



УДК 631.461

## Мікробіота породних відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району за внесення золи

С.В. Кузьмішина, С.О. Гнатуш, А.А. Галушка

*Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна*

Досліджено мікробіоту породного відвалу Центральної збагачувальної фабрики, відвалів вугільних шахт «Візейська» та «Надія» Червоноградського гірничопромислового району. Показано вплив внесення золи із Добротвірської ТЕС до породи відвалів на кислотність субстратів та чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів у лабораторних умовах. Внесення золи у пропорціях зола : порода 1 : 5 сприяє підлученню субстратів відвалів, змінюючи кислотність на 1,25–2,59 одиниці порівняно з вихідними субстратами. Внесення золи до порід відвалів зумовило підвищення чисельності клітин мікроскопічних грибів порівняно з контролями з найвищою кількістю у пробах червоної породи основного відвалу Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ). Без внесення золи найвищу чисельність виявили у пробах, узятих під мохом тераси відвалу шахти «Надія». У більшості проб після внесення золи чисельність клітин безбарвних сіркоокиснювальних нейтрофільних бактерій була удвічі-втричі вищою, ніж у контролях із найвищою кількістю клітин у дослідному зразку під мохом тераси відвалу шахти «Візейська». Для олігонітрофільних бактерій відмітили їх домінування у дослідних пробах із внесенням золи. Чисельність клітин безбарвних сіркоокиснювальних ацидофільних бактерій у контрольних пробах була вищою, ніж у пробах після внесення золи, зокрема в оголених субстратах проб із підніжжя та тераси відвалу шахти «Надія». Для актиноміцетів також виявили помітно вищу кількість у контрольних пробах без внесення золи з найістотношою різницею у 8,6 раза у пробах червоної породи основного відвалу ЦЗФ. У більшості досліджених зразків внесення золи зумовило зниження кількості клітин деструкторів целюлози удвічі порівняно з контролями.

*Ключові слова:* мікроскопічні гриби; олігонітрофільні бактерії; актиноміцети; безбарвні сіркоокиснювальні бактерії

## Microbiota of coal pit waste heaps of Chervonograd Mining Region after coal ash application

S.V. Kuzmishyna, S.O. Hnatush, A.A. Halushka

*Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*

The aim of this work was to determine the impact of addition of coal ash from Dobrotvir TPP to waste heaps gangue (Chervonograd Mining Region) on the number of different groups of microorganisms. 20 samples from three waste heaps, from the black and red gangue, under the mosses and from bare substrate and also from terrace, top and base of each waste heap, were selected. Waste heaps gangues with coal ash from Dobrotvir TPP were mixed in vitro and left for 10 days. We used proportion of coal ash to gangue as 1 to 5. Microorganisms were grown in Petri dishes containing 20–30 ml agar medium and in 22 ml tubes at temperature of 28 °C. Microscopic fungi were revealed on Mash-agar; oligonitrophilic bacteria – on Ashby medium; actinomycetes – on Chapek's medium; cellulose decomposing aerobic bacteria – on Hetchenson medium; colorless sulfur oxidizing bacteria: neutrophilic – on Beyerinck medium, acidophilic – on Silverman and Lundgren 9K medium. The acidity value of waste heaps gangue samples was determined by pH meter pH-150M. We observed that samples collected under the mosses had lower acidity compared to samples from the bare substrate. We also revealed lower acidity of the overburn red gangue than the acidity of freshly deposited black gangue. To sum up, application of coal ash resulted in lowering of acidity value among all samples under study. Coal ash addition led to increase in number of microscopic fungi cells compared to the appropriate control samples. The highest quantity of microscopic fungi ( $16.2 \pm 0.79$ )  $\times 10^5$  CFU/g of gangue) was revealed in sample from red rock of the main waste heap of Central Enrichment Plant (CEP). At the same time, we observed the highest cell number in the control sample under the mosses of "Nadija" coal pit waste heap,  $(6.1 \pm 0.3) \times 10^5$  CFU/g of gangue. After coal ash addition, most samples featured 2–3 times higher quantities of colorless sulfur-oxidizing neutrophilic bacteria cells. The highest cell number of these microorganisms was observed in sample under the mosses of

