

---

# LAND RECLAMATION

---

---



Yu. G. Prysedskyj  Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 630\*232.22+581.1

---

*Vasil Stus Donetsk National University,  
600<sup>th</sup> anniversary, 21, Vinnitsa, Ukraine, 21021*


---

## THE USE OF ARBOREAL PLANTS FOR BIOLOGICAL RECLAMATION OF PHOSPOGIPSE DUMPS

**Abstract.** One of basic problems of environment on enterprises from the production of phosphates and phosphoric acid is the reduction of influence of dumps of phosphogipse. During storage of phosphogipse in dumps there is a bearing-out in the atmosphere, soil and ground water of connections of fluorine, sulphur, phosphorus, that result in considerable violations of vital functions of vegetable and animal organisms. The only possible method of reduction of loading of dumps of phosphogipse on an environment is their reclamation with the use of plants. However, a phytotoxicity of breeds of dumps is one of most obstacles for their biological reclamation. Such breeds attribute to useless for biological reclamation that needs their coverage the unphytotoxic ground mixtures. At the same time, data about the phytotoxicity of phosphogipse and methods of reclamation of such dumps are practically absent. Phosphogipse was used in experiments, selected from the dumps of phosphogipse of the Sumy production amalgamation of «Chimprom», that is characterized by the far of ions of cadmium and presence of bivalent barium. For growing of plants the next variants of coverage of phosphogipse were used by fat land: 1 – black earth (control); 2 – phosphogipse without coverage by fat land; 3 – phosphogipse with coverage by black earth; 4 – phosphogipse by c coverage by sand(drainage) and black earth; 5 – phosphogipse with coverage by a hogging (drainage) and black earth. As fat land black earth is used ordinary with content of humus 3,5B researches two types of arboreal plants were used: *Eleagnus angustifolia* L. but *Robinia pseudoacacia* L. The set high toxins is for both types of experience plants. Seed landed on phosphogipse without coverage perished fat land. Integumentary soils allow considerably to improve the growth processes of plantlets of *Eleagnus angustifolia* L. and *Robinia pseudoacacia* L. At the same time, height of rootages in the variant of causing of black earth directly on phosphogipse repressed considerably. It, for certain, is related to the capillary raising of phosphogipse toxicants in integumentary soil, that stipulates braking of growth processes. In 2,5 months there is the reliable braking of growth processes of rootages in all variants of growing of plants on phosphogipse. In 50 days at all plants, that grow on phosphogipse rootages grow to phosphogipse, as a result of there is almost complete defoliation of plantlets and they perish. Thus, phosphogipse contains the far of phytotoxic connections (ions of cadmium, barium, strontium, fluorine and others like that), that causes their death for landing on a breed without causing of integumentary fertile substate. Normal development of arboreal plants on the dumps of phosphogipse maybe only on condition of height of their rootages in the fertile integumentary ground mixture with the use of drainage layers from a hoggin or sand.

**Keywords:** *dumps of phosphogipse, integumentary soil, height of arboreal plants.*

---

 Tel.: +38066-053-24-09, e-mail: [yu.prisedskyi@donnu.edu.ua](mailto:yu.prisedskyi@donnu.edu.ua)

DOI: 10.15421/041708

УДК 630\*232.22+581.1

**Ю. Г. Приседский**

канд. биол. наук, доц.

*Донецкий национальный университет имени Василя Стуса,  
ул. 600-летия, 21, г. Винница, Украина, 21021,  
тел.: +38066-053-24-09, e-mail: yu.prisedskiy@donnu.edu.ua*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ ФОСФОГИПСА**

**Аннотация.** Изучено влияние фосфогипса и нанесенной на него покровной почвы на ростовые процессы разных видов древесных растений. Установлена необходимость использования дренажного слоя или песка и мощного слоя плодородных грунтовых смесей для роста древесных растений на отвалах фосфогипса.

**Ключевые слова:** *отвалы фосфогипса, покровная почва, рост древесных растений.*

УДК 630\*232.22+581.1

**Ю. Г. Приседський**

канд. біол. наук, доц.

