

УДК 624.131.4

І.А. МАДЮДЯ, О.М. ШТУНДЕР
Тернопільський національний економічний університет**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ҐРУНТУ НА ЙОГО ХІМІКО-МІНЕРАЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

Родючість — основна специфічна властивість ґрунту, що якісно відрізняє його від вихідної (материнської) гірської породи. Під родючістю розуміють здатність ґрунту забезпечувати рослини водою, поживними речовинами і повітрям, а також створювати для їх життєдіяльності сприятливі фізичні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні та інші умови. Розрізняють елементи і умови родючості ґрунту. Елементи — це земні фактори життя рослин, тобто поживні речовини, вода і повітря. До умов родючості належать фізичні властивості ґрунту, його реакція, чистота від бур'янів, збудників хвороб і шкідників. Умови родючості залежать не стільки від природних властивостей ґрунту, скільки створюються в процесі використання землі як засобу сільськогосподарського виробництва, тобто в наслідок окультурення ґрунту.[9].

З плином часу ґрунт зношується і втрачає свої якісні властивості. Елементи фізичних властивостей людина не здатна докорінно змінити, але повністю в змозі підтримувати його соціально-економічне становище.

Антропогенний внесок полягає у контролі якості ґрунтів, підтримуванні потрібного рівня кислотності, контролі кількості хімічних і мінералогічних речовин, тощо[9]. Разом з тим саме хіміко-мінералогічні властивості ґрунтів, пов'язані з його окультуренням та обробіткою, тому контроль якості ґрунтів на наявність хімічних і мінералогічних речовин, а саме його кислотності є актуальною проблемою забезпечення його родючості. Проте, процес вимірювання кислотності є не лише високоартісною процедурою, а і процедурою, яка вимагає багато часу та складних лабораторних досліджень, що сповільнює процес оцінки якості ґрунтів. Для того щоб максимально пришвидшити час оцінювання якості ґрунтів, а також знизити витрати на реалізацію зазначеного процесу, пропонується підхід, спрямований на можливість встановлення рН-фактору ґрунту, вимірявши його електропровідність.

Ключові слова: електропровідність ґрунтів, родючість, кислотність.

I.A.MADYUDYA.O.M.SHTUNDER
Ternopil National Economic University**ANALYSIS OF INFLUENCE ON ITS GROUND ELECTRIC CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS**

Fertility - the main specific feature of soil quality that distinguishes it from the original (parent) rocks. In the fertile soil provide the ability to understand the plants with water, nutrients and air, and create for their livelihoods favorable physical, physico-chemical, chemical, biological and other conditions. There are elements and conditions of soil fertility. Elements - a terrestrial plant life factors, ie, nutrients, water and air. By the terms of fertility are the physical properties of the soil, his reaction, clean of weeds, pathogens and pests. Terms fertility depend not only on the natural properties of the soil, as established in the use of land as a means of agricultural production, ie as a result of soil cultivation. [9].

Over time, wear and soil loses its qualitative properties. Elements of the physical properties of man can not fundamentally changed, but fully able to support the socio-economic situation.

The human contribution is in control of soil, maintaining the desired pH, control the number of chemical and mineralogical substances, etc. [9]. However, it is chemical-mineralogical properties of soils associated with its domestication and cultivation, so monitoring of soil for the presence of chemical and mineralogical substances, namely its acidity is an urgent problem to ensure its fertility. However, the process of measuring acidity is not only costly procedure and a procedure that requires a lot of time and complex laboratory tests, which slows down the process of assessing soil quality. In order to maximize speed up the evaluation of soil quality and reduce the cost of implementing this process, an approach aimed at the possibility of establishing a pH-factor of soil by measuring its conductivity.

Keywords: electrical conductivity of soil fertility and acidity.