“Vizejska” coal pit waste heap. The same dominance of oligonitrophilic bacteria cell number in experimental samples over control samples was indicated. The highest cell quantity was recorded for the sample under the moss from terrace of waste heap of “Nadija” coal pit ( $25.6 \pm 1.3$ )  $\times 10^4$  CFU/g of gangue and in sample from red rock of CEP main waste heap ( $21.1 \pm 1.1$ )  $\times 10^4$  CFU/g of gangue, being 43.3 and 31.7 times higher than the appropriate controls. Meanwhile, the number of colorless sulfur-oxidizing acidophilic bacteria in control samples was higher than that after coal ash addition, particularly, on the bare substrate samples from the base and terrace of waste heap of “Nadija” coal pit. Higher cell number in control samples without coal ash was typical for actinomycetes with the greatest difference (8.6 times) before and after coal ash addition in a sample from red rock of CEP main waste heap. We detected 2 times lower number of cellulose-decomposing aerobic bacteria in the majority of experimental samples compared to appropriate control samples under study. In that way, we noticed that addition of coal ash from Dobrotvir TPP to waste heaps gangue (in proportion of coal ash to gangue as 1 to 5) caused reduction of substrate acidity value. Under these conditions the number of colorless sulfur-oxidizing neutrophilic bacteria, oligonitrophilic bacteria and microscopic fungi cells increased. But on the other hand, coal ash addition resulted in lowering of the number of colorless sulfur-oxidizing acidophilic bacteria, actinomycetes, and cellulose-decomposing aerobic bacteria cells.

*Keywords:* microscopic fungi; oligonitrophilic bacteria; actinomycetes; colorless sulfur-oxidizing bacteria

## Вступ

На площі Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну 211 га відведено під відвали порід (Baranov, 2008). Субстрати відвалу Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) мають низьку частку органічних речовин та високий вміст важких металів, характеризуються високою кислотністю, незадовільними агрохімічними та гідрологічними показниками водних стоків (Baranov et al., 2010; Baranov and Knysh, 2007).

Склад мікробіоти породних відвалів залежить від фізико-хімічних характеристик складованої породи (Surridge et al., 2009; Jaroshko, 2013). Мікроорганізми руйнують мінерали, утворюючи кислоти та переводячи зольні елементи у доступні для решти бактерій та вищих рослин форми (Kornujasova and Neverova, 2011). Дослідженнями, проведеними нами раніше, підтверджено домінування мікроскопічних грибів, а також мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми нітрогену, на ініціальній та посттехногенній фазах розвитку екосистем на породних відвалах вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району.

Для поліпшення структури деградованого ґрунту вугільну золу застосовують як поживну домішку, оскільки вона знижує об'ємну щільність і поліпшує водоемність субстрату, оптимізує рівень рН, поліпшує аерацію, містить необхідні макро- та мікроелементи тощо (Kishor et al., 2010). Суміш золи та осаду стічних вод сприяє інтенсифікації мікробного дихання за умови, що вміст золи не перевищує 50% суміші (Wong and Lai, 1996). За даними різних авторів, унесення золи спричинює зміну ферментативної активності ґрунту, а також впливає на співвідношення різних груп мікроорганізмів. Зокрема, внесення низьких доз висококальцієвмісної вугільної золи зумовлює зниження гідролітичної кислотності ґрунту (Gibchyns'ka et al., 2009), викликає збільшення кількості амліолітичних і целюлозолітичних мікроорганізмів (Korostel'jova et al., 2013), метанотрофних бактерій, мікроскопічних грибів і актиноміцетів, а також спричинює підвищення активності інвертази та фосфатаз (Emmerling et al., 2000; Nayak et al., 2014; Singh and Pandey, 2013; Surridge et al., 2009). Однак, за даними інших дослідників (Helstovski et al., 2014), відомо, що внесення золи змінює співвідношення між кількістю бактерій та грибів і зменшує активність дегідрогеназ і фосфатаз, підвищуючи активність уреаз.

Раніше ми встановили, що внесення золи під насадження *Pinus sylvestris* L. і *Betula pendula* L. відвалу ЦЗФ сприяло зниженню кислотності складованої породи та спричинило зміну кількісного співвідношення мікроорганізмів різних груп (Kuzmishyna et al., 2014). Однак відсутні дані про вплив вугільної золи на мікробіоту різних порід відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

Мета дослідження полягала у встановленні впливу внесення золи із Добротвірської ТЕС до породи відвалу ЦЗФ, відвалів шахт «Візейська» та «Надія» на чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів у лабораторних умовах.

