
SOIL PHYSICS



V. A. Gorban 

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 631.437

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

TO THE METHOD OF STUDYING THE PERMITTIVITY OF SOILS (ON AN EXAMPLE OF SOILS OF RAVINE FORESTS OF THE NORTHERN VARIANT OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE)

Abstract. The article is devoted to the establishment of the peculiarities of the method for studying the dielectric permittivity of soils, which is its important electrophysical characteristic. The dielectric permittivity of the soil, which is a complex multiphase medium, depends on the dielectric properties of the mineral composition of its solid phase, the chemical composition, structure and composition of soil particles, their shape and size, and also the dielectric features of inter-porous air and moisture. Now it is possible to greatly simplify the technique of measuring the dielectric permittivity of soils due to the wide dissemination of compact digital instruments that provide high accuracy in measuring the capacitive characteristics of various media. For the approbation of the method, samples of soils of ravine forests of the northern variant of the steppe zone of Ukraine were used, as well as individual soil fractions of 2–3, 1–2 and 0.5–1 mm. All samples were studied in an air-dry state to level out the effect of moisture on the dielectric permittivity of soils, as described in many scientific papers. For measurements, a cylindrical condenser made of organic glass was manufactured, which does not conduct an electric current. The diameter of the capacitor plates was 20 mm, the distance between them was 0.7 mm. After placing the sample in the condenser, it was sealed by pressure from above the weight of about 0.3 kg to create a better contact with the covers of the capacitor. The measurements were carried out using a digital capacitance meter CM-9601A in the range of 0.1–200 picofarads at a test frequency of 800 Hz. At the end of the measurement, the soil sample was weighed to calculate its density. All measurements were performed three times. As a result of using this technique, it was found that the permittivity of a general soil sample is generally higher than that of individual soil fractions. This is explained by the more compact placement of soil particles in the soil sample and its greater density, while in studies of individual fractions, due to their shape, there remain pores between the aggregates that are not filled with soil material, which cause a decrease in sample density. As a result, the maximum density is typical for the soil fraction 0.5–1 mm, and the minimum for the fraction 2–3 mm. This is due to the fact that the maximum permittivity, as a rule, is characteristic for the fraction 0.5–1 mm, and the minimum for the fraction 2–3 mm. This assertion was proved by the measurements carried out. It was also found that the value of dielectric permittivity is significantly affected by soil enrichment of the clay fraction, the increased content of which causes an increase in the dielectric permittivity. Thus, as a result of the research, a method for measuring the dielectric permittivity of soils was tested using a modern digital capacitive meter. An increase in the dielectric permittivity of soils with an increase in their density and an increase in the content of the clay fraction was established. Soils, in general, have an increased permittivity in

 Tel.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm

DOI: 10.15421/041616

comparison with soil fractions of 2–3, 1–2 and 0.5–1 mm. There was a need to develop and approbate a technique for measuring the dielectric permittivity of soils in the field using undisturbed addition samples. In the future, in complex studies of soils, it is also desirable to perform a measurement of their dielectric permeability.

Key words: *approbation of the technique, permittivity of soils, content of clay fraction.*

УДК 631.437

В. А. Горбань

канд. біол. наук, доц.

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

ДО МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ҐРУНТІВ (НА ПРИКЛАДІ ҐРУНТІВ БАЙРАЧНИХ ЛІСІВ ПІВНІЧНОГО ВАРІАНТА СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ)

Анотація. Стаття присвячена встановленню особливостей методики вивчення діелектричної проникності ґрунтів, яка є її важливою електрофізичною характеристикою. Для апробації методики були використані зразки ґрунтів байрачних лісів північного варіанта степової зони України, а також окремі ґрунтові фракції 2–3, 1–2 і 0,5–1 мм. У результаті проведених досліджень з використанням запропонованої методики було встановлено, що діелектрична проникність загального ґрунтового зразка, як правило, вища, ніж окремих ґрунтових фракцій. Виявлено підвищення значень діелектричної проникності ґрунтів при збільшенні їх щільності і зі збільшенням вмісту мулистій фракції.

Ключові слова: *апробація методики, діелектрична проникність ґрунтів, вміст мулистій фракції.*

УДК 631.437

В. А. Горбань

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ БАЙРАЧНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРНОГО ВАРИАНТА СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ)

Аннотация. Статья посвящена установлению особенностей методики изучения диэлектрической проницаемости почв, которая является ее важной электрофизической характеристикой. Для апробации методики были использованы образцы почв байрачных лесов северного варианта степной зоны Украины, а также отдельные почвенные фракции 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм. В результате проведенных исследований по предлагаемой методике было установлено, что диэлектрическая проницаемость общего почвенного образца, как правило, выше, чем отдельных почвенных фракций. Обнаружено повышение значений диэлектрической проницаемости почв при увеличении их плотности и увеличении содержания илистой фракции.