Опис проблеми

Кислотність є однією із основних характеристик, яка визначає продуктивні можливості ґрунтів. Проте кислотність, яка визначає дефіцит/надлишок хімічних та мінералогічних речовин, здатна змінюватись під впливом вологості, температури тощо. Крім того, вимірювання кислотності вимагає значних витрат і не відображає об'єктивної картини поточного стану ґрунту, оскільки необхідно додатково враховувати ще і структуру ґрунту.

Разом з тим більш загальною характеристикою, в тому числі, яка враховує кислотність є електропровідність. Встановлення електропровідності на значних ділянках ґрунту дає можливість скорегувати технологію внесення органічних добрив, забезпечити вирівнювання родючості ґрунту та зменшити витрати на його окультурення. Проте встановлення електропровідності на великих ділянках також пов'язане зі значними витратами. Одним із можливих рішень для зменшення цих витрат є вимірювання провідності в певних точках на ділянках і використання виміряних значень для встановлення електропровідності на усій ділянці засобами математичного моделювання. Тому метою даної праці є проведення аналізу впливу електропровідності ґрунтів на його хіміко-мінералогічні властивості, виявлення впливу на електропровідність ґрунту різних факторів і на тій основі формулювання припущень щодо побудови математичної моделі електропровідності ґрунтів. З цією метою пропонується розглянути наявні

результати досліджень взаємозв'язку між електропровідністю ґрунтів та їх родючістю, визначити основні фактори, які змінюють електропровідність ґрунтів.

Аналіз факторів впливу на електропровідність ґрунтів

Як показано в праці [5], величина електропровідності, вказуючи на відмінності в структурі ґрунту, також тісно пов'язана з іншими його властивостям, які використовують для визначення продуктивності ґрунту. Її значення залежить від великого комплексу факторів, таких як вологість, щільність, температура, хіміко-мінералогічний склад, механічний склад, структура ґрунту, і особливо від характеру і властивостей ґрунтового розчину.

Залежність електропровідності від типу ґрунтів.

Електропровідність залежить від структури та розмірів частинок в ґрунті [6]. Зазначена залежність, має фундаментальну основу, яка ґрунтується на рівняннях та ідеях Максвела. Залежність між структурою та розмірами частинок в основному обчислюють за допомогою урахування об'єму основного середовища і домішкової фази, а також залежить від форми частинок, які бувають сферичні, циліндричні, у формі витягнутих еліпсоїдів та тонких витягнутих пластин.

Електропровідність різних типів ґрунтів подана у таблиці 1 [7].

Таблиця 1

Електропровідність різних типів ґрунтів

Ґрунти	Питомий опір, Ом*м		
	Мінімальний	Середній	Максимальний
Шлаки, засолені ґрунти , пустинні ґрунти	0,59	2,37	7,0
Глина, глинисті сланці, мулисті, суглинок	0,34	4,06	16,0
Глина,глинисті сланці, мулисті, суглинок з піском та гравієм	1,02	15,8	135,0
Гравій, пісок, каміння з невеликою кількістю глини або суглинку	59,0	94,0	458

Як бачимо, електропровідність суттєво залежить від структури ґрунту, що впливає на його родючість. Очевидно, що при цьому кислотність ґрунту може не залежати від його типу. Це підтверджує гіпотезу про те, що електропровідність є більш загальною характеристикою, яка впливає на родючість ґрунту, ніж кислотність. Також слід зазначити, що цей фактор повинен бути включений в математичну модель електропровідності.

Залежність електропровідності від температури та вологості.

Електропровідність в значній мірі залежить від температури. З підвищенням температури питомий електричний опір ґрунтів зменшується, і як наслідок – електропровідність підвищується. Наприклад, електричний опір порід при збільшенні температури на 40-50°, зменшується більше ніж в 2 рази. З пониженням температури ґрунту і утворенням льоду в його порах електричний опір різко збільшується, що дає в результаті низьку електропровідність ґрунту, при даних умовах [6].