## Матеріал і методи досліджень

Аналізували проби із трьох об'єктів: основного відвалу ЦЗФ, відвалів шахт «Візейська» і «Надія». Збір матеріалу проводили з вершини, терас і підніжжя, під мохами (ПМ) та з оголеного субстрату (ОС). Виділяли зразки чорного (неперегоріла порода) та червоного (перегоріла порода) кольорів. Породи відвалів змішували із золою Добротвірської ТЕС у пропорціях зола : порода 1 : 5 та витримували 10 діб. Контролем були проби породи без додавання золи. На живильні середовища висівали розведені розчини узятих із відвалів проб без золи (контрольні зразки) та із золою (дослідні зразки). Інкубували у термостаті за температури 28 °С (Terper et al., 1987). Мікроскопічні гриби виявляли на сусло-агарі, олігонітрофільні бактерії – на середовищі Ешбі, актиноміцети – на середовищі Чапека, целюлозоруйнівні аеробні бактерії – на середовищі Гетченсона, безбарвні сіркоокиснювальні бактерії нейтрофільні – на середовищі Бейеринка, ацидофільні – на середовищі Сільвермана–Люндгрена 9К (Gudz' et al., 2014; Terper et al., 1987). Підрахунок кількості колонієутворювальних одиниць (КУО/г породи) проводили, враховуючи розведення та вологість проб, яку визначали за загальноприйнятою методикою (Terper et al., 1987). Кислотність (рН<sub>вод</sub>) проб порід відвалів визначали електронним рН-метром рН-150М (Arinushkina, 1970).

Для проб визначали основні статистичні показники (середнє арифметичне – М, стандартне відхилення – m, рівні достовірності ознак – σ). Діаграми побудовані з використанням програми Origin 6.1.

## Результати та їх обговорення

Внесення золи до породи відвалів може спричинити зміну кислотності субстрату залежно від співвідношення компонентів. Проведеними дослідженнями було показано, що за внесення золи Добротвірської ТЕС у пропорціях зола : порода 1 : 5 спостерігається зміна кислотності субстратів (табл.). Кислотність проб ( $pH_{\text{вод}}$ ) породних відвалів визначали як у контрольному варіанті, так і за внесення золи із Добротвірської ТЕС. Аналізуючи

показники  $pH$  контрольних проб, установили, що кислотність порід відвалу ЦЗФ вища, ніж кислотність порід відвалів шахт «Візейська» та «Надія». Імовірно, така різниця пояснюється тим, що нині продовжується скидання породи на відвал ЦЗФ, менш інтенсивно процес здійснюється на відвалі шахти «Надія», а відвал шахти «Візейська» не зазнає такого втручання, про що свідчить його більша заселеність рослинами та багатший видовий склад флори (Vaganov et al., 2010; Vaganov, 2008).

Таблиця

**Вплив унесення золи із Добротвірської ТЕС на кислотність субстрату на породному відвалі ЦЗФ, відвалах шахт «Візейська» та «Надія»**

