

2. Tsapko, Yu.L., Cheshko, N.F., & Habriel, H.Y. (2011). Zmina fosfatu i kaliinoyi funktsii kysloho gruntu zalezno vidodobrennia ta vapnuvannia [Change of phosphate and potassium functions of acidic soil depending on fertilizer and liming]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 67–71 [in Ukrainian].
3. Kovda, V.A. (1975). *Biokhimicheskie tsykly v prirode i ikh narusheniie chelovekom* [Biochemical cycles in nature and their violation by people]. Moskva: Nauka [in Russian].
4. Yatsuk, I.P., & Baliuk, S.A. (2013). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoy pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia* [Methods of agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv [in Ukrainian].
5. Yakist hruntu. Vyznachennia pH (ISO 10390:2005, IDT) [Soil quality. Determination of pH (ISO 10390:2005, IDT)]. (2012). *DSTU ISO 10390:2007 from the 1st January 2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
6. Tretiak, A.M., & Druhak, V.M. (2003). *Naukovi osnovy ekonomiky zemlekorystuvannia ta zemlevporiadkuvannia* [Scientific bases of economics of land use and land management]. Kyiv: TZRU [in Ukrainian].
7. Baliuk, S.A. (2010). Gruntovi resursy Ukrainy: stan i zakhody yikh polipshennia [Soil resources of Ukraine: state and measures for their improvement]. *Visnyk ahromoi nauky — Bulletin of agrarian science*, 6, 6–7 [in Ukrainian].
8. Hrekov, V.A., & Melnyk A.I. (2011). Kislotnost i izvestkovaniiepakhptnykh pochv Ukrainy [Acidity and liming of arable soils of Ukraine]. *Plodородiie — Fertility*, 1, 4–6 [in Russian].
9. Nadtochii, P.P., & Trmbitskyi, V.A. (2003). Kislотно-основна буферність і проблеми вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні питання агроecології [Acid-basic buffering and problems of acidic soil liming of Polesie: topical issues of agroecology]. *Visnyk DAU — Bulletin of SAU*, 2, 3–17 [in Ukrainian].
10. Helevera, O.F., & Topolnyi, F.P. (1998). Kislотnisti rodichist gruntiv [Soil acidity and fertility]. *Ahrama nauka — selu — Agrarian science — for vil-lage*, 6, 6–8 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.10.2019

УДК 631.42:631.878 (477.51)

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189450>

ЗНАЧЕННЯ СПОЛУК Fe У ФОСФАТНОМУ РЕЖИМІ ТОРФОВИХ ҐРУНТІВ БОЛОТА ЗАМГЛАЙ

С.М. Черствий¹, І.І. Шабанова²

¹ Чернігівський національний технологічний університет

² Чернігівська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Дослідженнями впливу заліза на фосфатний режим торфових ґрунтів болота Замглай встановлено, що серед фракційного складу фосфатів переважають органічні алюмо- і залізофосфати над мінеральними. Кількість фосфатів кальцію є значно вищою на осушеній ділянці внаслідок вапнування ґрунту. Серед відновно-розчинних переважають фосфати окисного заліза, що обумовлено його більшою гідратованістю. За результатами модельного лабораторного дослідження значення сполук заліза у фосфатному режимі торфових ґрунтів встановлено, що за додаткового внесення підвищених доз заліза і фосфору кількість залізофосфатів зростає із зменшенням кількості вільного заліза і фосфору в залишку. За додавання тільки фосфору або заліза кількість залізофосфатів у ґрунті майже не змінюється.

Ключові слова: торфові ґрунти, фосфор, залізо-, алюмо-, кальційфосфати, утворення.

Інтерес виробників та вчених до фосфорних сполук та їх зв'язку з мінеральними і органічними компонентами ґрунту викликано збільшенням застосування фос-

форних добрив і здатністю елемента легко закріплюватися в ґрунті у важкодоступних для рослин формах.