*Донецький національний університет імені Василя Стуса,  
вул. 600-річчя, 21, м. Вінниця, Україна, 21021,  
тел.: +38066-053-24-09, e-mail: yu.prisedskiy@donnu.edu.ua*

### **ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ДЛЯ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВІДВАЛІВ ФОСФОГІПСУ**

**Анотація.** Вивчено вплив відвалів фосфогіпсу та нанесеного на нього покривного ґрунту, на ростові процеси різних видів деревних рослин. Установлено необхідність використання дренажного шару або піску та потужного шару родючих ґрунтових сумішей для росту деревних рослин на відвалах фосфогіпсу.

**Ключові слова:** *відвали фосфогіпсу, покривний ґрунт, ріст деревних рослин.*

## **ВСТУП**

Несприятливий вплив на рослини урбанізації, техногенного забруднення, дефіциту вологи і основних елементів мінерального живлення на фоні глобальних змін клімату постійно зростає (Mitsik, Lykholat, 1997; Lykholat, 1999; Lykholat et al., 2017). Про це свідчить погіршення якості навколишнього природного середовища у великих містах і промислових центрах та значних за площею територіях прилеглих до них регіонів (Lykholat, Grigoryuk, 2005; Kul'bachko et al., 2011, 2015; Grigoryuk et al., 2014). У зв'язку з цим однією з основних проблем захисту довкілля на підприємствах з виробництва фосфатів та фосфорної кислоти є зменшення впливу відвалів фосфогіпсу. Під час зберігання фосфогіпсу у відвалах відбувається винос в атмосферу, ґрунт та ґрунтові води сполук фтору, сірки, фосфору, які призводять до значних порушень життєдіяльності рослинних та тваринних організмів. Кількість фосфогіпсу, що утворюється, залежить від виду використовуваної сировини, технології виробництва, застосовуваного обладнання і складає від 3,9 до 6,8 т на 1 т виробленої фосфорної кислоти (Malceva, Yudavicheva, 1985). Фосфогіпс може бути перероблений у будівельні в'язучі матеріали (вапно та сірчану кислоту) або використаний як хімічний меліорант засолених ґрунтів (Epifanov et al., 1985; Kobozev et al., 1985). Однак ступінь його використання становить лише 11 %. У зв'язку з цим єдиним можливим способом зменшення навантаження відвалів фосфогіпсу на довкілля є їхня рекультивация з використанням рослин. Однак фітотоксичність порід відвалів є однією з найбільших перешкод для їхньої біологічної рекультивации. Такі породи відносять до непридатних для біологічної рекультивации. Для проведення біологічного етапу рекультивации такі відвали рекомендується покривати нефітотоксичними ґрунтовими сумішами. Такі прийоми широко застосовуються для

рекультивациі породних відвалів шахт, порід кар'єрів тощо (Using biosolids, 2002; Sally, 2003; Uzbek, 2015, Zverkovs'kyu, 2015, 2016; Halahan, 2015; Loza et al., 2016). Разом з тим дані про фітотоксичність фосфогіпсу та способи рекультивациі таких відвалів практично відсутні.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У досліджах використовували фосфогіпс, відібраний з відвалів фосфогіпсу Сумського виробничого об'єднання «Хімпром», який характеризується, на відміну від фосфогіпсу Гомельського хімічного заводу та Рівненського виробничого об'єднання «Азот», значною кількістю кадмію та наявністю двовалентного барію (табл. 1).

Таблиця 1

Місце відбору проби	Катіони								Аніони				
	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	S <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>
Конвейєр Гомельського хімічного заводу	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
Відвал Гомельського хімічного заводу	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
Відвал Сумського виробничого об'єднання «Хімпром»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Відвал Рівненського виробничого об'єднання «Азот»	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

Для вирощування рослин використовувалися такі варіанти покриття фосфогіпсу родючим ґрунтом: 1 – чорнозем (контроль); 2 – фосфогіпс без покриття родючим ґрунтом; 3 – фосфогіпс із покриттям чорноземом; 4 – фосфогіпс із покриттям із піску (дренаж) та чорнозему; 5 – фосфогіпс із покриттям із гравію (дренаж) та чорнозему (рис. 1). Як родючий ґрунт використано чорнозем звичайний з вмістом гумусу 3,5 %.