Проба	Місце відбору	$pH_{\text{вод}}$	
		без золи	після внесення золи, 1 : 5
1	ЦЗФ, друга тераса, під мохом	4,61 ± 0,020	6,79 ± 0,120**
2	ЦЗФ, друга тераса, оголений субстрат	4,42 ± 0,005	6,85 ± 0,135**
3	ЦЗФ, чорна порода, основний відвал	3,03 ± 0,015	4,32 ± 0,015***
4	ЦЗФ, червона порода, основний відвал	4,85 ± 0,040	6,94 ± 0,080***
5	ЦЗФ, свіжонасипана порода <sup>1</sup>	2,88 ± 0,005	4,65 ± 0,085***
6	Відвал шахти «Візейська», вершина, під мохом	4,29 ± 0,020	6,81 ± 0,175**
7	Відвал шахти «Візейська», основа, під мохом	4,85 ± 0,030	6,98 ± 0,150**
8	Відвал шахти «Візейська», під мохом	4,56 ± 0,005	6,93 ± 0,055***
9	Відвал шахти «Візейська», вершина, оголений субстрат	3,38 ± 0,010	5,27 ± 0,035***
10	Відвал шахти «Візейська», тераса, під мохом	4,85 ± 0,110	6,10 ± 0,474*
11	Відвал шахти «Візейська», тераса, оголений субстрат	4,15 ± 0,055	6,49 ± 0,110***
12	Відвал шахти «Візейська», основа, оголений субстрат	5,48 ± 0,005	7,01 ± 0,075***
13	Відвал шахти «Надія», тераса, під мохом	5,53 ± 0,065	7,47 ± 0,225**
14	Відвал шахти «Надія», оголений субстрат, червона порода	5,33 ± 0,010	7,65 ± 0,085***
15	Відвал шахти «Надія», вершина, під мохом, чорна порода	5,07 ± 0,120	6,65 ± 0,075***
16	Відвал шахти «Надія», вершина, під мохом, червона порода	5,33 ± 0,040	7,84 ± 0,005***
17	Відвал шахти «Надія», оголений субстрат, чорна порода	4,91 ± 0,020	6,74 ± 0,060***
18	Відвал шахти «Надія», тераса, оголений субстрат	3,74 ± 0,020	5,82 ± 0,230**
19	Відвал шахти «Надія», підніжжя, під мохом	5,21 ± 0,140	7,70 ± 0,030**
20	Відвал шахти «Надія», підніжжя, оголений субстрат	3,95 ± 0,040	6,54 ± 0,050***
Зола	Добротвірська ТЕС	8,70 ± 0,065	
dH <sub>2</sub> O	–	5,62 ± 0,015	

Примітки: <sup>1</sup> – порода насипана у 2013 році; \* –  $P < 0,05$ , \*\* –  $P < 0,01$ , \*\*\* –  $P < 0,001$  – вірогідність зміни порівняно з контролем;  $n = 5$ .

Найвищою кислотністю характеризуються проби чорної та свіжонасипаної порід ЦЗФ та проби з оголених субстратів відвалів шахт «Візейська» та «Надія». Проби породи, взяті під мохом, мають нижчу кислотність, ніж кислотність проб оголеного субстрату, а перегоріла порода характеризується нижчою кислотністю, ніж свіжонасипана. Внесення золи спричинює зниження кислотності всіх проб на 1,25–2,59 одиниці з найменшим впливом золи на субстрат, узятий під мохом тераси відвалу шахти «Візейська», та субстрат чорної породи основного відвалу ЦЗФ, в яких, очевидно, наявні компоненти, що сприяють додатковому підкисленню породи. Найбільше підвищення  $pH$  (на 2,5 одиниці) спостерігали у пробах з оголеного субстрату підніжжя відвалу шахти «Надія», а також під мохом вершини відвалу шахти «Візейська», під мохом підніжжя відвалу шахти «Надія» та з оголеного субстрату другої тераси ЦЗФ.

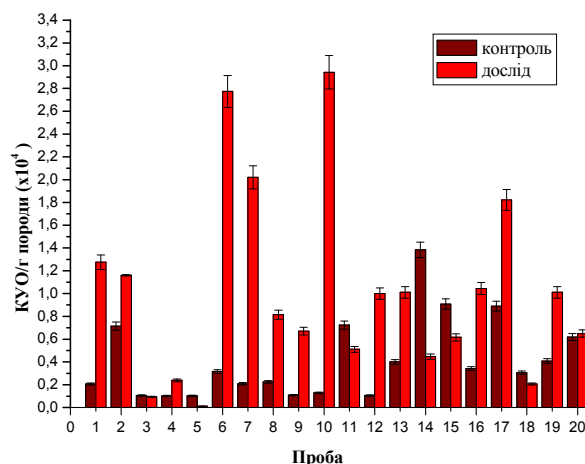
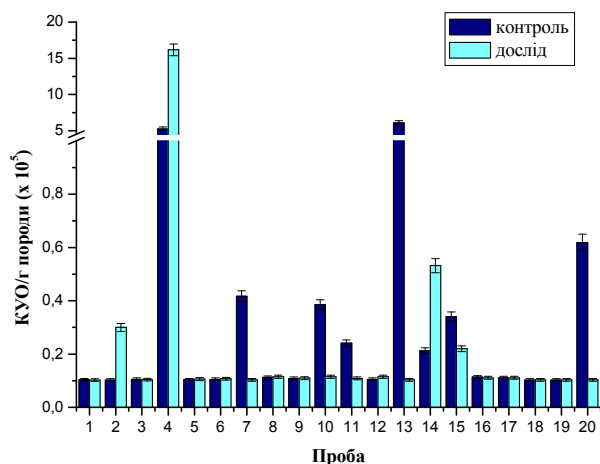
Проведені мікробіологічні дослідження проб порід відвалів свідчили про зміну чисельності різних груп мікроорганізмів за внесення золи. Зокрема, внесення золи до порід відвалів зумовило підвищення чисельності клітин мікроскопічних грибів (рис. 1 а) порівняно з кон-

