

---

# LAND RECLAMATION

---

---



V. M. Zverkovsky  Dr. Sci. (Biol.), Professor  
O. S. Zubkova

UDK 581.5(477.56)

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

---

## DYNAMICS OF MINE ROCKS AND ARTIFICIAL SOILS PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS UNDER THE IMPACT OF LONG-TERM RECLAMATION

**Abstract.** The physicochemical characteristics of mine rocks and artificial soils of forest recultivation plot № 1 of «Pavlohradska» main were studied. The absorbed moisture, maximal absorbed moisture, volume weight, unit weight, porosity of soils, content of water-soluble elements, pH of soils' solutions, salinity and wilting point of plants were described. The dynamics of mine rocks and artificial soils physicochemical characteristics, which have an influence on forests suitability and silvicultural effect, gradually changing due to long-term reclamation, were ascertained.

Variants of artificial soils, created on the experimental forest recultivation plot, have qualitative differences from natural etalon soils, disturbed destructive soils and differences between themselves.


During the creation of various soil constructions at the technical stage of recultivation it is often not taken into account the possible distant consequences that arise in connection with the dynamic features of the climate, topography, lithology, hydrology and other indicators of technogenic landscapes. Due to the functioning of these soil constructions on the biological stage of recultivation there are significant changes in physical properties and processes, occurring in the remediation root layer, therefore the monitoring of pedogenesis and evolution of these structures becomes relevant. Tehnozems, formed during reclamation process, are significantly different from zonal soils in the level of fertility (trophicity), physical, water-physical, agrochemical and other important ecosystem indicators. Spatial variability of artificial soils properties leads to a diversity of ecological conditions of mikrobocenosis, phytocenosis and zoocenosis functioning on the recultivation plots.

The most important properties for evaluation of the prospects of ways and methods of mine dumps forest reclamation are the following physico-chemical parameters of mine rock and artificial soils as the actual acidity, content of water-soluble salts and humus, fraction composition of the clay fraction, mechanical (granulometric) composition, water-physical properties within a recultivation layer.

The aim of the research is investigation of the dynamics of physico-chemical properties and forests suitability of bulk substrates on the forest recultivation plot № 1 of «Pavlohradska» main, with area of 3.2 hectares, where different constructions of forest plantations are being tested since 1976 on the different versions of artificial soils. The novelty of the work is that the findings substantiate the environmental assessment of artificial soils properties dynamics under influence of the long-term biological remediation.

Over a long period of reclamation an acidity of main rock remains exceeding because of high sulphates content (up to 3,1 %). Salinity of substrates, contacting with main rock, decreased by 14–22 %

---

 Tel.: +38095-330-84-92, e-mail: zverkovsky@yahoo.com

DOI: 10.15421/041519

in comparison with an initial salinity due to water-soluble salts migration and reclamation influence of experimental forest cultures.

Bulk soil constructions on mine dumps of the forest recultivation plot in the steppe conditions can be attributed to humus-accumulative tehnozems with gradually increasing silvicultural effect.

**Key words:** reclamation, recultivation, main rock, artificial soils, physicochemical characteristics.

УДК 581.5(477.56)

**В. Н. Зверковський** д-р биол. наук, проф.  
**Е. С. Зубкова**

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,  
просп. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010,  
тел.: +38095-330-84-92, e-mail: zverkovsky@yahoo.com*

### **ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШАХТНОЙ ПОРОДЫ И ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

**Аннотация.** Исследованы физические и химические свойства шахтной породы и искусственных почв участка лесной рекультивации № 1 шахты «Павлоградская»: гигроскопическая влага почвы, максимальная гигроскопическая влага, влажность завядания растений, объемный вес почвы, удельный вес почвы, пористость, рН почвенного раствора, содержание водорастворимых элементов и степень засоления.

Определена динамика физических и химических свойств шахтных пород и искусственных почво-грунтов, влияющая на их лесопригодность и лесорастительный эффект, которые постепенно изменяются вследствие длительных рекультивационных мероприятий.