На сьогодні режиму фосфатів у різних ґрунтах присвячено низку робіт, зокрема Д.Л. Аскіназі [1], Л.В. Степанової [2],

Л.В. Сало [3], в яких наголошено, що фосфат тісно пов'язаний із складом і властивостями ґрунтів. У кислих, ненасичених кальцієм ґрунтах поглинання фосфору визначається присутністю полутораоксидів заліза і алюмінію, у нейтральних або слаболужних — взаємодією з кальцієм [1].

Важливу роль у поглинанні фосфору відіграє органічна речовина. На думку Н.І. Горбунова, Т.Н. Щуріної [4], органічна речовина, що насичена багатовалентними основами, поглинає фосфор так само, як і глинисті мінерали.

Згідно з дослідженнями І.Н. Донських [5], мінеральні фосфати у торфових ґрунтах становлять 15–20% від загальної кількості. Основними формами мінеральних сполук у низинних торфах є фосфати кальцію, а у верхових і перехідних — фосфати заліза і алюмінію. Так, С.Т. Вознюком і В.В. Фалюшем [6] було виявлено у низинних торфах однакову кількість фосфатів заліза, алюмінію і кальцію.

Якщо мінеральні фосфати основних солей можуть бути легкодоступними рослинам, то органічні набувають такої можливості внаслідок поступової мінералізації органічної речовини.

Метою наших досліджень було виявити зміни фосфатного режиму торфових ґрунтів болота Замглай, зумовлені як їх осушенням і використанням, так і впливом окисного і закисного заліза, кальцію та алюмінію на фракційний склад фосфатів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як об'єкт досліджень використовували евтрофні ґрунти болота Замглай у межах Бурівського дослідного поля. Потужність торфових покладів становить 180–240 см.

Болото Замглай відноситься до поліської частини Чернігівської обл., розміщується в унікальній за своєю геологічною будовою улоговині [6].

На сьогодні вказане торфовище є рівнинним рельєфом. Має загальний ухил у південно-східному напрямі до р. Десни.

Роботи з осушення болота Замглай були розпочаті у 1897 р., коли інженер Є.В. Оппоков провів дослідження, роз-

робив карту болота та намітив осушувальну мережу для всього масиву. Однак проект не було здійснено. У подальшому осушували лише окремі ділянки з метою видобування торфу на паливо.

У 1956–1964 рр. було запроєктовано і побудовано осушувальну мережу на площі 3122 га, із яких 360 га — гончарним дренажем.

Перші етапи наукових досліджень ми проводили впродовж трьох років на стаціонарних ділянках площею 36 м², закладених у 1974 р. на осушених і цілих масивах. У 2007 р. було проведено повторні польові і лабораторні дослідження з метою виявлення можливих змін морфологічних ознак торфу та його фізико-хімічних властивостей, обумовлених тривалим осушенням та використанням.

У рамках тематики наукових досліджень кафедри аграрних технологій Чернігівського національного технологічного університету в 2012 р. були відібрані зразки торфу на вказаних ділянках з метою проведення досліджень фосфатного режиму торфових ґрунтів у співпраці з Чернігівською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Зразки торфу відбирали на осушених і цілих ділянках із трьох розрізів на кожній ділянці з глибини 0–20, 40–60, 80–100 см для одержання усередненого зразка в межах його однотипових генетичних шарів.

У відібраних зразках торфу визначали валовий фосфор методом Гінсбург, Щеглової, Вульфюс та різні форми фосфатів методом Чанга і Джексона в модифікації Аскіназі, Гінсбург і Лебедевої [8].

Для проведення модельного лабораторного дослідження використовували торф верхнього шару з осушеної ділянки з природною вологістю (69,8%). Після ретельного подрібнення, видалення коренів та інших домішок брали наважки торфу вагою 700 г, змішували з добривами і поміщали у лабораторні склянки із рівномірним ущільненням. Склянки накривали фільтрувальним папером і витримували в лабораторії впродовж 4-х місяців за по-

стійної вологи при температурі 18–22°C. Після завершення терміну експозиції у вологих зразках визначали рухомі форми заліза методом В.А. Козаринової-Окниної в модифікації З.Ф. Коптевої із застосуванням альфа-альфадипіридилу, у повітряно-сухих зразках — фракційний склад фосфатів методом Чанга і Джексона в модифікації Аскіназі, Гінсбург і Лебедевої [8].

