

РАДИОПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ПОДСТИЛАЕМЫХ ПЕСКОМ

А. С. Анженков, кандидат технических наук
В. П. Закржевский, старший научный сотрудник
И. О. Мосендз, младший научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приведены результаты теоретического и практического определения радиопроницаемости осушенной торфяной почвы и подстилающего песка. Определено, что общие тенденции теоретически рассчитанных и измеренных затуханий радиосигналов совпадают: с ростом частоты увеличивается поглощение радиосигнала. Выявлена нелинейность сложения затухания при переходе типов грунта.

Ключевые слова: радиопроницаемость почв, электрофизические параметры почв, затухание сигнала.

Abstract

A. S. Anzhenkov, V. P. Zakrzhevsky, I. O. Mosendz
**RADIO PERMEABILITY OF RECLAIMED LANDS
BY THE EXAMPLE OF PEAT SOILS UNDER SAND**

The results of the theoretical and practical determination of the radio-permeability of the drained peat soil and underlying sand are presented. It was determined that the general trends of the theoretically calculated and measured attenuation of radio signals coincide: with increasing frequency, the absorption of the radio signal increases. The nonlinearity of the addition of attenuation at the transition of soil types is revealed.

Keywords: radio permeability of soils, electrophysical parameters of soils, signal attenuation.

Введение

Общая площадь мелиорированных земель в Республике Беларусь составляет 2,9 млн га, из них закрытая дренажная сеть обеспечивает проектный водный режим на 2,23 млн га. Суммарная протяженность подземных дренажных трубопроводов составляет 957 тыс. км, в том числе 780 тыс. км – регулирующая дренажная сеть и 177 тыс. км – проводящая коллекторная сеть.

В большинстве своем мелиоративные системы построены в 1970–80-х гг. С течением времени вследствие естественного старения и накопления повреждений сложность и энергоёмкость обслуживания закрытой мелиоративной сети возрастают – вплоть до необходимости реконструкции. Только обладая полной информацией о месте и виде повреждений, можно планировать и проектировать ремонтно-обслуживающие мероприятия минимально необходимого достаточного объема.

В связи с этим особую актуальность приобретают разработка и освоение эффективных диагностических технологий, с помощью кото-

рых возможно без разрушения, своевременно и точно определять места и вид неисправностей труднодоступных элементов мелиоративной сети, таких как подземные коллекторы. При этом только беспроводные устройства (поисковые головки, видеоголовки) позволяют эффективно проводить диагностику с использованием имеющегося на предприятиях мелиоративных систем оборудования: УПД-120, ОД-100.

Обслуживание закрытой мелиоративной сети, от которого напрямую зависит продолжительность ее работы без дорогостоящей реконструкции, требует точного определения местоположения таких элементов, как дренажное устье, поворот коллектора, примыкание дрен, место установки поглощающей колонки и колодца-поглотителя. Маркирование механическими средствами (флажки, вешки, сигнальные столбики) имеет ряд ограничений, связанных с необходимостью повышать коэффициент земельного использования, затрата-

ми на демонтаж и возвращением маркеров при обслуживании систем, сносом сельскохозяйственной техники, смывом в паводки, а также человеческим фактором. Поэтому перспективным способом является размещение подземных радиомаркеров, не влияющих на хозяйственную деятельность.

Для широкого и эффективного применения беспроводных диагностических и маркирующих устройств необходима их минимальная цена при достаточной эффективности (дальность обнаружения, устойчивость к помехам,

малые размеры). Последняя может быть достигнута только при соответствии амплитудно-частотных характеристик излучающих и отражающих устройств состоянию грунтов мелиорированных земель и конструкциям элементов мелиоративных систем.

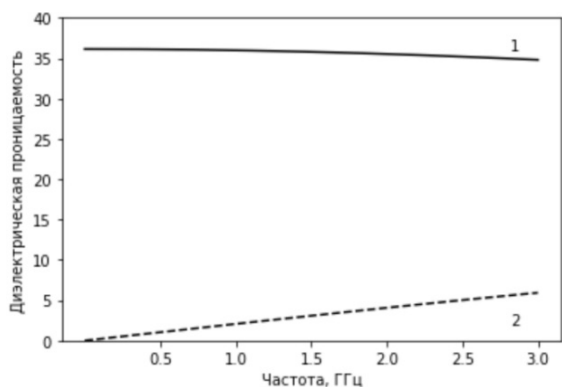
Цель исследования – определение частотных параметров радиопроницаемости мелиорированных земель, их зависимости от факторов окружающей среды и влияния этих факторов на эффективное обнаружение подземных элементов гидротехнических сооружений.

