

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ВЛАЖНОСТЬЮ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ПОЧВЫ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

<sup>1</sup>Н.А.МАМЕДОВ, <sup>2</sup>Ч.Г.ГЮЛАЛЫЕВ, <sup>3</sup>А.П.ГЕРАЙЗАДЕ<sup>1</sup>Бакинский Государственный Университет,<sup>2</sup>Институт Географии НАНА им. акад. Г.А.Алиева,<sup>3</sup>Институт Почвоведения и Агрохимии НАНА

В работе содержатся результаты экспериментальных и теоретических исследований зависимости диэлектрической проницаемости от влажности почвы, получены аналитические зависимости между диэлектрической проницаемостью и влажностью почвы имеющий экспоненциальный характер в виде  $\varepsilon' = ae^{bw}$ . Размах влажности почвы разделяется на три диапазона: I-прочносвязанная (ГВ-гигроскопическая влага, МГ-максимальная гигроскопическая); II-рыхлосвязанная (ВЗ-влажность завядания, ММВ-максимальная молекулярная влагоемкость); III-свободная влага (ППВ-предельная полевая влагоемкость).

На основе полученных результатов углублены теоретические представления об электрофизических свойствах почвы и количественной оценки влажности почвы по ее диэлектрическим параметрам.

Известно, что контроль за динамикой влажности почвы и другими ее параметрами на основе прогрессивного диэлектрического метода невозможен без систематического исследования влияния различных свойств почв на ее диэлектрические параметры.

На диэлектрические свойства почвы существенное влияние оказывает ее влажность. Между тем сведений о таком влиянии в литературе содержится недостаточно, а их появление носит эпизодический характер.

В настоящей работе рассматриваются связи между диэлектрической проницаемостью ( $\varepsilon'$ ) и почвенной влагой. В то же время  $\varepsilon'$  почвы представляет большой интерес при характеристике структурной связи влаги с почвенными частицами [2, 3, 6].

Диэлектрическая проницаемость определялась с помощью измерителя полных проводимостей типа Л2-7 на частотах 0,4 и 10 МГц по разработанной нами ранее методике [4]. С помощью которой определяется емкость конденсатора с измерительной ячейкой, заполняемой образцом почвы при заданной влажности и объемной массе. Измерительная ячейка представляет собой цилиндрический коаксиальный конденсатор, снабженный термостатирующим устройством. Диэлектрическая проницаемость вычисляется как величина, равная отношению емкости конденсатора с образцом и без образца [6, 7, 8].

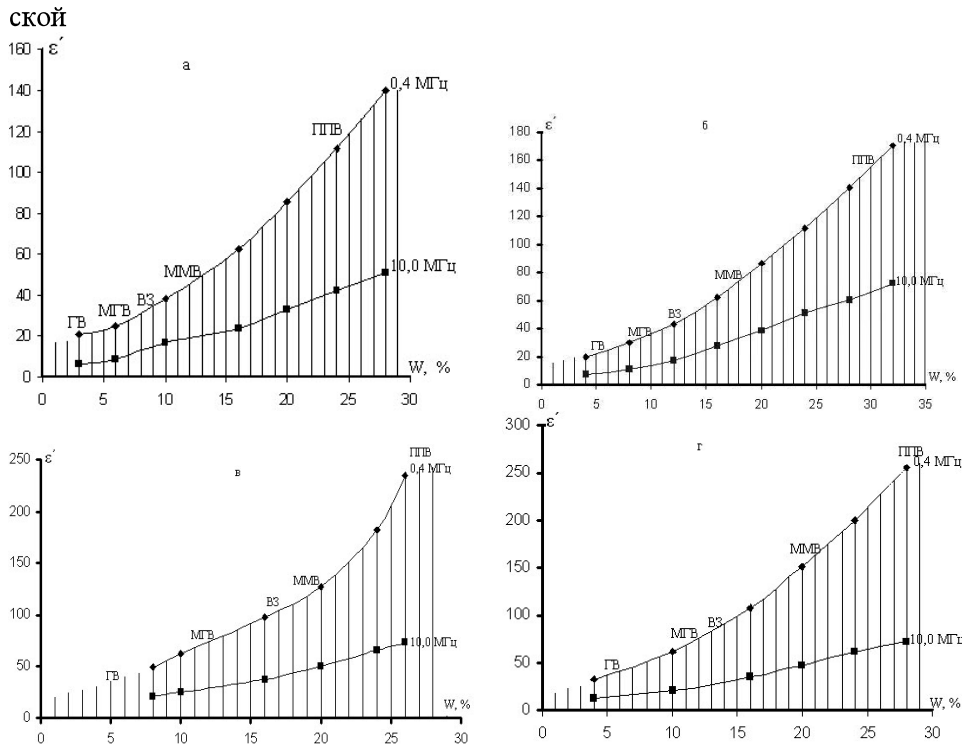
Использованные в работе водно-физические параметры определялись по