У дослідженнях використовували два види деревних рослин: маслинка вузьколиста (*Eleagnus angustifolia* L.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.). Вибір цих видів обумовлений високою стійкістю до несприятливих факторів та участю у самозаростанні відвалів вугільних шахт Донбасу.

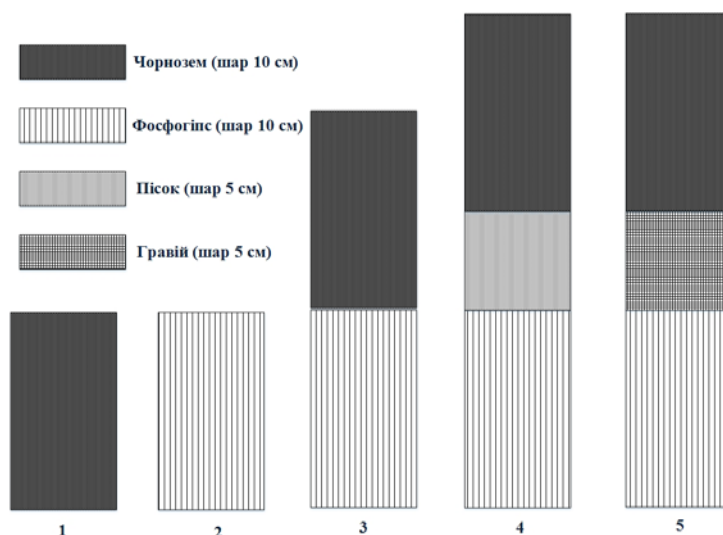


Рис. 1. Схема розташування покривного ґрунту

Проросле насіння з довжиною зародкових корінців біля 1 см висаджувалося на субстрат залежно від варіанта дослідів. Вирощування рослин проводилося за освітленості 12000 лк та тривалості світлового дня 14 годин на добу. Температура під час вирощування проростків підтримувалася у межах 19–21 °С. Вимірювання ростових показників проводилося у віці 1 та 2,5 місяці з дня посадки рослин на ґрунт. Отримані дані оброблені статистично методами дисперсійного аналізу з використанням порівняння середніх за Даннетом (Prysedskyj, 1999, 2005).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як свідчать отримані дані (табл. 2), фосфогіпс має високу токсичність для обох видів дослідних рослин. Насіння, висаджене на фосфогіпс без покриття родючим ґрунтом (варіант 2), загинуло. Покривні ґрунти дозволяють значно покращити ростові процеси проростків. Так, у маслинок вузьколистій ростові процеси надземних частин проростків не піддаються вірогідним змінам у всіх варіантах з нанесенням ґрунтового покриття. Разом з тим ріст кореневих систем у варіанті нанесення чорнозему безпосередньо на фосфогіпс значно пригнічувався – їхня довжина становила 56,2 % від довжини коренів контрольних рослин, вирощуваних на чорноземі. Це, вірогідно, пов'язано з капілярним підняттям токсикантів фосфогіпсу у покривний ґрунт, що й обумовлює гальмування ростових процесів. Через 2,5 місяці спостерігалася вірогідне гальмування ростових процесів кореневих систем у всіх варіантах вирощування рослин на фосфогіпсі. На ріст надземних частин рослин та накопичення біомаси вірогідного впливу за умов використання дренажних шарів з піску або гравію не спостерігалася, хоча наприкінці дослідів простежувалася тенденція до зниження цих показників. Варто також звернути увагу на появу хлорозу листків у рослин, які вирощуються на фосфогіпсі незалежно від використаного покриття родючим ґрунтом.