Ключевые слова: *апробация методики, диэлектрическая проницаемость почв, содержание илистой фракции.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особую актуальность приобретают поиски и разработки методик исследования почвы, использование которых обеспечивает быстрое получение информации о ее состоянии и основных свойствах. По нашему мнению, таким требованиям во многом соответствует методика определения диэлектрической проницаемости почв, которая в последнее время значительно упростилась благодаря

широкому распространению компактных цифровых приборов, обеспечивающих высокую точность измерения емкостных характеристик различных сред.

Как известно, основной характеристикой диэлектрических особенностей почвы является величина ее диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость той или иной среды – это число, которое показывает, во сколько раз электрическая сила, действующая на любой заряд в данной среде, меньше, чем в вакууме. Диэлектрическая проницаемость почвы, как сложного многофазного материала, зависит от диэлектрических свойств минерального состава твердого тела, химической природы, структуры и сложения почвенных частиц, их формы и размеров, а также от диэлектрических особенностей межпоровых воздуха и влаги (Nerpin, Chudnovskij, 1967). А. Ф. Вадюнина и З. А. Корчагина (Vadyunina, Korchagina, 1986) приводят некоторые величины диэлектрической проницаемости отдельных минеральных составляющих, входящих в твердую фазу почвы: кварц – 4,5–5, полевой шпат – 4,5–5,5, слюда – 8, гранит – 7–12, известняк – 15, песчаник – 9–11. Диэлектрическая проницаемость абсолютно чистых воздуха и воды равна соответственно 1 и 80 (Chudinova, 2009).

Цель нашей работы – установление особенностей измерения диэлектрической проницаемости почв с использованием современных цифровых емкостных измерителей, а также выявление диагностических возможностей данной характеристики почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение диэлектрической проницаемости проводилось на примере почв байрака Глубокого и структурных агрегатов (фракции 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм), которые были из них выделены путем сухого просеивания. Детальная геоботаническая и морфологическая характеристика пяти почвенных разрезов, заложенных в байраке, приведена в работе В. Н. Яковенко (Yakovenko, 2014).

Определение диэлектрической проницаемости осуществляли с использованием цифрового измерителя емкости СМ-9601А, который обеспечивает измерение емкости конденсатора в широком диапазоне – от 10^{-12} до 10^{-3} фарад. Нами использовался рабочий диапазон 0,1–200 пФ, тестовая частота составляла 800 Гц.

Для измерений диэлектрической проницаемости был изготовлен конденсатор цилиндрической формы из оргстекла (в соответствии с рекомендациями А. Ф. Вадюниной и З. А. Корчагиной). Диаметр обкладок конденсатора составлял 2 см, расстояние между ними – 0,7 см.

Почва и агрегаты для исследования использовались в воздушно-сухом состоянии для нивелирования влияния влажности, содержание которой оказывает значительное влияние на диэлектрическую проницаемость (Liua et al., 2016; Wanga et al., 2016). После помещения образца в конденсатор он уплотнялся путем давления сверху груза массой около 0,3 кг для создания лучшего контакта с обложками конденсатора. По окончании измерения почвенный образец взвешивался для расчета его плотности. Все измерения выполнялись трехкратно с последующей статистической обработкой.

Полученные значения емкости конденсатора с почвой и агрегатами в последующем использовались для расчета диэлектрической проницаемости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При определении диэлектрической проницаемости образцов почв и агрегатов, отобранных в условиях пробной площади № 103–В (участок, расположенный на степной целине между полем и опушкой склона северной экспозиции байрака), было установлено, что образцы почвы отличаются большей диэлектрической проницаемостью по сравнению с фракциями 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм (табл. 1). Уменьшение размера почвенных фракций, как правило, способствует увеличению

диэлектрической проницаемости образца. При этом необходимо отметить, что плотность образцов почвы выше, чем плотность агрегатов отдельных фракций. Это объясняется более компактным размещением почвенных частиц в образце почвы и большей его плотностью, в то время как при исследованиях отдельных фракций из-за их формы между агрегатами остаются поры, не заполненные почвенным материалом, которые обуславливают снижение плотности образца. Максимальные величины диэлектрической проницаемости выявлены в образцах почв горизонтов Hdk и Pk. Минимальная диэлектрическая проницаемость характерна для почвы переходного горизонта Hrk. По величине диэлектрической проницаемости отдельных фракций горизонты Hdk, Hk и Hrk практически не отличаются. При этом с глубиной, в горизонтах Phk и Pk, наблюдается увеличение диэлектрической проницаемости исследуемых фракций.