трольними пробами червоної породи основного відвалу ЦЗФ (утричі більше), оголеного субстрату другої тераси ЦЗФ (у 2,9 раза більше) та оголеного субстрату червоної породи відвалу шахти «Надія» (у 2,5 раза більше). Без внесення золи найвищу чисельність клітин мікроскопічних грибів виявили під мохом тераси відвалу шахти «Надія» –  $(6,1 \pm 0,30) \times 10^5$  КУО/г породи та у червоній породи ЦЗФ –  $(5,3 \pm 0,26) \times 10^5$  КУО/г породи. Велика кількість мікроорганізмів була у контрольних пробах з оголеного субстрату підніжжя та під мохом тераси відвалу шахти «Надія» (що ушестеро більше за чисельність мікроорганізмів із відповідних дослідних проб), пробах, узятих під мохом основи та під мохом тераси відвалу шахти «Візейська» (відповідно у 4,0 та 3,3 раза більше).

Кількість клітин безбарвних сіркоокиснювальних нейтрофільних бактерій (рис. 1 б) у контрольних пробах коливалась у межах від  $(0,10 \pm 0,005) \times 10^4$  КУО/г породи до  $(0,93 \pm 0,050) \times 10^4$  КУО/г породи, крім проб з оголеного субстрату червоної породи та під мохом чорної породи вершини відвалу шахти «Надія» і проб з оголеного субстрату відвалу шахти «Візейська», в яких чисельність

у 1,5–2,0 раза більша, ніж у дослідних пробах. У решти проб після внесення золи чисельність клітин була у 2–3 рази вищою, ніж у контролях, зокрема суттєве збільшення чисельності КУО/г породи спостерігали у дослід-

них пробах: під мохом тераси, основи та вершини відвалу шахти «Візейська» – у 23, 9,7 і 8,8 раза більше; в оголеному субстраті основи та під мохом другої тераси ЦЗФ – у 9,5 та 6,2 раза більше, відповідно.



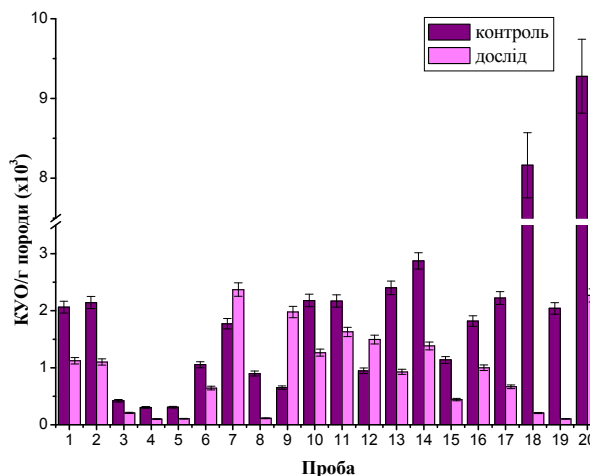
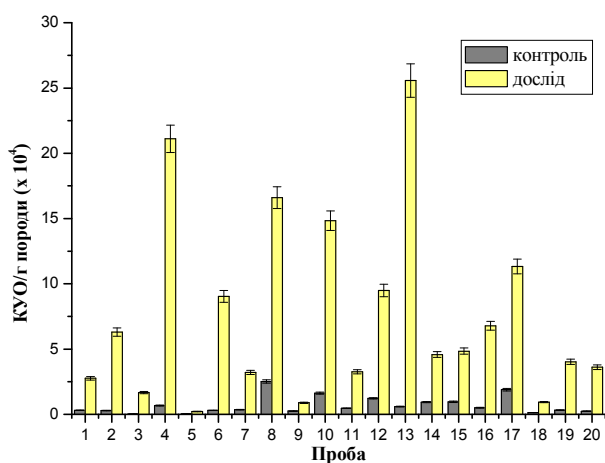
а