**Ключевые слова:** рекультивация, шахтная порода, искусственные почво-грунты, физико-химические свойства.

УДК 581.5(477.56)

**В. М. Зверковський** д-р біол. наук, проф.  
**О. С. Зубкова**

*<sup>1</sup>Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,  
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,  
тел.: +38095-330-84-92, e-mail: zverkovsky@yahoo.com*

### **ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ І ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАХТНИХ ПОРІД ТА ШТУЧНИХ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ДОВГОТРИВАЛОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ**

**Анотація.** Досліджено фізичні та хімічні властивості шахтних порід і штучних ґрунтів ділянки лісової рекультивції № 1 шахти «Павлоградська». Охарактеризовано гігроскопічну вологу ґрунту, максимальну гігроскопічну вологу, вологість в'янення рослин, об'ємну масу ґрунту, питому масу, порізність, рН ґрунтового розчину, вміст водорозчинних елементів та засоленість.

Встановлено зміни фізичних та хімічних властивостей шахтних порід і штучних ґрунтів, що впливають на лісопридатність і лісорослинний ефект, які проявляються внаслідок довготривалих рекультивацийних заходів.

**Ключові слова:** рекультивация, шахтна порода, штучні ґрунти, фізико-хімічні властивості.

## **ВСТУП**

При освоєнні порушених земель виникає проблема забезпечення прогресивного розвитку штучних біогеоценозів, до важливих компонентів яких відносять ґрунти.

При створенні різних ґрунтових конструкцій на технічному етапі рекультивції земель часто не враховуються можливі віддалені наслідки, які виникають у зв'язку з особливостями клімату, рельєфу, літології, гідрології та інших показників

техногенних ландшафтів (Travleev et al., 1984; Grytsan, 2000). У результаті функціонування цих конструкцій на біологічному етапі рекультивації до фізичного вивітрювання шахтних порід додається потужний біогенний фактор первинного ґрунтоутворення, відбуваються значні зміни фізичних властивостей та процесів, які протікають у рекультиваційному кореневому шарі, тому набуває актуальності моніторинг процесів розвитку та еволюції таких конструкцій (Zverkovskiy, 1977; Didukh et al., 2008). Техноземи, які сформовані в процесі рекультивації, значно відрізняються від зональних ґрунтів рівнем родючості (трофністю), фізичними, водно-фізичними, агрохімічними та іншими екосистемно важливими показниками (Travleev et al., 1984; Androchanov et al., 2000). Просторова мінливість штучних ґрунтів призводить до строкатості екологічних умов функціонування мікробо-, фіто- і зооценозу на ділянках рекультивації (Eterevskaia, 1989).

Незважаючи на наявність багатьох публікацій, присвячених техноземам, їх водно-фізичні та фізико-хімічні властивості ще недостатньо вивчені, адже саме вони є критерієм розвитку штучних ґрунтів, їх еволюційних змін. Тому виникає нагальна потреба в дослідженні водно-фізичних та фізико-хімічних показників, в аналізі їх сучасного стану, просторової і часової динаміки на стаціонарних ділянках рекультивації, що важливо для прогнозування їх подальшого еволюційного розвитку (Travleev et al., 2005).

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились на ділянці лісової рекультивації № 1 породного відвалу вугільної шахти «Павлоградська» (рисунки), де з 1976 року випробовуються різні варіанти рекультиваційного шару та конструкції деревних і чагарникових насаджень. Проби для досліджень відбиралися в липні 2015 р. в 4 розрізах на варіантах штучних ґрунтів в насажденні клена гостролистого.

Для з'ясування фізичних та хімічних властивостей штучних ґрунтів визначали: гігроскопічну вологу, максимальну гігроскопічну вологу, об'ємну вагу, питому вагу, порізність, вміст водорозчинних елементів, засоленість та рН ґрунтового розчину.

Максимальну гігроскопічність ґрунту визначали адсорбційним методом (Vadjunina, Korchagina, 1986), вологість в'янення розраховували, приймаючи перевідний коефіцієнт 1,50; об'ємну масу (щільність) – методом парафінування, оцінку щільності – за класифікацією Н. А. Качинського (Kachinskiy, 1970). Щільність твердої фази ґрунту визначали за допомогою пікнометричного методу, величину загальної пористості – за даними загальної щільності та щільності твердої фази ґрунту.