Таблиця 2

### Вплив ґрунтового покриття на ріст проростків деревних рослин на фосфогіпсі

Варіанти дослідів	Вік проростків, міс.	Надземна частина			Кореневі системи		
		Довжина, см	Сира маса, г	Суха маса, г	Довжина, см	Сира маса, г	Суха маса, г
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Маслинка вузьколиста (Eleagnus angustifolia L.)</i>							
Чорнозем (контроль)	1	3,3 ± 0,1	3,64 ± 0,02	0,09 ± 0,01	3,6 ± 0,2	0,11 ± 0,01	0,05 ± 0,01
	2,5	9,8 ± 0,4	1,15 ± 0,06	0,75 ± 0,07	10,0 ± 1,1	0,43 ± 0,01	0,15 ± 0,02
Фосфогіпс	1	Усі рослини загинули					
	2,5	Усі рослини загинули					

	1	2	3	4	5	6	7	8
Фосфогіпс + чорнозем	1	3,2 ± 0,1	0,76 ± 0,05	0,10 ± 0,02	0,9 ± 0,2*	0,12 ± 0,01	0,05 ± 0,01	
	2,5	10,6 ± 1,2	1,14 ± 0,05	0,09 ± 0,01	8,1 ± 0,5	0,44 ± 0,03	0,32 ± 0,02	
Фосфогіпс + пісок + чорнозем	1	3,1 ± 0,3	0,72 ± 0,03	0,95 ± 0,09	3,1 ± 0,4*	0,12 ± 0,01	0,06 ± 0,01	
	2,5	11,4 ± 0,7	1,35 ± 0,14	1,02 ± 0,10	6,3 ± 0,8*	0,44 ± 0,02	0,32 ± 0,04	
Фосфогіпс + гравій + чорнозем	1	3,1 ± 0,1	0,68 ± 0,02	0,10 ± 0,01	1,7 ± 0,2	0,09 ± 0,01-	0,04 ± 0,01	
	2,5	9,0 ± 1,2	0,96 ± 0,07	0,81 ± 0,08	6,9 ± 1,0*	0,42 ± 0,03	0,09 ± 0,01	
<b>Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)</b>								
Чорнозем (контроль)	1	4,1 ± 0,1	0,98 ± 0,01	0,14 ± 0,01	2,7 ± 0,5	0,17 ± 0,02	0,07 ± 0,01	
	2,5	6,9 ± 0,3	2,35 ± 0,06	0,75 ± 0,06	8,1 ± 0,6	0,65 ± 0,02	0,15 ± 0,02	
Фосфогіпс	1	Усі рослини загинули						
	2,5	Усі рослини загинули						
Фосфогіпс + чорнозем	1	3,5 ± 0,2*	0,76 ± 0,02*	0,11 ± 0,01	4,1 ± 0,4	0,71 ± 0,03	0,12 ± 0,01	
	2,5	8,7 ± 0,9	3,74 ± 0,22*	1,15 ± 0,09*	9,7 ± 0,8	1,41 ± 0,09*	0,35 ± 0,02*	
Фосфогіпс + пісок + чорнозем	1	4,2 ± 0,4	1,17 ± 0,06*	0,15 ± 0,02	4,4 ± 0,5	0,56 ± 0,02	0,011 ± 0,01	
	2,5	8,8 ± 1,0	3,44 ± 0,29*	1,02 ± 0,10	9,2 ± 1,2	1,28 ± 0,17*	0,32 ± 0,04*	
Фосфогіпс + гравій + чорнозем	1	4,3 ± 0,1	1,13 ± 0,04*	0,13 ± 0,01	2,8 ± 0,4	0,69 ± 0,07	0,013 ± 0,02	
	2,5	7,2 ± 0,6	3,55 ± 0,36*	1,01 ± 0,08*	13,2 ± 0,8*	1,51 ± 0,10*	0,35 ± 0,01*	

\* Різниця між значеннями вірогідна за рівнем значущості 0,05.

Аналіз результатів впливу ґрунтового покриття на ростові процеси проростків робінії звичайної свідчить про більш значний ступінь дії токсичних речовин, що потрапляють з фосфогіпсу у ґрунт, на їхні проростки, ніж у маслинка вузьколистої. Так, через 1 місяць після посадки на ґрунт ріст проростків робінії звичайної у варіанті з покриттям фосфогіпсу родючим ґрунтом без дренажних шарів достовірно

пригнічувався. Довжина надземної частини знижується на 14,6 %, сира маса – на 22,4 %, суха маса – на 21,4 % порівняно з контрольними рослинами, що ростуть на чорноземі. Ріст кореневих систем у місячних проростків не відрізняється достовірно від відповідного показника контрольних рослин. У віці 2,5 місяці довжина надземної частини проростків у всіх дослідних варіантах не відрізняється від контролю. Ріст кореневих систем та накопичення біомаси проростками достовірно перевищували відповідні показники рослин, вирощуваних на чорноземі. Оскільки робінія звичайна є кальцієфілом, то це, імовірно, можна пояснити саме підвищенням вмісту кальцію в ґрунті, який потрапляє в неї з фосфогіпсу.

