

7. Мкртчян Ф.А. Анализ эффективности мониторинговых систем дистанционного зондирования // Экологические системы и приборы, №4, 2017, С. 17-23
8. Krariv'in V.F., Varotsos C.A., Soldatov V.Yu. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science: Applications and Decision-making. Springer, London, U.K., 2015, P. 903
9. Соломон Г. Зависящие от данных методы кластерного анализа. Классификация и кластер. М.: Мир, 1980, С.89 - 97.
10. Mkrtychyan F.A. GIMS-technology for environmental monitoring// Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability XIII, Proceedings of SPIE, Vol. 9975, No. UNSP 99750F, San Diego, California, USA, 2016.

References

1. Atmand N.A., Krariv'in V.F., Mkrtychyan F.A. Methods of processing data from radiophysical environmental studies. Moscow: Nauka, 1987, 270 p.
2. Atmand N.A., Krariv'in V.F., Shitko A.M. GIMS-technology as a new approach to information support of environmental research. // Problems of the environment and natural resources, 1997, №3, pp. 31-50.
3. Krariv'in V.F., Mkrtychyan F.A. Efficiency of monitoring detection systems. // Environmental systems and devices. 2002, No. 6, pp. 3-6.
4. Krariv'in V.F., Mkrtychyan F.A., Shitko A.M. GIMS-technology and mobile research platforms for remote sensing // Ecological systems and devices, №1, 2015, pp. 10-17.
5. Mkrtychyan F.A. Optimal signal discrimination and monitoring problems. Moscow: Nauka, 1982, 186 p.
6. Mkrtychyan F.A. Efficiency of remote monitoring systems (DMS) // Economics of nature management. No. 6, 2014, pp. 40-51.
7. Mkrtychyan F.A. Analysis of the effectiveness of monitoring systems of remote sensing // Ecological systems and devices, №4, 2017, pp. 17-23
8. Krariv'in V.F., Varotsos C.A., Soldatov V.Yu. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science: Applications and Decision-making. Springer, London, U.K., 2015, P. 903
9. Solomon G. Dependent on the methods of cluster analysis. Classification and cluster. M.: Mir, 1980, pp.89 - 97.
10. Mkrtychyan F.A. GIMS-technology for environmental monitoring // Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability XIII, Proceedings of SPIE, Vol. 9975, No. UNSP 99750F, San Diego, California, USA, 2016.

БП
2

ОЦЕНКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОРФА В ДИАПАЗОНЕ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Канд. техн. наук А.С. Миронов
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва

AN ASSESSMENT OF DIELECTRIC PROPERTIES OF THE PEAT AT MICROWAVES

A.S. Mironov

Развитие методов дистанционного зондирования земных покровов и разра-
ботка на их основе техники мониторинга торфяников с целью прогнозирования
пожароопасных состояний лесоболотных угодий привели, во-первых, к необхо-
димости проведения экспериментального исследования диэлектрических пара-
метров торфа на сверхвысоких частотах в широком интервале влажностержа-
ния, плотности и состава материала, во-вторых, к выбору адекватной радио-
физической модели среды.

Результаты измерений диэлектрических параметров торфа, прове-
денных В.К.Бензарем, В.Г.Горбутовичем, В.Н.Страхом [1,2,4,19], относятся к
диапазону волн длиной 3,4 см. Исследования выполнялись на образцах торфа,
помещенных в волновод.

Исследования диэлектрических параметров торфа в диапазоне волн длиной
3 – 60 см выполнялись автором совместно с Ю.П.Стаханкиным [10].

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований
диэлектрических параметров верхнего торфа, полученные в диапазоне волн
длиной 30 – 200 см.

The development of the remote sensing of the earth and applications to peat moni-
toring for predicting fire-dangerous situations at forests and meadows has bring,
the first, to necessary experimental investigations of microwave dielectric parameters
of peat at wide interval of volumetric water content, density and composition, the se-
cond, to choosing of adequate radiophysical model of medium.

Results of earliest tests of peat dielectric parameters that have been lead by V.K.
Benzar, V.G.Gorbunovich, V.N.Strakh [1,2,4,19], are refer to wavelength 3,4 cm.
Measurements were execute for specimens of peat inserted in waveguide.

Investigations of peat dielectric parameters at wavelength 3 - 60 cm were execute by
author together with J.P.Stakankin [10].

Results of experimental investigations of peat dielectric parameters are represent
for bandwidth 30 – 200 cm.