Схема лабораторного модельного досліджу:

1. Торф без добрив;
2. Торф + 6,0 г суперфосфату;
3. Торф + 9,0 г суперфосфату;
4. Торф + 20 г солі $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
5. Торф + 20 г солі $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ + 6,0 г суперфосфату;
6. Торф + 20 г солі $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ + 9,0 г суперфосфату;
7. Торф + 20 г солі $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
8. Торф + 20 г солі $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 6,0 г суперфосфату;
9. Торф + 20 г солі $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 9,0 г суперфосфату.

Повторність досліджу — триразова.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень свідчать про відносно високий уміст валового фосфору в торфових ґрунтах болота Замглай (табл. 1). Його кількість варіює у межах 234,4–718,8 мг на 100 г ґрунту, вищі показники вмісту є характерними для осушених ділянок. Розподіл валового фосфору профілем — нерівномірний. Найбільша його частина нагромадилась у верхньому шарі. З глибиною прослідковується поступове зменшення. Так, твердження науковців [9], що після осушення фосфатні мінеральні новоутворення у торфовому ґрунті дещо переміщуються у верхні шари, є правдивим і для досліджуваних нами ґрунтів, але у більш вираженій формі.

Серед окремих фракцій фосфатів найбільше їх було виділено із алюмінієвих (фторамонійна витяжка).

З огляду на вміст алюмінію у валовому складі торфу (0,21–0,76%), можна допустити присутність у торфі такої самої кількості

ті алюмофосфатів, але необхідно зважати на частковий перехід фосфатів кальцію у фторамонійну витяжку. Останнє підтверджується даними, одержаними у модельному лабораторному досліді, що за внесення суперфосфату різко збільшується фракція, яка вилучається фтористим амонієм, незважаючи на значно меншу кількість у ній алюмінію (табл. 2).

Також слід наголосити, що за підвищених значень рН в осаджуваний комплекс більше надходить алюмінію, і що цей елемент має подвійну природу — він частково входить у внутрішню сферу ґрунтового-вбирного комплексу, зберігаючи здатність до обмінних реакцій, що не властиво залізу.

В усіх витяжках органічні форми фосфатів здебільшого переважають мінеральні. Максимальна кількість алюмофосфатів нагромаджується у верхньому шарі ґрунту (0–20 см), з глибиною спостерігається їх поступове зменшення. Кількість фосфатів, що переходить у лужну витяжку, дещо поступається кількості фосфатів алюмінію і кальцію, які переходять у розчин фтористого амонію. Однак максимальна різниця не перевищує 4–5% і концентрується у верхньому шарі ґрунту.

Результати визначення різних форм заліза засвідчують високий уміст у верхньому шарі торфу аморфного заліза (49,0–50,5% від валового), яке активно вступає у взаємозв'язок із фосфором, органічною речовиною та іншими компонентами торфу. У складі залізофосфатної фракції переважають органічні фосфати, утворення яких залежить від наявності у гумусних речовинах півтораоксидів [10]. Така взаємодія між півтораоксидами і фосфором є фактом існування між ними глибокого генетичного зв'язку, що дає можливість не тільки їх сумісній акумуляції, але і міграції. Сумісна присутність у молекулах гумусових речовин робить ці сполуки стійкими.