Відомо, що електропровідність ґрунту має оптимальне значення, коли вологість є в нормі. Наприклад, пісок має низьку електропровідність, адже дуже погано утримує вологу і промерзає взимку, а глина має помірну вологість і відповідно високу електропровідність.

Графік залежності складноструктурованого ґрунту, з різним вмістом піску та глини, наведено на рисунку 1 [11].

При зволоженні піску вода розподіляється по піщинках і утворюється бінарна система зі зволжених і сухих піщинок. Якщо кількість зволжених піщинок менша деякого значення, що відповідає порогу протікання, то можна говорити про його електролітичну непровідність. За підрахунками цей поріг становить 24%. Подальше збільшення вологи

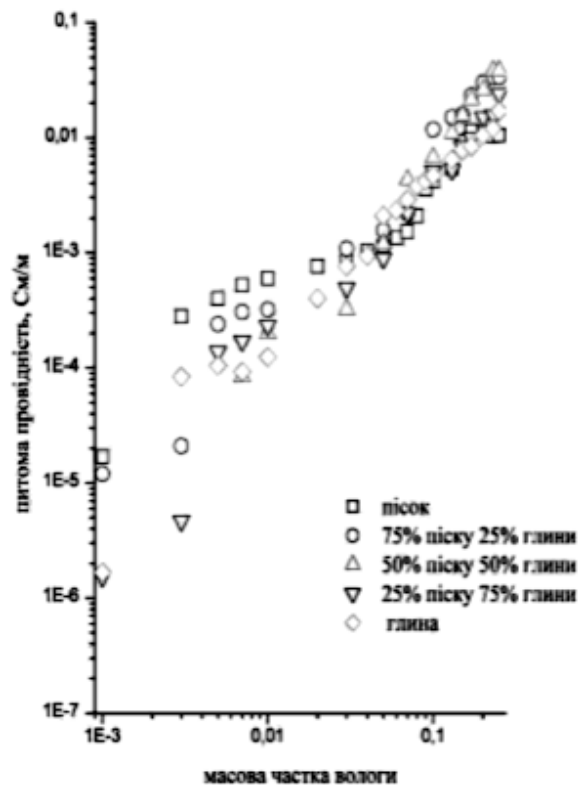


Рис. 1. Залежність електропровідності ґрунту від масової частки вологи [11]

призводить до стрімкого зростання провідності за рахунок зростання каналів провідності. Це зростання відбувається до тих пір поки всі піщинки не стануть зволоженими. Це відповідає переходу до пологої частини кривої для піску (рисунок 1). Подальше зростання провідності відбувається повільніше за рахунок розширення каналів провідності, оскільки тепер збільшується лише товщина плівки води на піщинках [11].

У праці [8], наведено спосіб вимірювання електропровідності ґрунту, на основі відібраних ґрунтових зразків. Проте недоліком описаного в праці [8] способу є те що вимірювання проводиться в лабораторних умовах. Тобто, відбувається відбір ґрунтових проб і на основі певних лабораторних маніпуляцій вимірюється їх електропровідність, без врахування їх вологості та температури в природних умовах.

Залежність електропровідності від зовнішнього тиску .

Електропровідність ґрунтів залежить від зовнішнього тиску. Зі збільшенням тиску спостерігається збільшення електропровідності. У більшості ґрунтів, інтенсивні зміни питомого електричного опору в сторону його зменшення спостерігаються при збільшенні тиску. Ці зміни при невеликих величинах зовнішнього тиску викликані зменшенням пористості ґрунтів, а далі при великих тисках – збільшенням площі контактів між частинками. Крім того, при збільшенні тиску і відповідному зменшенні пористості, значення вологості у погано насичених вологою ґрунтів збільшується, що сприяє зменшенню питомого електричного опору.

Вплив кислотності на хіміко-мінералогічні властивості ґрунту та зв'язок з електропровідністю.