Таблица 1

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 103–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
Hdk (0–8 см)	Почва	46,82±7,64	1,05±0,05
	Фракция 2–3 мм	4,41±0,73	0,89±0,05
	Фракция 1–2 мм	6,55±1,13	1,02±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	7,19±0,35	1,02±0,01
Hk (8–23 см)	Почва	24,15±2,73	1,09±0,01
	Фракция 2–3 мм	6,25±0,61	0,91±0,01
	Фракция 1–2 мм	7,46±0,57	1,03±0,05
	Фракция 0,5–1 мм	8,12±0,19	1,06±0,03
Hrk (23–51 см)	Почва	18,37±2,67	1,09±0,02
	Фракция 2–3 мм	6,38±0,80	0,86±0,04
	Фракция 1–2 мм	8,06±0,45	0,95±0,04
	Фракция 0,5–1 мм	8,77±1,11	0,97±0,03
Phk (51–80 см)	Почва	36,08±5,25	1,10±0,03
	Фракция 2–3 мм	10,78±0,76	0,85±0,03
	Фракция 1–2 мм	13,05±1,68	0,96±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	14,56±2,60	1,05±0,02
Pk (80–120 см)	Почва	55,91±13,94	1,07±0,03
	Фракция 2–3 мм	14,59±1,71	0,86±0,02
	Фракция 1–2 мм	17,27±2,67	0,91±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	20,12±1,82	0,99±0,04

В результате исследования почв пробной площади № 107–В (расположена на средней трети склона северной экспозиции байрака) выявлено, что диэлектрическая проницаемость образцов из четырех элювиальных горизонтов H₁el, H₂el, H₃el и H₄el практически не отличается. В иллювиальных горизонтах H₁il, Ph₁il и P₁ilk наблюдается повышение значений диэлектрической проницаемости, которая возрастает с увеличением глубины залегания горизонта (табл. 2). Минимальная диэлектрическая проницаемость отдельных почвенных фракций характерна для

Таблица 2

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 107–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
1	2	3	4
H ₁ el (0–12 см)	Почва	7,93±0,70	0,86±0,01
	Фракция 2–3 мм	2,83±0,25	0,81±0,03
	Фракция 1–2 мм	3,67±0,28	0,87±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	3,86±0,04	0,95±0,01

1	2	3	4
Н ₂ el (12–33 см)	Почва	9,41±0,67	0,85±0,01
	Фракция 2–3 мм	4,19±0,42	0,88±0,02
	Фракция 1–2 мм	4,88±0,33	0,92±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	4,96±0,78	1,02±0,02
Н ₃ el (33–67 см)	Почва	8,66±1,26	0,84±0,01
	Фракция 2–3 мм	7,79±1,09	0,98±0,04
	Фракция 1–2 мм	8,50±1,06	1,01±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	8,79±1,27	1,02±0,04
Н ₄ el (67–96 см)	Почва	9,27±2,95	0,87±0,02
	Фракция 2–3 мм	12,17±0,93	0,89±0,01
	Фракция 1–2 мм	17,21±1,70	0,99±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	20,44±0,61	1,05±0,01
Н _р il (96–140 см)	Почва	14,30±1,46	0,92±0,04
	Фракция 2–3 мм	12,03±1,98	0,91±0,03
	Фракция 1–2 мм	12,82±1,61	0,97±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	12,17±0,58	1,02±0,02
Phl (140–166 см)	Почва	15,30±4,63	1,00±0,04
	Фракция 2–3 мм	12,50±0,95	0,97±0,03
	Фракция 1–2 мм	15,54±1,59	1,00±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	21,22±3,41	1,06±0,04
Pilk (166–230 см)	Почва	20,28±1,70	0,98±0,02
	Фракция 2–3 мм	14,52±2,54	0,91±0,02
	Фракция 1–2 мм	17,71±0,54	0,94±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	26,53±2,01	1,03±0,03

верхних горизонтов Н₁el и Н₂el. С глубиной наблюдается повышение величин диэлектрической проницаемости отдельных фракций, причем максимальные значения характерны для нижнего горизонта Pilk.