Уміст мінеральних фосфатів заліза варіює у межах 4,3–9,7% від валового. На осушеній ділянці торфовища фосфатів заліза у верхньому шарі на 2,3% менше, ніж

Таблиця 1

Склад фракції фосфатів торфових ґрунтів болота Замглай

Ділянка	Глибина відбору зразка, см	Валовий фосфор, мг/100 г	Фракції фосфатів, % від валового								фосфор у залишку
			Al-P		Fe-P		Са-P	відновно-розчинні, мг/100 ґрунту			
			мінеральні	органічні	мінеральні	органічні		FeO-P	Fe ₂ O ₃ -P		
Осушена	0-20	718,8	4,9	21,2	4,9	13,7	16,1	9,2	265	28,6	
	40-60	457,6	12,0	8,5	9,7	9,9	18,6	9,0	175	32,3	
	80-100	312,5	9,5	10,5	7,9	11,2	15,0	9,2	110	36,6	
Цілинна	0-20	512,6	4,1	30,6	7,2	23,5	6,0	7,8	218	20,6	
	40-60	234,4	5,9	15,5	6,3	12,2	3,5	11,9	173	44,7	
	80-100	318,8	5,7	15,9	4,3	13,9	0,3	5,1	123	51,9	

Таблиця 2

Склад фосфатів за варіантами модельного дослід

Варіанти дослід	Залізо (0,1 н H ₂ SO ₄), мг/100 г		Валовий фосфор, мг/100г	Склад фракції фосфатів, % від валового						фосфор у залишку
	Fe ²⁺	Fe ³⁺		Al–P		Fe–P		Ca–P		
				мінеральні	органічні	мінеральні	органічні			
Торф, без добрив	14,5	37,3	718,8	2,8	6,8	3,0	3,6	9,0	73,7	
Торф + 6,0 г P [*]	15,8	28,2		13,7	21,1	0,3	0,5	7,6	56,8	
Торф + 9,0 г P _c	9,4	35,1		16,3	28,9	0,6	0,3	9,3	44,6	
Торф + 20 г Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	51,4	471,3		2,5	6,2	4,6	4,7	3,0	78,9	
Торф + 20 г Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O + 6 г P _c	70	441,8		15,6	24,5	13,3	12,5	9,0	25,1	
Торф + 20 г Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O + 9 г P _c	35,8	436,4		18,1	39,3	16,5	16,9	9,9	11,7	
Торф + 20 г Fe ₂ SO ₄ ·7H ₂ O	50,4	526,1		1,4	5,6	4,8	2,8	3,1	82,0	
Торф + 20 г Fe ₂ SO ₄ ·7H ₂ O + 6 г P _c	41,8	479,0	9,3	4,6	6,5	3,4	11,3	64,8		
Торф + 20 г Fe ₂ SO ₄ ·7H ₂ O + 9 г P _c	30	464,2	10,6	14,6	13,3	0,5	16,4	50,0		

Примітка: * P_c – суперфосфат простий.

на цілинній, що обумовлено вапнуванням ґрунтів, зміною реакції ґрунтового розчину до нейтральної, не зовсім сприятливої для утворення залізофосфатів. Натомість кількість фосфатів кальцію у цьому разі збільшилась порівняно з цілинною майже втричі.

Для детальнішого вивчення значення заліза у фосфатному режимі торфових ґрунтів нами був проведений модельний лабораторний дослід із значно вищими концентраціями заліза і фосфору.

За однакової дози окисного і закисного заліза (20 г) утворення залізофосфатів збільшилось на тлі внесення суперфосфату. Більше залізофосфатів утворилось з окисним залізом завдяки його вищій гідратованості. Уміст вільного рухомого заліза зменшується із збільшенням залізофосфатів. Водночас зростає кількість кальцій- і алюмофосфатів.

Так, Я.В. Пейве [11] вважає, що алюміній є головним чинником зв'язування фосфорної кислоти в ґрунті. Цей процес може відбуватися при рН від 3,5 до 9,0. У разі одночасної присутності в ґрунті іонів кальцію і алюмінію фосфорна кислота з'єднуються переважно з алюмінієм, а не з кальцієм.

За додавання тільки суперфосфату утворення залізофосфатів не перевищує 0,6–0,9% від валового; лише заліза — вміст залізофосфатів залишається майже на рівні контрольного варіанта. Також помітно зменшується кількість фосфатів алюмінію і кальцію, а вміст рухомого заліза, особливо окисного, різко збільшується. Щодо закисного заліза, то за нормальних умов вологості й аерації його кількість зростає незначно і повільно.