Ступінь кислотності або лужності - це відносна кількість в ґрунті іонів водню H^+ , виражене в одиницях рН за шкалою теоретичних (можливих) значень від 1 до 14. Оскільки шкала логарифмічна, то зміна рН всього на одну одиницю означає десятикратну зміну кислотності або лужності [10]. Водяні середовища, в яких переважають іони водню, називаються кислотними, а ті, в яких переважають гідроксид-іони, називаються лужними (або основними). Рівні кількості іонів водню і гідроксид-іонів відповідають умовам нейтральних середовищ.

Розглянемо вплив рН на прикладі врожаю пшениці [10]. Наприклад, ґрунт з рН=5 в 10 разів перевищує кислотність ґрунту, рН якого складає 6, а ґрунт з рН=4 в 100 разів перевищує кислотність ґрунту з рН=6. Ґрунти зі значенням рН=7 вважаються нейтральними, а ті, в яких це значення нижче – кислотними, вище – лужними. Ґрунти з рН нижче 6,6 в сільськогосподарському виробництві рахуються кислотними. Для пшениці значення рН між 5,5 і 7,5 є найбільш сприятливими для росту пшениці і формування високого врожаю. Але вказані значення рН можуть бути різними для різних ґрунтів, різних місць вирощування і різних сортів пшениці, як показано на рисунку 2.

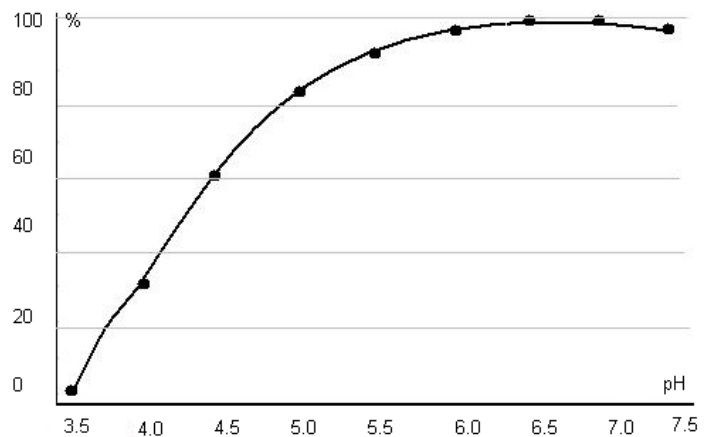


Рис. 2. Вплив рН ґрунту на врожай пшениці, виражений в відсотковому відношенні до можливого врожаю [10]

В кислотних ґрунтах концентрація обмінних кислотних катіонів алюмінію і марганцю буде більше, ніж концентрація основних катіонів кальцію, магнію, калію і натрію, а в лужних ґрунтах навпаки.

Кислотність ґрунту обумовлена наявністю в ній кислот, солей і обмінних іонів. Найчастіше кислотні ґрунти містять алюміній, залізо, марганець в отруйній для рослини формі. Діяльність корисних мікроорганізмів в такому ґрунті пригнічена.

Рослини, вирощені на кислотних ґрунтах, схильні до хвороб.

Діапазон рН 6.5-7.0 є оптимальним для вирощування більшості культур. Коли рН виходить за ці рамки, варто очікувати появу певних проблем (таблиця 2).

Таблиця 2

Залежність між рН і вмістом хімічних і макроелементів в ґрунті

рН	Проблема	Вплив на врожайність
<5.5	Дефіцит в ґрунті кальцію і/або магнію. Необхідно внести оксид кальцію.	Поганий ріст рослин по причині низької катіонообмінної ємності, можливий токсичності. Можна очікувати недостаток фосфору.
<5.5-6.5	В ґрунті мало оксиду кальцію.	Задовільні умови для багатьох рослин. Існує тенденція в недостачі фосфору.
<6.5-7.5	Оптимальний діапазон рН ґрунту.	Відсоток лужних катіонів близький до 100%.
<7.5-8.4	В ґрунті наявний оксид кальцію в потрібній мірі.	Відмінні характеристики ґрунту. Фосфор і мікроелементи добре доступні.
>8.4	Фактично, свідчить про те, що ґрунт є натрієвим.	Дуже погані фізичні умови, фільтрація і перколяція затруднені. Можливе розчинення органічних речовин ґрунту(гумусу). рН небезпечний для кореневої системи рослин.