Результаты исследования и их обсуждение

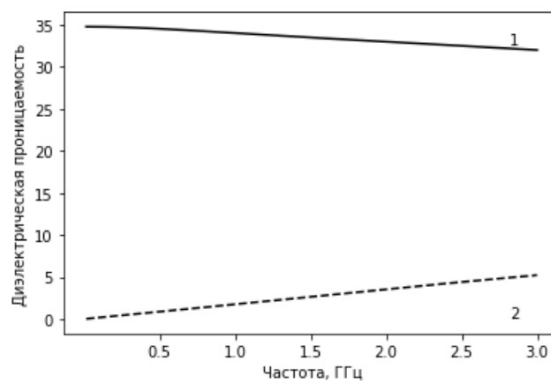
Для определения величины напряженности электрического поля, которое необходимо для проникновения через слой среды, прежде всего необходимо знать электрические параметры: например, диэлектрическую проницаемость исследуемых видов сред земной поверхности. В соответствии с [1] теоретически

рассчитаны комплексные диэлектрические проницаемости (мнимая и действительная части) торфа и оглеенного песка (рис. 1 а, 1 б).

Согласно методике, приведенной в [2, 3], рассчитаны теоретические величины затухания исследуемого сигнала в торфе (рис. 2) и затухание сигнала в оглеенном песке (рис. 3).



а



б

Рис. 1. Комплексная диэлектрическая проницаемость:

а) торфа с объемной влажностью 49 % и температурой 10 °С; б) оглеенного песка с объемной влажностью 38 % и температурой 10 °С; 1 – действительная часть, 2 – мнимая часть

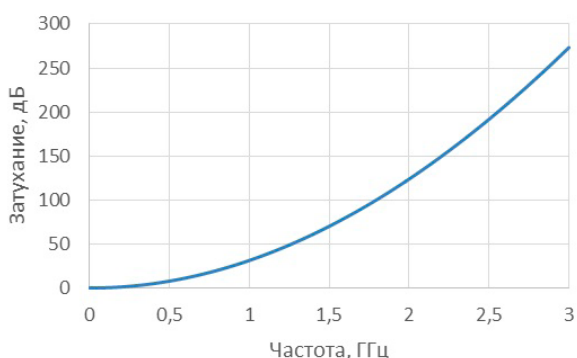


Рис. 2. Рассчитанное затухание сигнала в торфе с объемной влажностью 49 % и температурой 10 °С

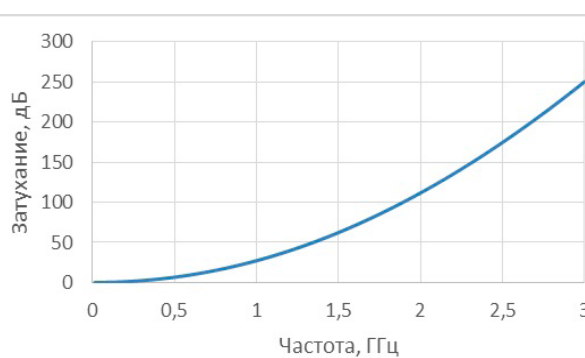


Рис. 3. Рассчитанное затухание сигнала в оглеенном песке с объемной влажностью 38 % и температурой 10 °С

Произведен теоретический расчет суммарного затухания исследуемого сигнала при прохождении его через слой оглеенного песка 0,3 м и слой торфа 0,4 м. Результаты расчета приведены на рис. 4.

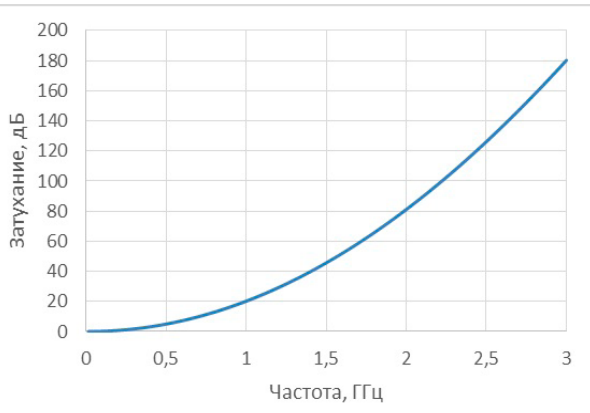


Рис. 4. Рассчитанное суммарное затухания исследуемого сигнала при прохождении его через слой оглеенного песка 30 см и торфа 40 см

С целью суммарного учета всех факторов, влияющих на радиопроницаемость почвогрунтов мелиорированных земель в реальных условиях, проведены практические исследования затухания радиосигнала.

Исследования проводились в полевых условиях на экспериментальном опытном участке РУП «Институт мелиорации». Профиль участка (рис. 5) представлен слоем 40 см низинного торфа (органическое вещество – 70 %, кислотность рН – 5,0, объемная влажность 49 %, температура 10 °С), подстилаемого рыхлым оглеенным песком (объемная влажность 38 %, температура 10 °С).



Рис. 5. Проведение экспериментальных исследований по измерению затухания радиосигнала при прохождении его через почву на земельном участке Института мелиорации

Результаты измеренных уровней затухания сигналов в полевых условиях при прохождении их через слой торфа, оглеенного песка, а также через слой торфа и оглеенного песка с учетом затухания сигнала в свободном пространстве приведены соответственно на рис. 6–8.