У варіантах із внесенням підвищеної кількості суперфосфату (9,0 г) та додатковим внесенням заліза (20 г) уміст фосфору у залишку виявився незначним, що має позитивне значення, оскільки значна частина фосфору мобілізується із важкорозчинних оклюдованих форм у більш розчинні

алюмо-, залізо- та кальційфосфати і стає доступнішою для рослин.

ВИСНОВКИ

У фосфатному фонді торфових низинних ґрунтів болота Замглай встановлено різний уміст валового фосфору. Так, у верхньому шарі (0–20 см) на осушеній ділянці його рівень становить 718,8 мг на 100 г ґрунту, що у 1,4 раза вище, ніж у цілинному. Зменшення вмісту валового фосфору на осушеній ділянці вниз за профілем ґрунту є більш плавним, ніж на цілинній ділянці, де проявляється його різкіше зменшення (приблизно вдвічі) у шарі 40–60 см. Серед алюмофосфатів переважають органічні, до того ж їх уміст у зразках ділянки цілини є вищим. Аналогічна ситуація спостерігалася і з залізофосфатами. Вміст кальційфосфатів у зразках ґрунту осушеної ділянки, зокрема в шарі 80–100 см, є значно вищим (у 50 разів).

В умовах модельного лабораторного досліді із застосуванням підвищених доз заліза і фосфору встановлено, що зниження гідратації заліза (з 9 H_2O до 7 H_2O) призводило до зменшення вмісту мінеральних та органічних алюмо- та залізофосфатів, зокрема спостерігалось різке зменшення органічних залізофосфатів та значне зростання фосфору у залишку. Порівнюючи зразки торфу за застосування лише фосфорних добрив у дозі 9,0 г модельного лабораторного досліді встановлено зменшення вмісту мінеральних та органічних форм залізофосфатів у 27,5 та 56 разів відповідно та — збільшення фосфору у залишку у 3,8 раза порівняно з сумісним внесенням заліза та фосфору.

Це підтверджує вплив чинників, зокрема осушення, різних форм заліза, кальцію та алюмінію на фракційний склад торфових ґрунтів і, відповідно, необхідність диференційованого підходу до вибору оптимальних доз та поєднань добрив, вапнування в практиці їх застосування на торфових ґрунтах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аскинази Д.Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией / Д.Л. Аскинази. — М.: АН СССР, 1949. — 215 с.
2. Степанцова Л.В. К характеристике фосфатного состояния черноземовидных почв замкнутых депрессий водоразделов / Л.В. Степанцова, С.Б. Сафронов, В.Н. Красин // Достижение науки и техники АПК. — 2008. — № 8. — С.10–12.
3. Сало Л.В. Вміст рухомого фосфору та ступінь його рухомості залежно від застосування фосфорних добрив на торфових низинних ґрунтах / Л.В. Сало // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2009. — Вип. 70. — С. 179–183.
4. Горбунов Н.И. Значение химического состава, дисперсности и структуры минералов для поглощения фосфатов / Н.И. Горбунов, Г.Н. Щурина // Почвоведение. — 1970. — № 152. — С. 142–152.
5. Донских И.Н. Формы аккумуляции фосфора в торфяных почвах Северо-Запада / И.Н. Донских // Записки Ленинградского СХИ. — 1968. — Т. 117. — С. 87–95.
6. Вознюк С.Т. Динамика подвижных форм фосфатов в торфяных почвах Западного Полесья при окультуривании / С.Т. Вознюк, В.В. Фалюш / Труды Харьков. СХИ. — 1967. — Т. 67. — С. 129–138.
7. Вернандер Н.Б. Природа Украинской ССР. Почвы / Н. Б. Вернандер, И.Н. Гоголев, Д.И. Ковалишин. — К.: Наук. думка, 1986. — 216 с.
8. Хейфец Д.М. Определение различных форм минеральных фосфатов по методу Чанга и Джексона. Вариант Аскинази, Гинсбург, Лебедевой (1953) / Д.М. Хейфец // Агрохимические методы исследования почв. — М.: 1965. — С. 116–120.
9. Ковалев В.А. Фосфор в болотной среде / В.А. Ковалев, А.Л. Жуховицкая. — Минск: Наука и техника, 1976. — 83 с.
10. Фокин А.Д. Связывание фосфата гумусовыми веществами / А.Д. Фокин, М.К. Синха / Известия ТСХА. — 1969. — № 4. — С. 175–180.
11. Пейве Я.В. Биохимия почв / Я.В. Пейве. — М.: Сельхозстандарт, 1961. — 422 с.