Хімічні властивості вапнистих і засолених ґрунтів наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Хімічні властивості вапнистих і засолених ґрунтів

Тип ґрунту	pH	ЕСе, мСм/см ³ *	SAR**
Вапнистий	7.5-8.4	<2.0	<13%
Засолений	<8.5	>2.0	<13%
Натрієвий	>8.5	<2.0	>13%
Засол./натр.	<8.5	>2.0	>13%

*Одиниця провідності, міліСіменс на сантиметр кубічний

**SAR(SodiumAdsorptionRatio) – доля адсорбованого натрію відносно кальцію і магнію.

Як показано у таблиці 3, pH залежить не лише від електропровідності, а і від типу ґрунту, та від такого фактору, як SAR. SAR – частка адсорбованого натрію відносно кальцію та магнію, що вказує нам на скільки ґрунт є лужним. До лужних відносяться ґрунти, які мають pH 8,5 і вище, і(або) долю обмінного натрію від ємності катіонного обміну (ЄКО), яка складає 15% і вище. У праці [3] показано, що в зв'язку з низькою точністю визначення ЄКО і часткою обмінного натрію, а також для скорочення часу і затрат на діагностику ґрунтів, термінологічна комісія Американської спілки ґрунтознавців рекомендувала в якості альтернативи долі обмінного натрію від ЄКО використовувати величину SAR фільтратів із насичених водою ґрунтових пластів, дорівнює чи перевищує 13 по Soil Taxonomy[2] або 15 по [10]. У праці [3] показано, що в межах величин, які представляють інтерес з практичної точки зору, частка обмінного натрію(%) від ЄКО при рівновазі рідких і твердих фаз дорівнює SAR.

У таблиці 3 подані значення для ґрунтових розчинів (saturated paste extract, ЕСе). Як правило, експериментальні величини визначаються для суспензій ґрунту, для приготування яких ґрунт і вода беруться в співвідношенні 1:1. У таблиці 4 наведено ступені засолення (мСм/см), для ґрунтів чотирьох різних структур. Дані отримані для суспензій 1:1[7].

Таблиця 4

Ступінь засолення (pH) для різних ґрунтів

Текстура	Не засолені	Слабо засолені	Помірно засолені	Сильно засолені	Надмірно засолені
Крупнопіщані, піщані суглинки	0-1,1	1,2-2,4	2,5-4,4	4,5-8,9	9,0+
Мілкопіщані, суглинки	0-1,2	1,3-2,4	2,5-4,7	4,8-9,4	9,5+
Мулисті піщані, мулисті суглинки	0-1,3	1,4-2,5	2,6-5,0	5,1-10,0	10,1+
Глинисті	0-1,4	1,5-2,8	2,9-5,7	5,8-11,4	11,5+

Як показано в праці [11], для проведення просторової зйомки засолення орного шару ґрунту вагомим за значенням є показник електропровідності. Значення електровідностей насипного шару ґрунту, лісового суглинку, червоно-бурої та сіро-зеленої глини, темно-сірої сланцевої глини наведені на рис. 3 [11].