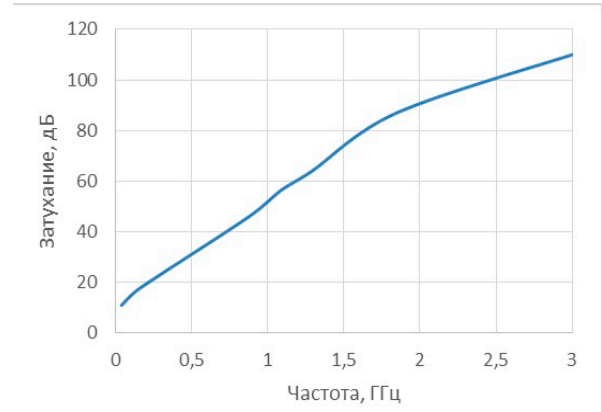


Рис. 6. Измеренный уровень затухания сигнала при прохождении через торф

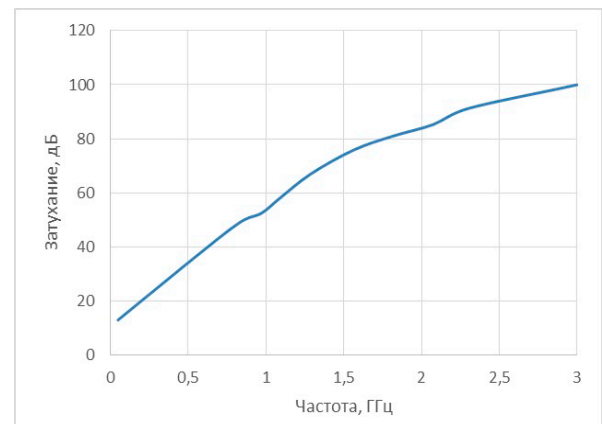


Рис. 7. Измеренный уровень затухания сигнала при прохождении через оглеенный песок

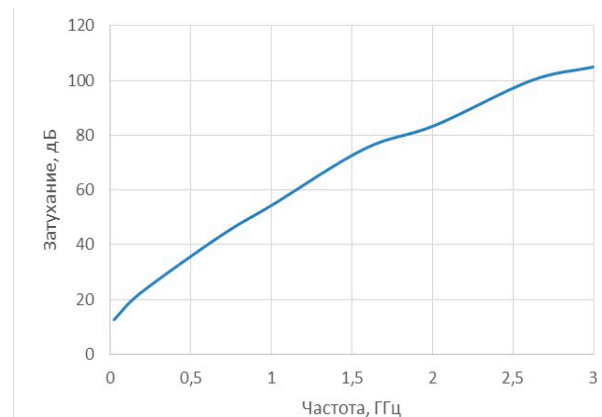


Рис. 8. Измеренный уровень затухания сигнала при прохождении через слой торфа и оглеенного песка

В частности, для комбинации слоев торфа и песка и расположения приемной антенны на поверхности и передающей на глубине 70 см были получены значения затухания ΔP_i в зависимости от частоты f радиосигнала (таблица).

Практические измерения показали снижение радиопроницаемости торфа и песка оглеенного с увеличением частоты сигнала, что соответствует другим исследованиям [1, 4]. На частотах выше 2 ГГц, на расстоянии 70 см затухание сигнала составляет около 90 дБ.

Таблица. Затухание радиосигнала ΔP_i в зависимости от частоты f

№ п/п	f , ГГц	ΔP_i , дБ
1	0,1	17,9
2	0,3	27,5
3	0,5	36,0
4	0,7	43,8
5	0,9	51,1
6	1,1	58,2
7	1,3	65,5
8	1,5	74,2
9	1,7	78,3
10	1,9	81,1
11	2,1	85,7
12	2,3	91,8
13	2,5	97,0
14	2,7	101,6
15	2,9	104,1
16	3,0	104,9

Заключение

Общие тенденции теоретически рассчитанных и измеренных затуханий радиосигналов совпадают: с ростом частоты увеличивается поглощение радиосигнала. Однако на частотах ниже 1,5–2,0 ГГц измеренные потери сигнала значительно превышают теоретические, а на больших частотах они меньше расчетных значений.

Исходя из характеристик распространенных радиоприемных устройств использова-

ние частоты более 2 ГГц нерационально, даже для передачи информационно насыщенных сигналов (видео, телеметрия).

Суммарное измеренное затухание радиосигнала в различных средах (торф, песок) не соответствует арифметической сумме затуханий в отдельно взятых слоях, что требует дополнительных исследований переходных процессов.

Библиографический список

1. Каравайский, А. Ю. Диэлектрические модели минеральных почв, учитывающие фазовые переходы почвенной воды : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / А. Ю. Каравайский. – Красноярск, 2020. – 150 л.
2. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев [и др.] ; под ред. О. И. Яковлева. – М. : Ленанд, 2009. – 496 с.
3. Гололобов, Д. В. Основы радиофизики, распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : пособие / Д. В. Гололобов, В. Б. Кирильчук. – Минск : БГУИР, 2013. – 61 с.
4. Исимару, А. Распространение и рассеяние волн в случайных средах / А. Исимару ; пер. с англ. – М. : Мир, 1981. – 317 с.

Поступила 15 ноября 2021 г.