REFERENCES

1. Askinazi, D.L. (1949). *Fosfatnyi rezhim i izvestkovanie pochv s kisloj reaktsiei* [Phosphate regime and liming of soils with acidic reaction]. Moskva: AN SSSR [in Russian].
2. Stepantsova, L.V., Safronov, S.B., & Krasin, V.N. (2008). K kharakteristike fosfatnoho sostoianniia chernozemovidnykh pochv zamknutykh depressii vodorazdelov [To the characterization of phosphate condition of chernozem-like soils of enclosed depressions of watersheds]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK — Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 8, 10–12 [in Russian].
3. Salo, L.V. (2009). Vmist rukhomoho fosforu ta stupin yoho rukhomosti zalezno vid zastosuvannia fosfornykh dobryv na torfovykh nyzynnykh gruntakh [The content of labile phosphorus and degree of its lability depending on the use of phosphoric fertilizers on peat fen soils]. *Agrokhiimiia i gruntoznavstvo — Agrochemistry and Soil Science*, 70, 179–183 [in Ukrainian].
4. Gorbunov, N.I., & Schurina, G.N. (1970). Znachenie khiimicheskogo sostava, dispersnosti i struktury mineralov dlia pogloscheniia fosfatov [Importance of the chemical composition, dispersion and mineral structure for the absorption of phosphates]. *Pochvovedenie — Soil Science*, 152, 142–152 [in Russian].
5. Donskikh, I.N. (1968). Formy akumulatsii fosfora v torfianykh pochvakh Severo-Zapada [Forms of accumulation of phosphorous in peat soils of the North-West]. *Zapiski Leningradskogo SKhI — Transactions of Leningrad Agricultural Institute*, 117, 87–95 [in Russian].
6. Wozniuk, S.T., & Faliush, V.V. (1967). Dinamika podviznykh form fosfatov v torfianykh pochvakh Zapadnoho Polesia pri okulturivanii [The dynamics of labile phosphate forms in peat soils of Western Polesie during cultivation]. *Trudy Kharkovskogo SHI — Transactions of Kharkov Agricultural Institute*, 67, 129–138 [in Russian].
7. Vernander, N.B., Gogolev, I.N., & Kovalishin, D.I. (1986). *Priroda Ukrainskoi SSR* [The nature of the Ukrainian SSR]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
8. Kheifets, D.M. (1965). Opredelenie razlichnykh form mineralnykh fosfatov po metodu Changa i Dzheksona Variant Askinazi, Ginsburg, Lebedevoi (1953) [Determination of various forms of mineral phosphates by method of Chang and Jackson. Variation of Askinazi, Hinsburgh, Lebedeva (1953)]. *Agrokhiimicheskie metody issledovaniia pochv* [Agrochemical methods of soil investigation]. Moskva [in Russian].
9. Kovalev, V.A., & Zhukhovitskaia, A.L. (1976). *Fosfor v bolotnoi srede* [Phosphorus in a swamp environment]. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].
10. Fokin, A.D., & Sinkha, M.K. (1969). Sviazyvanie fosfata humusovymi veshchestvami [The binding of phosphate with humic substances]. *Izvestiia Timiri-azevskoi Selskokhoziaistvennoi Akademii — Proceedings of the Timiriachev Agricultural Academy*, 4, 175–180 [in Russian].
11. Peyve, Ya.V. (1961). *Biokhiimiia Pochv* [Soils biochemistry] Moskva: Selkhozstandart [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.10.2019