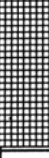


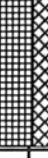
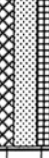
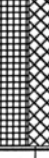











Визначення вмісту водорозчинних елементів ґрунтової витяжки проводили за Є. В. Аринушкіною (Arinushkina, 1970): сульфат-іони – за допомогою метода фотоколориметрування водної витяжки ґрунту, хлорид-іони – за аргентометричним методом Мора, карбонат-іони,  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  – методом титрування,  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  – за полум'яно-фотометричним методом. Водна витяжка ґрунту була отримана за допомогою центрифугування, вимірювання рН здійснювалося на потенціометрі «рН-340».

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЮВАННЯ

ґрунту властиві об'ємні та поверхневі переміщення води. Одні пов'язані з транзитною системою капілярних пор, інші – з гігроскопічністю твердої фази, яка зумовлює товщину водних плівок та їхню щільність. Товщина гідратних оболонок залежить від гранулометричного складу, відносної вологості повітря та мінералогічного складу ґрунту (Rode, 1965; Dragan, 2012).

На різних варіантах штучних ґрунтів ділянки лісової рекультивації вміст гігроскопічної вологи по профілю ґрунту неоднаковий і коливається у значних межах: чорноземні ґрунти – від  $4,02 \pm 0,05$  до  $4,99 \pm 0,07$  %, суглинки – від  $3,25 \pm 0,06$  до  $3,52 \pm 0,11$  %, пісок – від  $0,85 \pm 0,05$  до  $1,49 \pm 0,08$  %, шахтна порода – від  $3,74 \pm 0,12$  до  $4,05 \pm 0,13$  %.

**Схема досліду на ділянці лісової рекультивації №1**

Варіант	Стратиграфія верхніх шарів		Маслинка вужколиста	Сосна кримська	Смородина золотиста	Дуб звичайний	Карагана дерев'яниста	В'яз низький	Клен татарський	Скумпія	Бирючина звичайна	Аронія чорноплідна	Верба вавилонська	Клен гостролистий	Ліловець Віргінський	Береза бородячата	Акація біла	Тополя Болле	
	Назва	Позначення																	Потуж. шару
I	порода		2.0м																
	суглинок		0.5м																
II	пісок		0.5м																
	порода		1.0м																
a	чорнозем		0.5м																
	пісок		0.5м																
III	порода		1.0м																
	чорнозем		0.5м																
b	суглинок		0.5м																
	пісок		0.5м																
IV	порода		0.5м																
	чорнозем		0.5м																
V	пісок		1.0м																
	суглинок		0.5м																
VI	чорнозем		0.5м																
	пісок		0.5м																
VII	суглинок		1.0м																

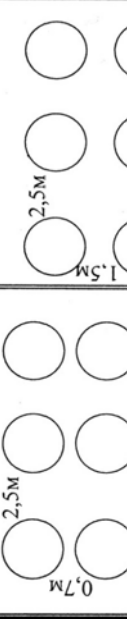
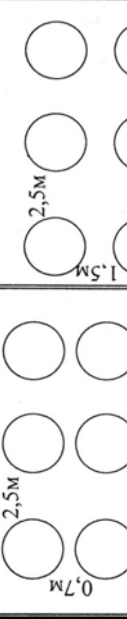
<b>Схема розміщення посадкових міст</b>	
<b>Маслинка вужколиста</b>	<b>Тополя Болле</b>
	

Схема багаторічного досліду на ділянці лісової рекультивації породного відвалу шахти «Павлоградська» (площа 3,2 га)

На відміну від гігроскопічної вологи, на яку впливає варіація зовнішніх факторів, максимальна гігроскопічна волога є більш сталим показником, який залежить від дисперсності, гранулометричного складу та питомої поверхні механічних елементів ґрунту (Kachinskiy, 1970). З максимальною гігроскопічною вологою ґрунту тісно корелюють міцелярна пористість первинних елементів (Didukh, 2008), його глинистість, волога в'янення рослин та інші гідрологічні властивості ґрунту. Встановлено, що значення максимальної гігроскопічної вологи коливається в межах: чорноземні ґрунти – від  $6,19 \pm 0,06$  до  $7,54 \pm 0,06$  %, суглинок – від  $5,96 \pm 0,05$  до  $6,07 \pm 0,010$  %, пісок – від  $1,76 \pm 0,06$  до  $2,75 \pm 0,10$  %, шахтна порода – від  $5,62 \pm 0,02$  до  $5,99 \pm 0,08$  %.