Ще через 5 днів у всіх рослин, які зростали на фосфогіпсі, кореневі системи доростали до фосфогіпсу, що сприяє поглинанню та накопиченню токсичних речовин рослинами. Внаслідок відбувається майже повна дефоліація проростків і вони гинуть.

## ВИСНОВКИ

1. Фосфогіпс містить значну кількість токсичних для рослин сполук (іони кадмію, барію, стронцію, фтору тощо), що спричиняло їхню загибель за висаджування на породі без нанесення покривного родючого субстрату.

2. Нормальний розвиток деревних рослин на відвалах фосфогіпсу можливий тільки за умови росту їхніх кореневих систем у родючій покривній ґрунтовій суміші з використанням дренажних шарів з гравію або піску.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Epifanov, L. S., Solodkika, L. L., Razdorskih, L. M., Gluhova, T. Yu., 1985. Pererabotka fosfogipsa na izvest i sernuyu kislotu – odno iz napravleniy sozdaniya ekologicheski bezvrednogo proizvodstva EFK [Processing of phosphogipse on a lime and sulphuric acid – one of directions of creation ecologically of harmless production of extraction phosphoric acid]. Problems of production extraction phosphoric acid and conservancy. NIUF, Moscow, 128–129 (in Russian).
- Grigoryuk, I. P., Yavorovskiy, P. P., Lykholat, Y. V., 2014. Tehnologiyi viroschuvannya i bioregulyatsiya stiykosti gazonnyh roslin u miskomu urbanizovanomu seredovyschi [Growing technology and bioregulation of the sustainability of lawn plants in the urban environment]. NUBIP Ukrainy, Kyiv (in Ukrainian).
- Halahan, T. I., 2015. Hirnychotekhnichnyy etap rekultyvatsiyi porushenykh zemel' ta yoho ekolohe-ekonomichna otsinka [The theoretical and methodological direction of the strategy of land reclamation]. Gruntoznavstvo 16(3-4), 77–82 (in Ukrainian).
- Kobozev, V. V., Kuzmich, L. A., Chetverik, A. P., 1985. O vozmozhnosti ispolzovaniya fosfogipsa dlya melioratsii zasolennyih pochv [About possibility of the use of phosphogipsea for land-reclamation of in salt soils]. Problems of production extraction phosphoric acid and conservancy. NIUF, Moscow, 128–129 (in Russian).
- Kul'bachko, Y. L., Didur, O. O., Loza, I. M., Pakhomov, O. E., Bezrodnova, O. V., 2015. Environmental aspects of the effect of earthworm (Lumbricidae, Oligochaeta) tropho-metabolic activity on the pH buffering capacity of remediated soil (Steppe zone, Ukraine). Biology Bulletin 42(10), 899–904.
- Kul'bachko, Yu., Loza, I., Pakhomov, O., Didur, O., 2011. The Zooecological Remediation of Technogen Faulted Soil in the Industrial Region of the Ukraine Steppe Zone. In: Mohamed Behnassi, Shabbir A. Shahid, Joyce D'Silva (eds.) Sustainable Agricultural Development: Recent Approaches in Resources Management and Environmentally-Balanced Production Enhancement. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 115–123.
- Loza, I., Kul'bachko, Yu., Didur, O., Kryuchkova, A., 2016. Environmental role of earthworm (Lumbricidae) in formation of soil buffering capacity against copper contamination in remediated soil, Steppe zone of Ukraine. In: M. L. Larramendy, S. Soloneski (eds.) Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions. Publisher: Intech, 277–287.
- Lykholat, Y. V., 1999. Ekologo-fiziologichni osoblivosti bagatorichnyh dernoutvoryuyuchykh zlakiv tehnogennykh teritoriy [Ecological and physiological characteristics of perennial turf grasses technogenic territories]. Publishing house of