известными в почвоведении методами в широких диапазонах влажностей (от ГВ до ППВ и выше).

Для экспериментальных исследований почвы были выбраны следующие типы почв: горно-луговая альпийская, субальпийская, горно-лесная, бурые оподзоленные, бурые типичные, желтоземы и желтоземно-глеевые подзолистые почвы, каштановые и сероземные. В пределах каждого типа почв сталкивались с пестрым комплексом почвенных разностей со своеобразными местными особенностями, различной степенью дисперсности и солевого состава [1, 5]. Исследованные почвы в целом относились к субтропическому типу почвообразовательного процесса. Естественное увлажнение скудное, зима теплая, лето жаркое и сухое. Среднегодовая температура воздуха равна 14-15 °С, сумма годовых осадков составляет 200-450 мм.

Естественная растительность в низменной части представлена главным образом эфемерами. Сельскохозяйственные земли используются под хлопчатник, зерновые, кормовые и другие виды культур. Содержание гумуса варьирует в пределах 1,5-2,4%. Гранулометрический состав почв меняется от тяжелосуглинистого до легкоглинистого состава [4].

На рисунке 1 представлены экспериментальные зависимости диэлектрической



**Рис.1.** Зависимость диэлектрической проницаемости от влажности.

- а) Лугово-сероземная, Ширванская степь, б) сероземно-луговая, Карабахская степь, в) сероземно-луговая, северная Мугань, г) пойменно-луговая, Мугань-Сальянский массив.

проницаемости от влажности. Отсюда следует, что связь диэлектрической про-

нищаемости почвы с ее влажностью в случае 0,4 МГц носит экспоненциальный, а в случае 10 МГц почти линейный характер. Весь интервал влажности почвы разделяется на три диапазона: I -прочносвязанная (ГВ -гигроскопическая влага, МГ- максимальная гигроскопическая); II-рыхлосвязанная (ВЗ -влажность завядания, ММВ- максимальная молекулярная влагоемкость); III-свободная влага (ПВ- полная полевая влагоемкость).

Зависимости  $\varepsilon' = f(W)$  для всех почв имеют одинаковый характер: при малых влажностях  $\varepsilon'$  растет медленно, в области больших влажностей зависимость также прямая, но со значительно большим углом наклона. Из графика также можно определить скорость роста  $\varepsilon'$  почвы при различных влажностях. Как известно скорость роста функции  $\varepsilon' = f(W)$  вычисляется отношением  $d\varepsilon'/dW$ , т.е. соответствует угловому коэффициенту при данной влажности. Это позволяет по измерению  $\varepsilon'$  почвы судить также о степени увлажнения почвы и о ее структурных особенностях.