Різні за природою фізичні явища та процеси впливають на гігроскопічну вологу та максимальну гігроскопічну вологу ґрунтів. Ці категорії води недоступні для рослин, оскільки їхнє переміщення в ґрунті відбувається у вигляді пари. За величиною максимальної гігроскопічної вологи обчислюють величину вологості в'янення рослин (Rode, 1965; Dragan, 2012) – це вологість ґрунту, при якій рослинні організми починають виявляти ознаки зів'янення, які не зникають навіть тоді, коли рослину переміщують в атмосферу, насичену водяною парою. Величина вологості в'янення залежить від гранулометричного складу ґрунту. Встановлено, що порушені ґрунти мають високі значення вологості в'янення, що значно зменшує діапазон активної вологи ґрунту. Так, значення вологості в'янення у шахтній породі коливається від  $8,43 \pm 0,03$  до  $8,97 \pm 0,10$  %, у суглинистих ґрунтах –  $8,95 \pm 0,07$  до  $9,12 \pm 0,09$  %, у чорноземах – від  $9,29 \pm 0,08$  до  $11,61 \pm 0,11$  %, у піщаних від –  $2,64 \pm 0,08$  до  $4,31 \pm 0,14$  % (табл. 1).

Питома маса ґрунту (щільність твердої фази) — це маса в грамах  $1 \text{ cm}^3$  сухого ґрунту, тобто ґрунту без пор, води і повітря. Питома вага ґрунту залежить від мінерального складу ґрунту та кількості в ньому органічної речовини і коливається в межах від 2,3 до 2,9.

Значення питомої маси для насипних ґрунтів: чорнозем – від  $2,30 \pm 0,01$  до  $2,46 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$ , суглинок – від  $2,34 \pm 0,01$  до  $2,74 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$ , пісок – від  $2,57 \pm 0,04$  до  $2,86 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$ , шахтна порода – від  $2,29 \pm 0,02$  до  $2,48 \pm 0,02 \text{ г/см}^3$ .

На відміну від щільності твердої фази, при визначенні об'ємної маси ґрунту враховують об'єм з усіма порами, тому показники об'ємної маси будуть завжди менші від показників щільності твердої фази одного й того ж ґрунту. На величину об'ємної маси впливає мінералогічний та гранулометричний склад ґрунту, вміст органічної речовини, структурність, а також складення (Dragan, 2012).

Величина об'ємної маси змінюється у штучних ґрунтах у межах: чорноземи – від  $1,25 \pm 0,02$  до  $1,66 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$ , суглинок – від  $1,83 \pm 0,04$  до  $1,9 \pm 0,03 \text{ г/см}^3$ , пісок – від  $1,33 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$  до  $1,87 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$ , шахтна порода – від  $1,48 \pm 0,03$  до  $1,77 \pm 0,07 \text{ г/см}^3$ .

Величина питомої і об'ємної маси ґрунту необхідна для обчислення пористості ґрунту. Пористість (шпаруватість) ґрунту – це сумарний об'єм усіх пор між частинками твердої фази ґрунту. Пористість залежить від гранулометричного складу, структурності, вмісту органічної речовини. Пористість ґрунту забезпечує пересування води в ґрунті, водопроникність і водопідйомну здатність, вологоємність і вміст газової фази. За загальною пористістю можна судити про ступінь ущільнення орного шару ґрунту. Від пористості в значній мірі залежить родючість ґрунтів.

Пористість штучних ґрунтів ділянки рекультивації: чорнозем – від  $28,00 \pm 2,78$  до  $45,82 \pm 2,27$  %, суглинок – від  $18,63 \pm 1,11$  до  $33,05 \pm 2,57$  %, пісок – від  $27,40 \pm 2,50$  до  $50,39 \pm 0,57$  %, шахтна порода – від  $28,67 \pm 3,06$  до  $35,60 \pm 0,53$  %. Більшими показниками пористості відзначаються III і IV варіант, меншими II і I варіант.