- Dnipropetrovsk University, Dnepropetrovsk (in Ukrainian).
- Lykholat, Y. V., Grigoryuk, I. P., 2005. Viktorystannya dernoutvoryuyuchih trav dlya dlagnostyky rivnya zabrudnennya navkolyshnogo seredovyscha vazhkymy metalamy [The use of sod forming grasses to diagnose the level of environmental pollution by heavy metals]. Proceedings of the National Academy of Sciences of Ukraine 8, 196–200 (in Ukrainian).
- Lykholat, Y. V., Khromyk, N. O., Ivan'ko, I. A., Matyuha, V. L., Kravets, S. S., Didur, O. O., Alekseeva, A. A., Shupranova, L. V., 2017. Otsinka i prognos invazyynosti deyakyh adventyvnyh roslyn za vplyvu klimatychnyh zmin u stepovomu Prydniprov'yi [Evaluation and prediction of invasion of some adventive plants on the impact of climate change in the Dnieper steppe region]. Biosyst. Divers. 25(1), 52–59 (in Ukrainian).
- Lykholat, Y., Khromyk, N., Ivan'ko, I., Kovalenko, I., Shupranova, L., Kharytonov, M., 2016. Metabolic responses of steppe forest trees to altirude-associated local environmental changes. Agriculture & Forestry 62(2), Podgorica, 163–171.
- Malceva, I. M., Yudavicheva, O. A., 1985. Proizvodstvo ekstraktsionnoy fosfornoy kisloty i ohrana okruzhayushey sredy [Production of extraction phosphoric acid and guard of environment]. Problems of production extraction phosphoric acid and conservancy. NIUF, Moscow, 52–53 (in Russian).
- Mitsik, L. P., Lykholat, Y. V., 1997. Dernoviy pokryv tehnogennyh terytoriy [Sod cover of technogenic territories]. DSU, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Prysedskiy, Ju. H., 1999. Statystychna obrobka rezultativ biolohichnykh eksperymentiv [Statistical treatment of results of biological experiments]. Kassyopeja, Donetsk (in Ukrainian).
- Prysedskiy, Ju. H., 2005. Paket prohram dlja provedennja statystychnoi obrobky rezultativ biolohichnykh eksperymentiv [A package of softwares for realization of statistical treatment of results of biological experiments]. DonNU, Donetsk (in Ukrainian).
- Sally, B., Chuck, H., 2003. Using biosolids for reclamation/remediation of disturbed soils. – 23 p.
- Using biosolids for reclamation and remediation of disturbed soils, 2002. Prepared by the Center for Urban Horticulture, University of Washington U.S. Environmental Protection Agency. 30 p.
- Uzbek, I. Kh., 2015. Deyaki vlastivosti tehnogennih ekosistem stepovogo Pridniprova [Some properties of man-made dnieper steppe ecosystems]. Gruntoznavstvo 16 (3–4), 60–67 (in Ukrainian).
- Zverkovs'kyj, V. M., Zubkova, O. S., 2015. Zminy fizychnykh i khimichnykh vlastyvostej shaxtnykh porid ta shtuchnykh gruntiv pid vplyvom dovgotryvaloyi rekultyvatsiyi [Dynamics of mine rocks and artificial soils physical and chemical characteristics under the impact of long-term reclamation]. Gruntoznavstvo 16 (3–4), 58–75 (in Ukrainian).
- Zverkovs'kyj V. M., Zubkova O. S. 2016. Zminy ahrokhimichnykh vlastyvostey shakhtnykh porid ta shtuchnykh gruntiv pid vplyvom dovhotryvaloyi rekultyvatsiyi [Dynamics of mine rocks and artificial soils agrochemical characteristics under the impact of long-term reclamation]. Gruntoznavstvo 17 (1–2), 83–89 (in Ukrainian).

*Стаття надійшла в редакцію: 18.03.2017*