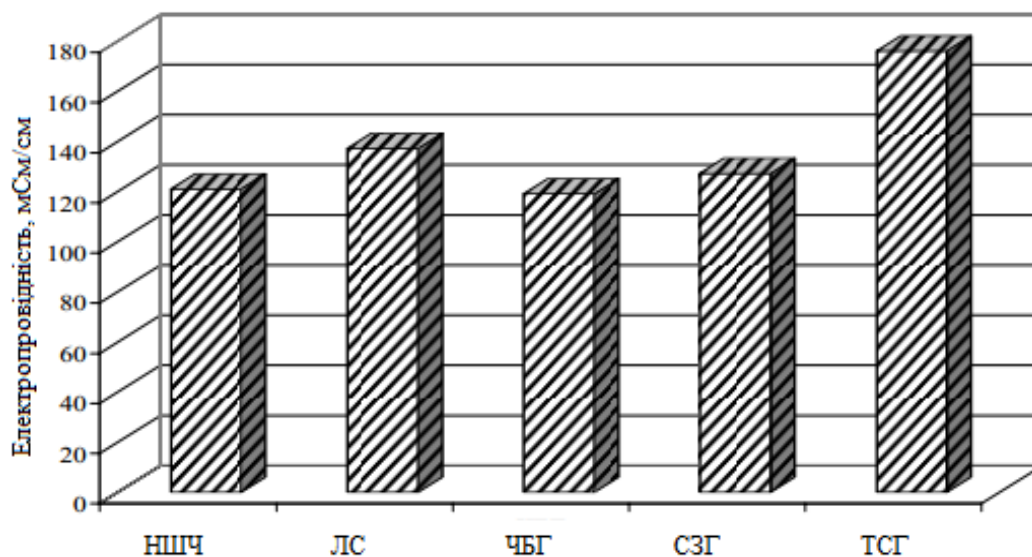


Рис. 3. Електропровідність зразків ґрунту (НШЧ-насипний шар ґрунту, ЛС-лісовий суглинок, ЧБГ-червоно-бура глина, СЗГ-сіро-зелена глина, ТСГ-темно-сіра сланцева глина)[11]

Проаналізувавши вищеподані таблиці та рисунки, можна вивести певну закономірність залежності рН та електропровідності ґрунту, адже для піщаного ґрунту найбільш корисний показник кислотності знаходиться в межах рН 5,5-6. Для глинистого ґрунту рівень кислотності становить рН 6-6,5. В суглинках рівень кислотності має досягати рН 6,5-7, але не перевищувати 7,5. Відповідно, при таких значеннях рН, значення електропровідності піску буде дорівнювати $\sim 170 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, глини - $\sim 110 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, суглинку - $\sim 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Так як, природа електропровідності в значній мірі іонна (розчини електролітів), то електропровідність підвищується при збільшенні кислотності і вологості.

Висновки

У результаті проведеного аналізу, наведених у літературних джерелах було встановлено, що електропровідність є одною з найважливіших характеристик, яка дає можливість встановити хімічно-мінералогічні властивості ґрунту, що визначає його безпосередню кислотність і впливає на родючість ґрунту. Доцільною також є розробка математичних моделей розподілу електропровідності на ділянці з різними властивостями ґрунту. У процесі аналізу встановлено, що взаємні вимірювання рН доцільно оперувати значенням електропровідності ґрунтів, яке можна виміряти з меншими витратами у порівнянні з вимірюванням кислотності. Встановлено вплив на електропровідність таких факторів як, температура повітря, вологість, тиск та структура ґрунту, що вказує на доцільність включення цих факторів до процедур математичного моделювання електропровідності ґрунтів.

Отримані результати будуть використані при формуванні структури математичної моделі для відображення розподілу електропровідності ґрунту в межах ділянок великих розмірів, з метою подальшої розробки оптимальних технологій сільськогосподарської обробки ґрунтів.