Математическая обработка экспериментальных данных привело к выражению

$$\varepsilon' = ae^{bW} + c \quad (1)$$

Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  зависят от типа почвы, частоты переменного электрического поля и температуры. Формула (1) может быть упрощена за счет подбора коэффициентов  $a$  и  $b$  без существенного изменения ее точности

$$\varepsilon' = ae^{bW} \quad (2)$$

Приводимая ниже таблица на примере некоторых почв иллюстрирует результаты аппроксимации формулой (2) экспериментальных зависимостей  $\varepsilon'(W)$ . Как видно из таблицы 1, несмотря на разнородность свойств исследуемых объектов, расчетные значения  $\varepsilon^*$  диэлектрической проницаемости и ее экспериментальные значения  $\varepsilon'$  достаточно хорошо согласуются. Имеющиеся отклонения  $\Delta\varepsilon'$  (не считая погрешности измерений вдоль функции ( $\varepsilon' = ae^{bW}$ )) можно объяснить тем, что значения коэффициентов  $a$  и  $b$ , строго говоря, зависят от формы связи влаги, изменяющейся с увеличением влажности. Математическая же обработка экспериментальных данных дает их усредненные значения, при этом не учтено наличие узких пор, заполнение которых имеет место на ранних стадиях увлажнения. Электростатическая составляющая адсорбционного потенциала, вследствие нейтрализующего действия межпочвенных пор, уменьшается. В этих условиях дипольные молекулы воды могут достаточно свободно ориентироваться, что обуславливает поляризацию близкую к поляризации воды в конденсированном состоянии. При заполнении более крупных пор уменьшение адсорбционного потенциала незначительно, диполи функционируют стенками пор и поверхностью частиц, что приводит к уменьшению темпа роста диэлектрической проницаемости с увеличением влажности.

Таблица 1

Отклонение расчетных значений ( $\Delta\varepsilon$ ) диэлектрической проницаемости  $\varepsilon^*$  от экспериментальных значений  $\varepsilon'$  для различных влажностей  $W$  и частот  $f$

W, %	f = 0,4 МГц			f = 10 МГц		
	$\varepsilon'$	$\varepsilon^*$	$\Delta\varepsilon$	$\varepsilon'$	$\varepsilon^*$	$\Delta\varepsilon$
Лугово-сероземная, Ширванская степь						
6	24,94	26,19	5,01	8,79	10,21	16,19
10	38,19	36,66	-4,00	16,94	14,25	-15,85
16	61,94	60,34	-2,58	23,74	23,32	-1,92
20	85,64	83,88	-2,05	32,79	32,27	-1,59
24	111,94	116,44	4,02	41,94	44,56	6,24
Сероземно-луговая, Карабахская степь						
4	19,44	23,17	19,20	7,44	8,99	20,96
8	30,12	29,78	-1,12	11,03	11,76	6,63
12	42,99	41,00	-4,63	17,44	16,55	-5,08
16	62,24	56,27	-9,58	27,44	23,23	-15,34
20	86,24	77,05	-10,65	38,44	32,53	-15,36
24	111,94	105,12	-5,92	51,44	45,49	-11,36
28	140,64	143,77	2,23	60,44	63,55	5,15
32	170,44	196,09	15,05	71,94	68,71	23,31
Сероземно-луговая, Северная Мугань						
8	48,9	50,7	1,8	21,0	21,7	0,7
10	67,7	59,1	-8,6	25,7	24,9	-0,8
16	97,3	93,4	-3,9	37,0	36,7	-0,6
20	126,7	126,8	0,1	50,9	48,5	-1,4
24	182,4	172,1	-10,3	66,0	65,5	-0,7
26	235,0	233,6	-1,4	84,0	85,9	1,9
Пойменно-луговая, Мугань-Сальянский массив						
4	33,19	34,79	4,81	12,79	13,20	3,21
10	61,94	60,06	-3,03	21,69	21,30	-1,08
16	108,44	103,19	-4,84	35,44	34,25	-3,35
20	150,69	147,58	-2,06	47,94	46,90	-2,16
24	199,44	210,74	5,67	61,44	64,14	4,39

Таким образом, изменение диэлектрической проницаемости, в диапазонах обильной и избыточной влажности, отражает зависимость  $\varepsilon'$  почвы от степени ее увлажнения (таб.1).

Аналитические, а также экспериментальные исследования показали наличие экспоненциальной зависимости между диэлектрической проницаемостью и влажностью почвы в виде  $\varepsilon' = ae^{bw}$ .