Аналіз вмісту водорозчинних сполук шахтних порід і штучних ґрунтів (табл. 2) свідчить, що найбільшим показником засоленості характеризуються шахтні породи – від 0,80 до 0,82 %. Для суглинистого ґрунту засолення коливається від 0,20 до 0,24 %, для чорнозему від 0,22 до 0,40 %, для піску від 0,13 до 0,44 %. Пісок на II і III варіанті, як видно з таблиці, не засолений, засолення піску на IV варіанті можна пояснити вертикальною міграцією солей по профілю.

Таблиця 1

Фізичні властивості шахтної породи і штучних ґрунтів ділянки лісової рекультивациї (відвал шахти Павлоградська)

Варіант та глибина профілю, см	Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3			Варіант 4				
	P <sub>1</sub> 0–20 см	P <sub>2</sub> 20–60 см	P <sub>1</sub> 0–12 см	P <sub>2</sub> 12–62 см	P <sub>3</sub> 62–110 см	H <sub>1</sub> 0–17 см	H <sub>2</sub> 17–55 см	P <sub>1</sub> 55–105 см	H <sub>1</sub> 0–17 см	H <sub>2</sub> 17–43 см	H <sub>3</sub> 42–61 см	P <sub>1</sub> 61–110 см	P <sub>2</sub> 110–150 см	
Об'ємна маса, г/см <sup>3</sup>	1,48±0,03	1,77±0,07	1,9±0,03	1,83±0,04	1,33±0,05	1,25±0,02	1,62±0,03	1,87±0,04	1,53±0,04	1,51±0,05	1,66±0,04	1,62±0,04	1,74±0,01	
Питома маса, г/см <sup>3</sup>	2,29±0,02	2,48±0,02	2,34±0,01	2,74±0,05	2,67±0,06	2,30±0,05	2,46±0,01	2,57±0,04	2,30±0,01	2,36±0,02	2,31±0,04	2,86±0,04	2,61±0,04	
Пористість, %	35,60±0,53	28,67±3,06	18,63±1,11	33,05±2,57	50,39±0,57	45,82±2,27	34,35±1,29	27,40±2,50	33,56±1,09	36,24±1,37	28,00±2,78	43,33±2,20	33,38±0,96	
Вологість в'янення рослин, %	8,43±0,03	8,97±0,10	8,95±0,07	9,12±0,09	3,59±0,05	9,29±0,08	10,95±0,05	2,64±0,08	11,31±0,08	11,61±0,11	11,22±0,08	4,13±0,14	3,21±0,13	
МГВ, %	5,62±0,02	5,99±0,08	5,96±0,05	6,07±0,10	2,39±0,04	6,19±0,06	7,3±0,04	1,76±0,06	7,54±0,06	7,73±0,08	7,48±0,07	2,75±0,10	2,14±0,10	
ГВ, %	4,05±0,13	3,74±0,12	3,52±0,11	3,25±0,06	1,27±0,06	4,02±0,05	4,98±0,08	0,85±0,05	4,88±0,06	4,99±0,07	4,66±0,06	1,49±0,08	1,37±0,05	
Гранулометричний склад	шахтна порода	шахтна порода	суглинок	суглинок	пісок	суглинистий чорнозем	суглинистий чорнозем	пісок	суглинистий чорнозем	суглинистий чорнозем	суглинистий чорнозем	пісок	пісок	

Примітка: ГВ – гігроскопічна волога; МГВ – максимальна гігроскопічна волога.