Література

1. Kamphorst A. and Bolt G.H. Saline and sodic soils // Soil Chemistry A. Basic Elements. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam – Oxford – New York. 1976. P. 171–191.
2. Soil Taxonomy//Agriculture Handbook. 1999. №436.869 p.
3. Бреслер Э., Манил Б.Л., Картер Д.Л. Солончаки и солонцы.- Гидрометеиздат, 1987.-286 с.
4. Журав В. Особливості електропровідності вологого ґрунту залежно від механічного складу/ В.В. Журав, О.І. Єлізаров // Фізика і хімія твердого тіла.- 2011.- №3. - С.791-794.
5. Мадюдя І. Апаратна реалізація алгоритму сортування чисел в задачі ідентифікації поля електропровідності ґрунтів/ І.А. Мадюдя, М.П. Дивак, І.Г. Цмоць // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології Advanced Computer Information Technologies АСІТ'2014: IV Всеукраїнська школа-семинар молодих вчених і студентів, 16-17 травня 2014 р.: матеріали IV Всеукраїнської школи-семинару молодих вчених і студентів.-Тернопіль: Економічна думка, 2014.-С.20-22.
6. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почв.- Наука, 1967.-584 с.
7. Режим доступу: <http://www.ecoinstrument.com.ua/2009-10-12-16-19-36/76-service-irrigl> .
8. Режим доступу : <http://www.findpatent.ru/patent/233/2331070.html> .
9. Режим доступу: www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/Почва
10. Режим доступу: <http://www.zerno-ua.com/?p=10872> .
11. Хосе Мануель Ресіо Еспехо. Агроекологічне тестування гірських порід в умовах стаціонару рекультивації / Мануель Ресіо Еспехо Хосе, Мартінес Камеро Антоніо, дель Піно Грасія Йессіка, М.М. Харитонов, М.Г. Бабенко // Вісник Дніпропетровського аграрного університету.- 2012.- №1. – С.101-105.

References

1. Kamphorst A. and Bolt G.H. Saline and sodic soils // Soil Chemistry A. Basic Elements. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam – Oxford – New York. 1976. P. 171–191.
2. Soil Taxonomy//Agriculture Handbook. 1999. #436.869 p.
3. Bresler E., Manil B.L., Karter D.L. Solonchaki i solontsyi.- Gidrometeizdat, 1987.-286 s.
4. Zhurav V. Osoblivosti elektroprovodnosti vologogo gruntu zalezno vld mehanichnogo skladu/ V.V. Zhurav, O.I. Elizarov // Fizika i hmiya tverdogo tla.- 2011.- #3. - S.791-794.
5. Madyudya I. Aparatna reallzatsiya algoritmu sortuvannya chisel v zadachi Identifikatsiyi polya elektroprovodnosti gruntiv/ I.A. Madyudya, M.P. Divak, I.G. Tsmots // Suchasni komp'yuterni Informatsyni tehnologiyi Advanced Computer Information Technologies АСІТ'2014: IV vseukraYinska shkola-semInar molodih vchenih i studentiv, 16-17 travnya 2014 r.: materlali IV vseukraYinskoYi shkoli-semInaru molodih vchenih i studentiv.-TernopIl: EkonomIchna dumka, 2014.-S.20-22.
6. Nerpin S.V., Chudnovskiy A.F. Fizika pochv.- Nauka, 1967.-584 s.
7. Rezhim dostupu: <http://www.ecoinstrument.com.ua/2009-10-12-16-19-36/76-service-irrigl> .
8. Rezhim dostupu : <http://www.findpatent.ru/patent/233/2331070.html> .
9. Rezhim dostupu: www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/Pochva
10. Rezhim dostupu: <http://www.zerno-ua.com/?p=10872> .
11. Hose Manuel Reslo Espeho. AgroekologIchno testuvannya glrskih porld v umovah statslonaru rekultivatsiyi / Manuel Reslo Espeho Hose, MartInes Kamero Antonio, del Pino Graslа Yesslka, M.M. Haritonov, M.G. Babenko // VIsnik DnIpropetrovskogo agrarnogo unIversitetu.- 2012.- #1. – S.101-105.

Рецензія/Peer review : 20.12.2014 р.

Надрукована/Printed :26.12.2014 р.