Обнаружен ряд признаков сходства и различий между электрофизическими свойствами почвы, имеющих определенное прикладное значение как во влагометрии, так и в дистанционных способах измерения диэлектрических характеристик почв.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Герайзаде А.П., Троицкий Н.Б., Гюлалыев Ч.Г. О зависимости между электро-и теплофизическими характеристиками почв. Почвоведение. № 3. с. 43- 48. 1987.
2. Духин С.С., Шилов В.Н. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полиэлектролитах. - Киев, Наукова Думка, Киев., – ст 33-84, (207 с.) 1972.
1. Лыч А.М., Лис Л.С. Электрофизические свойства торфа и их практическое приложение, Минск, "Наука и техника", ст. 23-44, (176 с). 1980.
3. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Электрофизические свойства некоторых почв. Москва - Баку 2003, "Адилоглы" -. ст.55-77, (240 с.) 2004.
4. Салаев М.Э. Диагностика и классификация почв Азербайджана. Баку. "Элм", ст. 43-55, (240 с.) 1991.
5. Троицкий Н.Б., Герайзаде А.П., Гюлалыев Ч.Г. Зависимость диэлектрической проницаемости почвы от влажности. Доклады ВАСХНИЛ М., 39-41с. №7, 1986.
6. Троицкий Н.Б. Об одной закономерности в диэлектрическом спектре влажной дисперсной системы. Изв. Высших учеб. зав. физика. ст. 156-159. №9, 1973.
7. Məmmədov N.Ə. İfrat yüksək tezliklər elektronikasısı. 2008, s.26-33 (187).

## YÜKSƏK TEZLİKLƏR DİAPOZONUNDA TORPAĞIN DİELEKTRİK NÜFUZLUĞU İLƏ NƏMLİYİ ARASINDA ƏLAQƏNİN TƏDQIQI

N.Ə.MƏMMƏDOV, Ç.G.GÜLALİYEV, A.P.GƏRAYZADƏ

### XÜLASƏ

Təqdim olunan məqalədə torpaqların dielektrik nüfuzluğunun nəmlikdən asılılığının yüksək tezliklər diapozonunda təcrübi və nəzəri üsulla öyrənilməsinin nəticələri verilmişdir. Məlum olmuşdur ki, torpağın nəmlik formaları ilə dielektrik nüfuzluğu arasında müxtəlif əlaqələr mövcuddur. Belə əlaqələri üç hissəyə bölmək olar: I-möhkəm (hiqroskopik, maksimal hiqroskopik nəmlik), II-zəif (solma nəmliyi, maksimal molekulyar nəmlik), III-sərbəst (tarla və tam su tutumu) rabitəli. Nəticələrə uyğun olaraq torpağın nəmliyi ilə dielektrik nüfuzluğu arasında (tezliyin 0,4-10 MHz diapozonunda)  $\epsilon' = ae^{bv}$  şəklində asılılıq alınmışdır.

Aparılan tədqiqat işi torpaqların dielektrik nüfuzluğu haqqında nəzəri və təcrübi təsəvvürləri genişləndirməklə yanaşı, dielektrik üsulu ilə torpaq nəmliyinin təyinində və rütübət ölçən cihazın təkmilləşdirilməsində istifadənin mümkünlüyünü təmin edir.

## RESEARCH OF CONNECTION BETWEEN HUMIDITY AND DIELECTRIC PERMEABILITY OF SOIL IN THE FIELD OF HIGH FREQUENCIES CURRENT

N.A.MAMEDOV, CH.G.GULALIYEV, A.P.GERAYZADE

### SUMMARY

This article contains the results of experimental and theoretical researches of dependence dielectric of permeability on humidity of soil. The results of analytical dependences between dielectric permeability and humidity of soil is  $\epsilon' = ae^{bv}$ . From this follows, that the connection of dielectric permeability of soil on its humidity has exponential character. All scope of humidity soil is divided on three ranges: I- hard bound moisture (absorbent moisture, maximum absorbent); II-looseness bound (humidity to fade, maximum molecular moisture capacity); III- free moisture (field moisture).

On the basis of the specified researches the theoretical representations about physical properties soil and quantitative estimation of humidity soil till it dielectric to measurements are profound.