Таблиця 2

№ проби	Горизонт	% / мг-екв										Сухий залишок, %	pH
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>					
1	Варіант 1	-	0,022	0,460	0,002	0,012	0,196	0,061	0,80	3,4			
	P <sub>1</sub> 0–20 см	-	0,06	9,55	0,08	0,31	8,80	0,50					
2	Варіант 1	-	0,004	0,540	0,002	0,015	0,215	0,012	0,82	3,6			
	P <sub>2</sub> 20–60 см	-	0,10	11,2	0,08	0,40	9,50	1,00					
3	Варіант 2	0,019	0,006	0,085	0,002	0,018	0,028	0,007	0,20	7,26			
	P <sub>1</sub> 0–12 см	0,32	0,16	1,80	0,08	0,45	1,40	0,65					
4	Варіант 2	0,050	0,005	0,100	0,002	0,010	0,035	0,006	0,24	7,8			
	P <sub>2</sub> 12–62 см	0,80	0,15	2,01	0,08	0,25	1,75	0,53					
5	Варіант 2	0,018	0,006	0,055	0,002	0,004	0,024	0,004	0,13	6,15			
	P <sub>3</sub> 62–110 см	0,30	0,16	1,15	0,08	0,10	1,20	0,35					
6	Варіант 3	0,051	0,007	0,071	0,009	0,008	0,036	0,007	0,22	6,34			
	H <sub>1</sub> 0–17 см	0,85	0,21	1,47	0,37	0,20	1,80	0,60					
7	Варіант 3	0,020	0,008	0,200	0,020	0,018	0,048	0,019	0,38	7,5			
	H <sub>2</sub> 17–55 см	0,33	0,23	4,1	0,87	0,30	2,30	1,50					
8	Варіант 3	0,018	0,003	0,105	0,017	0,006	0,030	0,006	0,21	6,4			
	P <sub>1</sub> 55–105 см	0,3	0,08	2,20	0,75	0,15	1,50	0,50					
9	Варіант 4	0,027	0,042	0,085	0,009	0,009	0,037	0,004	0,25	7,2			
	H <sub>1</sub> 0–17 см	0,44	1,2	1,8	0,37	0,22	1,85	0,30					
10	Варіант 4	0,043	0,059	0,183	0,067	0,016	0,036	0,007	0,40	7,4			
	H <sub>2</sub> 17–43 см	0,70	1,7	3,81	2,90	0,40	1,80	0,55					
11	Варіант 4	0,024	0,049	0,158	0,060	0,020	0,030	0,006	0,37	7,2			
	H <sub>3</sub> 42–61 см	0,40	1,4	3,30	2,60	0,50	1,50	0,50					
12	Варіант 4	0,011	0,046	0,202	0,062	0,012	0,032	0,005	0,44	8,6			
	P <sub>1</sub> 61–110 см	0,18	1,3	4,2	2,70	0,30	1,60	0,4					
13	Варіант 4	0,012	0,049	0,134	0,058	0,008	0,024	0,004	0,30	7,9			
	P <sub>2</sub> 110–150 см	0,20	1,40	2,80	2,50	0,20	1,20	0,30					

За якісним складом аніонів (Rukovodstvo..., 1973) на I, II, III варіантах присутнє сульфатне засолення, на IV – хлоридно-сульфатне, за якісним складом катіонів на I, II, III варіантах присутнє кальцієво-магнієве засолення, для IV варіанту характерне: для Н<sub>1</sub> – кальцієво-магнієве, для Н<sub>2</sub>, Н<sub>3</sub>, Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub> – кальцієво-натрієве засолення.

За ступенем засоленості (Rukovodstvo..., 1973): I варіант – середньозасолений (0,6–1,0 мг-екв./100 г), II варіант – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), III варіант: Н<sub>1</sub> – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), Н<sub>2</sub> – слабозасолений (0,3–0,6 мг-екв./100 г), Р<sub>1</sub> – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), IV варіант – верхній горизонт Н1 – незасолений (<0,3 мг-екв./100 г), усі інші горизонти слабозасолені (0,3–0,6 мг-екв./100 г).

Реакція ґрунтового розчину рН коливається в межах від 6,15 до 8,6 одиниць рН, окрім першого варіанту, де знаходиться шахтна порода (рН 3,4–3,6).

Розрахунок гіпотетичних токсичних солей показує, що серед них переважають Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2,70 мг-екв./100 г у зразку № 12, 2,60 мг-екв./100 г у зразку № 10, 2,20 мг-екв./100 г у зразку № 11, 1,80 мг-екв./100 г у зразку № 13, 0,75 мг-екв./100 г у зразку № 8, 0,37 мг-екв./100 г у зразку № 9); MgSO<sub>4</sub> (1,26 мг-екв./100 г у зразку № 7, 1,00 мг-екв./100 г у зразку № 2, 0,64 мг-екв./100 г у зразку № 3, 0,50 мг-екв./100 г у зразку № 1, 0,27 мг-екв./100 г у зразку № 6, 0,26 мг-екв./100 г у зразку № 4, 0,17 мг-екв./100 г у зразку № 5), також серед токсичних солей, але в меншій мірі зустрічаються солі: NaHCO<sub>3</sub>, Mg(HCO<sub>3</sub>), NaCl, MgCl<sub>2</sub>.