б

**Рис. 1. Вплив золи на чисельність мікроскопічних грибів (а) та клітин безбарвних сіркоокиснювальних нейтрофільних бактерій (б):** породний відвал ЦЗФ: 1 – друга тераса ПМ, 2 – друга тераса ОС, 3 – чорна порода, основний відвал, 4 – червона порода, основний відвал, 5 – свіжонасипана порода; відвал шахти «Візейська»: 6 – вершина ПМ, 7 – основа ПМ, 8 – ПМ, 9 – вершина ОС, 10 – тераса ПМ, 11 – тераса ОС, 12 – основа ОС; відвал шахти «Надія»: 13 – тераса ПМ, 14 – ОС, червона порода, 15 – вершина ПМ, чорна порода, 16 – вершина ПМ, червона порода, 17 – ОС, чорна порода, 18 – тераса ОС, 19 – підніжжя ПМ, 20 – підніжжя ОС

Для олігонітрофільних бактерій відмітили чітко виражене домінування у дослідних пробах з унесенням золи (рис. 2 а), зокрема у пробах чорної породи основного відвалу ЦЗФ чисельність (КУО/г породи) більша у 22 рази порівняно із контролем; під мохом і в оголеному субстраті підніжжя відвалу шахти «Надія» – у 21,7 та 15,2 раза відповідно; під мохом основи відвалу шахти «Візейська» – у 9 разів. Найвищу чисельність клітин мікроорганізмів мали проби, узяті під мохом тераси відвалу шахти «Надія» ( $(25,6 \pm 1,3) \times 10^4$  КУО/г породи) та з червоної породи основного відвалу ЦЗФ ( $(21,1 \pm 1,1) \times 10^4$  КУО/г породи), що у 43,3 та 31,7 раза більше за чисельність клітин мікроорганізмів у контрольних пробах.

Чисельність клітин безбарвних сіркоокиснювальних ацидофільних бактерій (рис. 2 б) у контрольних пробах була вищою, ніж у пробах після внесення золи, зокрема, в оголених субстратах проб із підніжжя ( $(9,30 \pm 0,46) \times 10^3$  КУО/г породи) та тераси ( $(8,16 \pm 0,40) \times 10^3$  КУО/г породи) відвалу шахти «Надія». Винятком стали проби, в яких кількість клітин ацидофільних безбарвних сіркоокиснювальних бактерій стала вищою після внесення золи: оголений субстрат вершини та основи відвалу шахти «Візейська» – у 3,0 та 1,6 раза; під мохом основи відвалу шахти «Візейська» – в 1,3 раза.

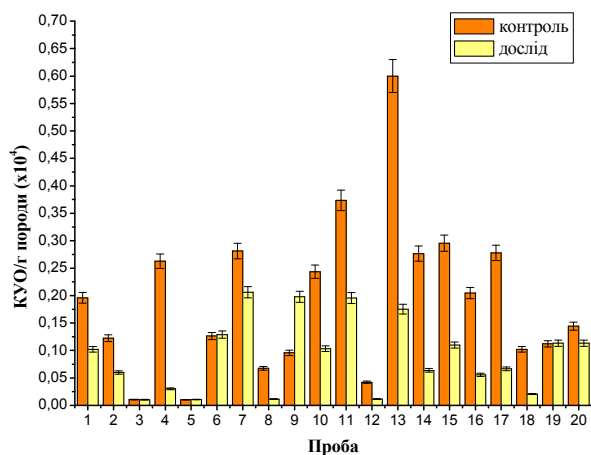


а

б

**Рис. 2. Вплив золи на чисельність клітин олігонітрофільних бактерій (а) та безбарвних сіркоокиснювальних ацидофільних бактерій (б) у пробах порід: див. рис. 1**

Для актиноміцетів (рис. 3 а) також виявили помітно вищу кількість клітин у контрольних пробах без внесення золи: у 3,4 раза – під мохом тераси відвалу шахти «Надія» ( $(0,60 \pm 0,03) \times 10^4$  КУО/г породи), у 8,6 раза – у червоній породі основного відвалу ЦЗФ. Виняток становить проба з оголеного субстрату відвалу шахти «Візейська», де чисельність КУО у дослідному варіанті у 2,1 раза більша