Исследованиями почвы пробной площади № 109–В (расположена в тальвеге байрака) установлено, что максимальная величина диэлектрической проницаемости характерна для верхнего горизонта Н₁el, а минимальная – для второго горизонта Н₂el (табл. 3). При этом в иллювиальных горизонтах Н₄il, Н_рil и Phl выявлены повышенные значения диэлектрической проницаемости по сравнению с элювиальными горизонтами Н₂el и Н₃el. Повышенные значения диэлектрической проницаемости отдельных почвенных фракций характерны также для иллювиальных горизонтов по сравнению с элювиальными.

Таблица 3

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 109–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
1	2	3	4
Н ₁ el (0–8 см)	Почва	29,79±1,45	1,09±0,01
	Фракция 2–3 мм	4,03±0,61	0,90±0,05
	Фракция 1–2 мм	4,38±0,28	0,97±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	4,85±0,28	1,03±0,02
Н ₂ el (8–34 см)	Почва	9,16±0,59	1,09±0,01
	Фракция 2–3 мм	2,65±0,54	0,90±0,01
	Фракция 1–2 мм	3,01±0,20	0,94±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	4,01±0,38	0,99±0,02
Н ₃ el (34–60 см)	Почва	21,47±2,07	1,10±0,01
	Фракция 2–3 мм	4,24±0,32	1,00±0,03
	Фракция 1–2 мм	4,52±0,10	0,99±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	5,48±0,56	0,99±0,04

1	2	3	4
Н ₄ il (60–118 см)	Почва	25,00±4,56	1,08±0,01
	Фракция 2–3 мм	8,83±0,91	0,87±0,01
	Фракция 1–2 мм	9,60±1,82	0,91±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	13,00±2,04	1,02±0,02
Н _p il (118–132 см)	Почва	23,76±3,60	1,10±0,01
	Фракция 2–3 мм	8,06±0,62	0,87±0,06
	Фракция 1–2 мм	8,61±0,33	0,91±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	9,87±1,14	1,03±0,02
P _h il (132–166 см)	Почва	24,07±4,90	1,08±0,02
	Фракция 2–3 мм	9,34±0,62	0,92±0,02
	Фракция 1–2 мм	9,81±0,16	0,91±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	12,67±1,24	1,02±0,02

В результате исследования почвы пробной площади № 111–В (расположена на средней трети склона южной экспозиции байрака) выявлено, что минимальные величины диэлектрической проницаемости характерны для верхних элювиальных горизонтов Н₁el и Н₂el (табл. 4). В горизонте Н₃el наблюдается некоторое повышение диэлектрической проницаемости, что можно объяснить частичным влиянием находящегося ниже иллювиального горизонта Н₄il. В целом иллювиальные горизонты отличаются повышенными значениями диэлектрической проницаемости в сравнении с элювиальными. Минимальные значения диэлектрической проницаемости почвенных фракций обнаружены в горизонтах Н₄il и Н_pil, максимальные – в горизонте P_hil.

Таблица 4

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 111–В

Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
Н ₁ el (0–9 см)	Почва	12,64±1,87	1,00±0,03
	Фракция 2–3 мм	11,26±3,60	0,86±0,06
	Фракция 1–2 мм	12,58±2,59	0,91±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	16,14±1,76	0,93±0,01
Н ₂ el (9–46 см)	Почва	14,41±5,37	0,99±0,01
	Фракция 2–3 мм	8,86±1,52	0,90±0,03
	Фракция 1–2 мм	13,40±2,28	0,95±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	15,63±1,23	1,00±0,03
Н ₃ el (46–88 см)	Почва	26,24±0,48	0,98±0,01
	Фракция 2–3 мм	9,05±0,57	0,90±0,02
	Фракция 1–2 мм	11,57±1,99	0,95±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	11,57±1,61	0,98±0,01
Н ₄ il (88–138 см)	Почва	20,66±3,86	1,03±0,02
	Фракция 2–3 мм	4,93±0,77	0,91±0,03
	Фракция 1–2 мм	8,42±0,74	0,94±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	6,34±0,17	0,97±0,03
Н _p il (138–160 см)	Почва	20,53±2,44	0,98±0,04
	Фракция 2–3 мм	2,05±0,45	0,81±0,02
	Фракция 1–2 мм	2,77±0,16	0,94±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	3,42±0,72	0,96±0,03
P _h il (160–187 см)	Почва	31,55±2,37	0,97±0,02
	Фракция 2–3 мм	10,25±1,13	0,87±0,02
	Фракция 1–2 мм	14,04±3,01	0,95±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	13,67±2,15	0,98±0,02
P _h lk (187–230 см)	Почва	77,84±23,70	1,01±0,05
	Фракция 2–3 мм	22,06±0,42	0,90±0,02
	Фракция 1–2 мм	27,44±4,00	1,04±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	35,53±3,38	1,06±0,02