## ВИСНОВКИ

Створені на експериментальних ділянках лісової рекультивациі варіанти штучних ґрунтів мають значні якісні відмінності із природними еталонними ґрунтами, порушеними деструктивними ґрунтами, а також один з одним.

Максимальна гігроскопічна волога в чорноземах свідчать про їх глинистий гранулометричний склад (Travleev, 1979), що недоцільно в рекультивацийному шарі, оскільки збільшує показники недоступної для рослин вологи.

Величина щільності твердої фази коливається в межах 2,29±0,02 до 2,86±0,04 г/см<sup>3</sup>, в той час, як оптимальні показники значно менші – від 1,9 до 2,45 г/см<sup>3</sup> (Vadjunina, Korchagina, 1986).

Величина об'ємної маси зростає у штучних ґрунтах з глибиною. Надмірні показники об'ємної маси (до 2,86 г/см<sup>3</sup>) характерні для піщаних прошарків, що межують з суглинками.

Порозніть порушених ґрунтів коливається в широких межах. Шахтна порода має загальну порозність від 28,67±3,06 до 35,60±0,53 %, пісок – від 27,40±2,50 до 50,39±0,57 %, суглинок – від 18,63±1,11 до 33,05±2,57 %, чорнозем – від 28,00±2,78 до 45,82±2,27 %, що свідчить про сприятливі для рослин фізичні властивості штучних ґрунтів. Більшими показниками пористості відзначаються III і IV варіант, меншими – II і I варіант. За час рекультивациі пористість збільшилися в верхніх шарах суглинка і чорнозему на 4–6 %, тобто під впливом рекультивациі лісорослинні умови покращуються.

Аналіз вмісту водорозчинних сполук шахтних порід і штучних ґрунтів свідчить, що найбільшим показником засоленості характеризуються шахтні породи – від 0,80 до 0,82 %, тобто вони відносяться до категорії середньозасолених (Rukovodstvo..., 1973). Для суглинного ґрунту засолення коливається від 0,20 до 0,24 %, для чорнозему – від 0,22 до 0,40 %, для піску – від 0,13 до 0,44 %. Пісок на II і III варіанті, як видно з таблиці, не засолений, середнє засолення піску на IV варіанті можна пояснити вертикальною міграцією солей по профілю. Реакція ґрунтового розчину рН коливається в межах від 6,15–8,6 одиниць рН, окрім першого варіанту, де знаходиться шахтна порода (рН 3,4–3,6), надмірно кислий ґрунтовий розчин.

Розрахунок гіпотетичних токсичних солей показує, що серед них переважають Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> у кількостях, що значно перевищують поріг токсичності (Rukovodstvo..., 1973). Також серед токсичних солей, але в меншій мірі зустрічаються солі: NaHCO<sub>3</sub>, Mg(HCO<sub>3</sub>), NaCl, MgCl<sub>2</sub>.