10-30] Мир 19, 19
1981. 16

Рис.
10-30]

Диэлектрическая проницаемость

На основании данных табл. 2 с использованием расчётных соотношений [14] получены и представлены в табл. 6 значения компонент комплексной диэлектрической проницаемости образцов торфа. Ознакомление с характером спектральных и влажностных зависимостей этих величин подтверждает высказанные ранее суждения об изменении критической длины волны частотной дисперсии по мере уменьшения влажности торфа по типу «умножение – увеличение – уменьшение»

Таблица 6

Результаты расчета компонент комплексной диэлектрической проницаемости торфа по данным измерений

Влажность W %	Объёмное содержание		Действительная часть ϵ'			Мнимая часть ϵ''		
	твёрдого вещества $P_s, \text{г/см}^3$	воды $P_v, \text{г/см}^3$	резонатор 1	резонатор 2	резонатор 3	резонатор 1	резонатор 2	резонатор 3
76,9	0,104	0,346	9,1	9,8	8,0	0,69	0,48	0,37
76,9	0,131	0,436	14,5	14,6	12,5	1,02	0,74	0,80
76,9	0,155	0,516	24,6	21,6	20,5	1,57	1,04	1,08
73,6	0,104	0,290	6,4	5,6	5,7	0,34	0,19	0,18
73,6	0,131	0,365	10,3	8,8	7,9	0,72	0,40	0,54
73,6	0,155	0,432	13,7	12,4	10,4	1,24	0,66	0,76
67,0	0,104	0,211	3,9	3,9	3,8	0,14	0,14	0,14
67,0	0,131	0,266	5,2	5,0	5,1	0,28	0,24	0,20
67,0	0,155	0,315	7,0	6,9	6,5	0,56	0,34	0,39
61,8	0,131	0,212	4,4	3,9	3,8	0,22	0,16	0,14
61,8	0,155	0,251	5,7	5,2	4,3	0,39	0,24	0,18
61,8	0,177	0,286	6,8	6,3	5,2	0,55	0,32	0,26
53,9	0,155	0,181	3,7	3,6	3,4	0,23	0,15	0,19
53,9	0,177	0,207	4,3	4,2	4,0	0,27	0,21	0,26
42,3	0,155	0,114	2,7	2,7	2,8	0,15	0,13	0,28
42,3	0,177	0,130	3,0	3,2	2,8	0,17	0,17	0,28
26,1	0,177	0,063	2,1	2,1	0,12	0,11		
10,2	0,177	0,02	1,5	1,4	0,04	0,03		
10,2	0,297	0,034	1,6	1,6	0,05	0,05		

Выводы

1. Показатель преломления торфа в диапазоне 100 - 1000 МГц практически не зависит от частоты поля и в интервале влагосодержания от 0,2 до 0,55 г/см³ определяется только объёмным содержанием воды в материале.
2. По мере увеличения длины волны коэффициент поглощения в торфе снижается, асимптотически стремясь к постоянному значению в области перехода от дециметровых к метровым длинам волн.
3. Существует участок слабого изменения коэффициента поглощения в интервале изменения объёмного влагосодержания от 0,1 до 0,3 г/см³. Этому факту может быть дано объяснение на основе утверждения об изменении постоянной времени релаксации содержащейся в торфе сорбированной воды.

Литература

1. Бензарь В.К. Определение влажности капиллярно-пористых материалов по поглощению радиоволн СВЧ. - Инженерно-физический журнал, 1970, т. 18, №6, с. 1131-1136.
2. Бензарь В.К., Овчинников С.С., Страх В.Н., Ценипер Б.Л. Метрологические параметры функции преобразования в с.в.ч. влагомере торфа. - Измерительная техника, 1976, №7, с. 71-73.
3. Бородин Д.Ф., Валендик Э.Н., Веселов А.П., Горшков В.В., Миронов А.С., Стаханкин Ю.П. Об аномалии в спектре собственного радиотеплового излучения торфяных образований. - Доклады АН СССР, 1978, т.238, №3, с. 709-711.
4. Горбутович В.Г. Разработка и исследование метода измерения влажности торфа на сверхвысоких частотах. - Дисс... канд. техн. наук. - Минск, 1974. - 179 с.
5. Дебай П. Полярные молекулы. - М.-Л.-ГИИЛ, 1938. - 247 с.
6. Деревянок А.И., Курilenko О.Д. О критической частоте гетерогенной системы. - Коллоидный журнал, 1971, т.33, №2, с. 206
7. Исследование возможности использования СВЧ радиометрии для обнаружения очагов саморазогревания в торфяных штабелях / науч. руководитель Д.Ф.Бородин, отв. исполнитель А.С.Миронов. В кн.: Аннотации и библиография научно-исследовательских работ ИРЭ АН СССР 1980 г. / ИРЭ АН СССР. - М.: ИРЭ АН СССР, 1981, с. 36-40
8. Кошкин В.М. Диэлектрические свойства некоторых органических материалов и сорбированной на них воды. - Дисс... канд. техн. наук. - Калинин, 1975. - 141 с.
9. Лыч А.М. Исследование диэлектрических свойств торфяных систем. - Дисс... канд. техн. наук. - Минск, 1969. - 204 с.
10. Митник Л.М., Бородин Д.Ф., Миронов А.С., Стаханкин Ю.П. Исследование теплового режима штабелей торфа и торфяных болот методом СВЧ радиометрии. - Торфяная промышленность, 1977, №4, с. 27-30.
11. Миронов А.С. Основные расчётные соотношения метода измерения диэлектрических параметров сыпучих материалов на СВЧ при полном заполнении полости объёмного резонатора
12. Поталов А.А., Гудков О.И. Высокочастотный резонаторный метод измерения электромагнитных параметров диэлектриков. - Измерительная техника, 1978, №6, с. 51-54.