Исследования почвы пробной площади № 115–В (участок, расположенный на степной целине между полем и опушкой склона южной экспозиции байрака) показали, что для верхнего горизонта Hdk характерны минимальные значения диэлектрической проницаемости как в целом почвы, так и отдельных фракций (табл. 5). Максимальная величина диэлектрической проницаемости почвы выявлена в горизонте Hrk, с глубиной ее величина снижается. Это может свидетельствовать о некотором накоплении в данном горизонте илистой фракции. Максимальные значения диэлектрической проницаемости фракций характерны для нижнего горизонта Pk.

Таблица 5

Диэлектрическая проницаемость почвы пробной площади № 115–В			
Генетический горизонт	Образец	Диэлектрическая проницаемость	Плотность образца, г/см ³
Hdk (0–6 см)	Почва	6,72±0,27	0,90±0,02
	Фракция 2–3 мм	4,06±0,85	0,74±0,04
	Фракция 1–2 мм	3,67±0,18	0,76±0,02
	Фракция 0,5–1 мм	4,27±0,38	0,78±0,01
Hrk (6–27 см)	Почва	79,33±13,01	1,00±0,02
	Фракция 2–3 мм	7,42±1,87	0,81±0,01
	Фракция 1–2 мм	9,05±0,76	0,87±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	8,64±0,90	0,90±0,02
Phk (27–40 см)	Почва	20,06±1,12	0,86±0,01
	Фракция 2–3 мм	6,97±0,35	0,81±0,02
	Фракция 1–2 мм	7,64±1,13	0,84±0,03
	Фракция 0,5–1 мм	8,31±0,26	0,90±0,04
Pk (40–120 см)	Почва	17,66±3,41	0,91±0,01
	Фракция 2–3 мм	6,50±0,80	0,84±0,05
	Фракция 1–2 мм	14,19±3,09	0,87±0,01
	Фракция 0,5–1 мм	18,17±2,17	0,89±0,03

В целом из полученных результатов можно сделать предположение, что на величину диэлектрической проницаемости почвы в первую очередь влияет ее обогащение илистой фракцией, которая перераспределяется в почвенном профиле в результате элювиально-иллювиальных процессов, наибольшая выраженность которых наблюдается в условиях тальвега и средних третей склонов северной и южной экспозиций.

ВЫВОДЫ

1. Апробирована методика измерения диэлектрической проницаемости почв с использованием современного цифрового емкостного измерителя.
2. Установлено повышение значений диэлектрической проницаемости почв при увеличении ее плотности и увеличении содержания илистой фракции.
3. Почвы в основном отличаются повышенной диэлектрической проницаемостью в сравнении с почвенными фракциями 2–3, 1–2 и 0,5–1 мм.
4. Необходимо разработать и апробировать методику измерения диэлектрической проницаемости почв в полевых условиях с использованием образцов ненарушенного сложения.
5. Следует активизировать исследования диэлектрической проницаемости почв и установить ее взаимосвязи с другими почвенными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Chudinova, S. M., 2009. Dielektricheskie pokazateli pochvy i kategorii pochvennoj vlagi [Soil dielectric properties and moisture categories of soils]. Eurasian Soil Science 4, 441–451 (in Russian).
- Liua, H., Yanga, H., Yib, F., 2016. Experimental study of the complex resistivity and

- dielectric constant of chrome-contaminated soil. *Journal of Applied Geophysics* 131, 109–116.
- Nerpin, S. V., Chudnovskij, A. F., 1967. *Fizika pochv* [Soil physics]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Vadyunina, A. F., Korchagina, Z. A., 1986. *Metody issledovaniia fizicheskikh svojstv pochvy* [Methods of study of the physical properties of soil]. Moscow (in Russian).
- Wanga, S., Lia, Z. Z., Zhanga, J., Wanga, J., Chenga, L., Yuanb, T., Zhub, B., 2016. Experimental study on frequency-dependent properties of soil electrical parameters. *Electric Power Systems Research* 139, 116–120.
- Yakovenko, V. M., 2014. Vplyv delyuvialnykh protsesiv na macro- ta mikromorfologiyu bairachnykh lisovykh gruntiv [The influence of deluvial processes on macro- and micromorphology of ravined forest soil]. *Gruntoznavstvo* 15(3–4), 74–88 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 08.11.2016