а

б

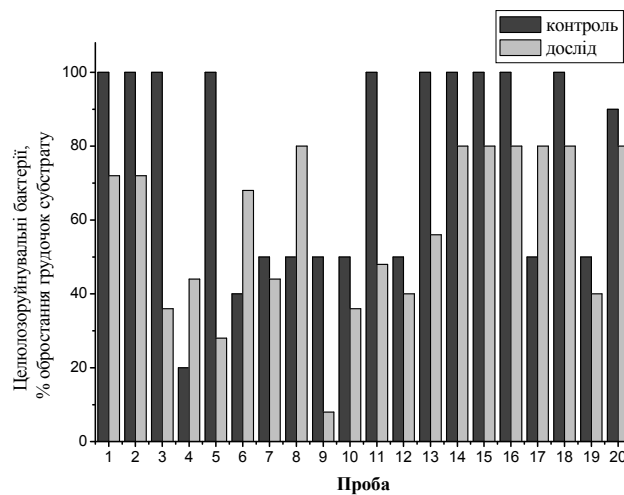


Рис. 3. Вплив золи на чисельність клітин актиноміцетів (а) та целюлозоруйнівних аеробних бактерій (б) у пробах відвалів порід: див. рис. 1

Аналізували кількість клітин целюлозоруйнівних аеробних бактерій методом обростання грудочок субстрату на середовищі Гетченсона (рис. 3 б). Загальну кількість грудочок приймали за 100% та вираховували у відсотках кількість грудочок, які обросли колоніями целюлозоруйнівних бактерій. У більшості досліджених зразків унесення золи зумовило зниження кількості виявлених деструкторів целюлози удвічі, порівняно з відповідними контролями. Винятками стали проба червоної породи основного відвалу ЦЗФ та проби, узяті під мохами відвалу шахти «Візейська», в яких чисельність бактерій дослідного зразка відповідно в 2,2, 1,7 та 1,6 раза вища за чисельність у контролі. Серед дослідних проб найвищу чисельність (80%) має третина зразків, а найнижчу кількість деструкторів целюлози (8%) виявили у дослідній пробі оголеного субстрату вершини відвалу шахти «Візейська». Серед контрольних проб найвища частка (100%) характерна для половини зразків.

### Висновки

Унесення золи із Добровірівської ТЕС до породи відвалів у пропорціях зола : порода 1 : 5 спричинює зниження кислотності породи відвалів. За цих умов збільшується чисельність клітин безбарвних сіркоокиснювальних нейтрофільних бактерій, олігонітрофільних бактерій та мікроскопічних грибів, однак кількість клітин безбарвних сіркоокиснювальних ацидофільних бактерій, актиноміцетів, целюлозоруйнівних аеробних бактерій зменшується.

за їх кількість у контролі без золи. Чисельність клітин актиноміцетів як у контрольних, так і у дослідних варіантах істотно між собою не відрізнялась у пробах під мохами вершини відвалу шахти «Візейська» та з підніжжя відвалу шахти «Надія», а також у пробах чорної та свіжонасипаної порід відвалу ЦЗФ.

### Бібліографічні посилання

- Arinushkina, E.V., 1970. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* [Guide to chemical analysis of soil]. MGU, Moscow (in Russian).
- Baranov, V.I., 2008. *Ekologichnyj opys porodnogo vidvalu vugil'nyh shaht CZF «ZAT L'vivsystemenergo» jak ob'jekta dlja ozelenennja* [Ecological description of CEP coal pit waste heaps "CJSC Lvivsystemenergy" as an object for landscaping]. *Visn. L'viv. un-tu. Ser. biol.* 46, 172–178 (in Ukrainian).
- Baranov, V.I., Guz, M.M., Gavryljak, M.S., Vashhuk, S.P., 2010. *Vyvchennja vmistu vazhkyh metaliv u derevnyh roslin na dekastovanyh g'runtah porodnogo vidvalu vugil'nyh shaht* [The study of heavy metals content in arboreal plants on waste heaps coal pits degraded soil]. *Naukovij visnik NLTU Ukrai'ny* 20(1), 68–72 (in Ukrainian).
- Baranov, V.I., Knysh, I.B., 2007. *Himiko-mineralogichnyj sklad porid vidvalu vugil'nyh shaht CZF «L'vivsystemenergo» ta i'h vplyv na prorstannja nasinnja* [Chemical and mineralogical composition of the coal pit waste heaps CEP "Lvivsystemenergy" and their effect on seed germination]. *Promyslova botanika: Stan ta perspektyvy rozvytku: Materialy V Mizhnar. nauk. konf., Donec'k*, 36–37 (in Ukrainian).
- Emmerling, C., Liebner, C., Haubold-Rosar, M., Katur, J., Schröder, D., 2000. *Impact of organic matter application on microbial biomass and activity of recultivated soils in the Lusatia Coal Mining Area*. *Plant Soil* 220, 129–138.
- Gibhyn'ska, M.A., Bashuc'ka, U.B., Ljevandovska, L.V., 2009. *Vplyv zoly burogo vugillja na fizychni vlastyvyosti g'runtu* [Influence of brown coal ash on soil physical properties]. *Nauk. Visn. NLTU Ukrai'ny* 19(9), 67–71 (in Ukrainian).
- Gudz', S.P., Hnatush, S.O., Javors'ka, G.V., Bilins'ka, I.S., Borsukovyh, B.M., 2014. *Praktykum z mikrobiologii* [Practical microbiology]. LNU, Lviv (in Ukrainian).