Таким чином, на основі отриманих даних можна зробити висновок про значні відмінності фізико-хімічних властивостей штучних ґрунтів від еталонних. За тривалий період рекультивациі кислотність шахтної породи залишається надмірною у зв'язку з високим вмістом сульфатів (до 3,1 %). Засолення субстратів, що контактують з шахтною породою, зменшилося на 14–22 % порівняно з початковим (Zverkovskiy, 1977; Travleev et al., 1984), що пояснюється як міграцією водорозчинних солей, так і меліоративним (розсолюючим) впливом експериментальних лісових культур.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Androchanov, V. A., Ovsjanikov, S. V., Kurachev, V. M., 2000.** Technoshemy: svoystva, rezhimy, funkcionirovanie [The technoshema: properties, modes, operation], Novosibirsk, Science (in Russian).
- Arinushkina, E. V., 1970.** Rukovodstvo po chimicheskomu analizu pochv [The manual on chemical analysis of soils], Moscow, Moscow University (in Russian).
- Diduch, A. I., Malyuvanyi, M. S., Shpakovskaja, I. M., 2008.** Fyzychny vlastyvyosty ґruntiv u meshach posttechnogenogo landshafta Javorivskogo DGHP "Sirka" [The physical properties of soils within post-technogenic landscape the Yavoriv mining "Sulfur"], Journal of national University "Lviv. Polytechnic", 609, 225–232 (in Ukrainian).
- Dokuchaev, V. V., 1953.** Naschy stepy preshde i teper [Our steppes before and now], Moscow (in Russian).
- Dragan, N. I., 2012.** Parametry riznykh form nedostupnoji vology v sirykh lisovykh lisach [The parameters of the various forms of available moisture in the gray forest soils], Bulletin agrarian science, 2, 20–23 (in Ukrainian).
- Dragan, N. I., Kaminsky, V. F., Velichko, V. A., 2012.** Mikrostruktura sirogo lisovogo ґruntu za riznogo granulometrychnogo skladu ta vykorystannja [The microstructure of the gray forest soil of different granulometric composition and the use], Bulletin agrarian science, 10, 21–25 (in Ukrainian).
- Eterevskaja, L. V., 1989.** Pochvoobrasovanie i recultivacija zemel v technogenykh landshaftach Ukrainy [The soil formation and land reclamation in technogenic landscapes of Ukraine], Dis. on competition the degree of doctor of agricultural sciences: spec. 06.01.03, Kharkov (in Russian).
- Grytsan, Y. I., 2000.** Ekologichni osnovy peretvorujuchogo vplyvu lisovoji roslynosti na stepove seredovysche [The ecological basis of the transformative influence of forest vegetation on the steppe environment], Dnepropetrovsk, DNU (in Ukrainian).
- Kachinskiy, N. A., 1970.** Fizika pothvy. Thast 2. Vodno-fizicheskie svoystva vody [The physics of the soil. Part 2. The water-physical properties and regimes of the soils], Moscow, Higher school (in Russian).
- Rode, A. A., 1965.** Osnovy uthenija o pothvennoy vlage [The basic of the doctrine about a soil moisture], Leningrad, Gidrometeoizdat (in Russian).
- Rukovodstvo po sostavleniju pothvenno-meliorativnogo obosnovanija proectov meliorativnogo stroitelstva i specialnykh kart, 1973** [Guidance on the preparation of the soil-meliorative study of projects of land-reclamation construction and special cards], Moscow, Gipromash (in Russian).
- Travleev, A. P., Bilova, N. P., Zverkovskiy, V. N., 2005.** Teoretychny osnovy lisovoji recultivacii poruschenykh zemel na Zachidnomu Donbase [The theoretical foundations of the forest recultivation of the disturbed lands in the Western Donbas in Dnipropetrovsk region], Gruntoznavstvo, 6, 1-2, 30–34 (in Ukrainian).
- Travleev, A. P., Lyindia, A. G., Zverkovskiy, V. N., 1984.** Fizico-chemicheskie osobennosti schachnykh porod i pothvo-ґruntov uthastka lesnoy recultivacii Zapadnogo Donbassa [Physical and chemical characteristics of mine rock and soil of forest recultivation of the Western Donbass], Biologicheskie features Prisarmarja of forests and their conservation, 2, 12–15 (in Russian).
- Travleev, L. P., Travleev, A. P., 1979.** Sputnic geobotaika po pothvovedeniju i gidrologii [Satellite geobotany on soil science and hydrology], Dnepropetrovsk, DGU (in Russian).
- Vadjunina, A. F., Korchagina, Z. A., 1986.** Metodu isledovania fizicheskih svoystv pothv [The methods of the research of the physical properties of soils], Moscow, Agropromizdat (in Russian).
- Zverkovskiy, V. N., 1977.** Fitotaksithnye soedinenija schachnykh porod v procese lesnoj recultivacii naruschenyeg zemel [Fitotecnica connection the mine rocks in the processes of forest recultivation of disturbed lands], Issues of steppe forestry and forest reclamation, Dnepropetrovsk, 3, 6–12 (in Russian).

*Стаття надійшла в редакцію: 14.10.2015*

*Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. І. Х. Узбек*