- Jaroshko, M., 2013. Kyslotnist' g'runtiv ta i'i' vplyv na zhyvlenja roslyn [The soil acidity and its effect on plant nutrition]. *Agronom* 1, 30–33 (in Ukrainian).
- Kornyjasova, N.A., Neverova, O.A., 2011. Ocenka vlijanija inokuljata pochvennyh mikroorganizmov na nekotorye harakteristiki rosta i urozhaja ovsa v uslovijah porodnogo otvala ugol'nogo razreza «OAO Kedrovskij» [Assessing the impact of soil microbial inoculum on some of the characteristics of growth and yield of oats in a coal pit waste heap of “JSC Kedrovsky”]. *Vest. Tomsk. Gos. Univ.* 351, 159–162 (in Russian).
- Korosteljova, L.A., Tret'jakova, O.I., Docenko, S.P., Isaeva, T.A., 2013. Vlijanie othodov jelevatorov i zoly ot ih szhiganiya na mikrofloru rizosfery, rizoplany i filloplany ozimoj pshenicy [Effect of waste elevators and ash from their burning on the microflora of the rhizosphere, rizoplana and filloplana of winter wheat]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU* 87(3). Retrieved from: <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/40.pdf> (in Russian).
- Kuzmishyna, S.V., Hnatush, S.O., Baranov, V.I., 2014. Mikrobiota porodnogo vidvalu Central'noi' zbagachuval'noi' fabryky Chervonograds'kogo girnychopromyslovogo rajonu za vnesennja zoly [Microbiota of the Central Enrichment Plant of Chervonograd Mining Region after coal ash applying]. *Microbiol. Biotechnol.* 4(28), 69–76 (in Ukrainian).
- Nayak, A.K., Raja, R., Rao, K.S., Shukla, A.K., Mohanty, S., Shahid, M., Tripathi, R., Panda, B.B., Bhattacharyya, P., Anjani, K., Lal, B., Sethi, S.K., Puri, C., Nayak, D., Swain, C.K., 2014. Effect of fly ash application on soil microbial response and heavy metal accumulation in soil and rice plant. *Ecotoxicol. Environ. Safe.* In Press.
- Kishor, P., Ghosh, A.K., Kumar, D., 2010. Use of flyash in agriculture: A way to improve soil fertility and its productivity. *Asian J. Agric. Res.* 4(1), 1–14.
- Singh, J.S., Pandey, V.C., 2013. Fly ash application in nutrient poor agriculture soils: Impact on methenotrophs population dynamics and paddy yields. *Ecotoxicol. Environ. Safe.* 89, 43–51.
- Surridge, A.K.J., van der Merwe, A., Kruger, R., 2009. Preliminary microbial studies on the impact of plants and South African fly ash on amelioration of crude oil polluted acid soils. *World of coal Ash (WOCA) Conference.* Lexington, KY, USA, 4–7.
- Tepper, E.Z., Shel'nikova, V.K., Pereverzeva, G.I., 1987. *Praktikum po mikrobiologii* [Practical Microbiology]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- Wong, J.W.C., Lai, K.M., 1996. Effect of an artificial soil mix from coal fly ash and sewage sludge on soil microbial activity. *Biol. Fert. Soils* 23(4), 420–424.

*Надійшла до редколегії 27.02.2015*