

**Лаврик М.О.**

**Павличенко А.В.**, канд. біол. наук, доцент  
(ДВНЗ “НГУ”)

**ФИТОРЕМЕДІАЦІЯ ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТІВ ВУГЛЕДОБУВНИХ  
РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**

**Лаврик М.О.**

**Павличенко А.В.**, канд. биол. наук, доцент  
(ГВУЗ “НГУ”)

**ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ  
РЕГИОНОВ УКРАИНЫ**

**Lavryk M.O.**

**Pavlychenko A.V.**, Ph.D. (Biol.), Senior Lecturer  
(SHEI “NMU”)

**PHYTOREMEDIATION OF SALINE SOILS IN COAL MINING  
REGIONS OF UKRAINE**

**Анотація.** Одним з головних негативних наслідків функціонування вугледобувних підприємств є дестабілізуючий вплив на сольовий склад ґрунтів. Тому виникає необхідність розробки методу екологічного відновлення засолених земель на території вуглевидобувних регіонів.

Проаналізовані переваги та недоліки основних методів відновлення засолених ґрунтів. Обґрунтовано перелік фітомеліорантів для ефективного відновлення засолених ґрунтів. Приведені результати вегетаційних дослідів на зразках засолених ґрунтів відібраних на території інтенсивного вуглевидобування. Виконано якісний і кількісний аналіз сольового складу ґрунтів до та після фітомеліорації. Оцінено здатність фітомеліорантів впливати на якісний і кількісний сольовий склад ґрунтів, вміст гумусу та реакцію ґрунтового розчину рН. Запропоновано технологію фіторемерації засолених ґрунтів з використанням однорічних та багаторічних рослин.

**Ключові слова:** засолення ґрунтів, вугледобувна промисловість, фіторемерація.

**Вступ.** Багаторічний розвиток потужного гірничодобувного та паливно-енергетичного комплексу призвів до високого рівня техногенного навантаження в промислово розвинутих регіонах України. В результаті діяльності цих галузей економіки утворилися значні обсяги відходів, активізувалися небезпечні геологічні процеси, підвищилися рівні забруднення компонентів екосистем.

В Україні спостерігається дуже високий рівень антропогенного забруднення та деградації земель. Так площа порушених земель становить 144 тис. га, а землі, які потребують консервації займають 1,1 млн. га. Засолені ґрунти в Україні поширені на площі 1,7 млн. га, а осолонцьовані займають площу 2,2 млн. га [1].

Основними причинами деградації земель у вугледобувних регіонах є процеси просідання земної поверхні, зміна рівня ґрунтових вод, їх забруднення, а також заболочування та засолення ґрунтів. Наслідками негативного впливу вугледобувної промисловості на земельні ресурси є ерозія, перезволоження, закислення або засолення ґрунтів, а також їх хімічне забруднення [2-4]. В зв'язку з цим виникає потреба в виявленні причин та наслідків порушення ґрунтів в районах вуглевидобутку, а також розробки методів попередження засолення земель.

**Теоретична частина.** Вирішенню проблем відновлення техногенних ландшафтів у гірничодобувних районах присвячені роботи відомих вчених: Крупської Л.Т., Горової А.І., Баранова В.І., Долгової Т.І., Сафарова Ш.Д., Мальованого М.С. Зубової Л.Г., Кроїк Г.А., Маратової А.Ю., Новикової А.В., Казакової Л.А. та ін. Слід відмітити, що більшість наукових робіт присвячена відновленню ґрунтів забруднених важкими металами, нафтопродуктами тощо. Але питання відновлення засолених земель є недостатньо вивченими. Тому в районах вуглевидобутку виникає необхідність в розробці шляхів та методів відновлення засолених ґрунтів.

Для відновлення продуктивності засолених земель, створення високопродуктивних біоценозів, а також підвищення родючості ґрунтів використовуються різноманітні ґрунтоохоронні методи меліорації, серед яких найбільш поширеними є методи хімічної меліорації, промивання засолених земель та біологічна рекультивация [4-10]. Проаналізуємо переваги та недоліки цих технологій, а також визначимо перспективність їх використання для зниження ступеню засолення ґрунтів в вугледобувних регіонах.

Метод хімічної меліорації полягає в витісненні натрію з ґрунтового поглинаючого комплексу кальцієм гіпсу або іншої кальцієвої солі. В якості меліорантів використовують також вапно, глиногіпс, хлористий кальцій, слабкий розчин сірчаної кислоти тощо. Гіпсування осолонцьованих ґрунтів у поєднанні з агротехнічними і агро меліораційними заходами призводять до окультурення цих ґрунтів, підвищення їх ефективної родючості. При цьому солі з ґрунтів повністю не видаляються, а відбувається їх перерозподіл за ґрунтовим профілем.

Промивання засолених ґрунтів дозволяє видалити надлишки солей з корнеобітаємого шару ґрунту в результаті її промивання водою. При проходженні води через шари ґрунту солі розчиняються і вимиваються в ґрунтові води. Промивання проводять на ґрунтах, що містять в метровому шарі більше 0,02-0,03 % хлору по масі. Перевагами методу є можливість використання промивання одночасно з вирощуванням деяких сільськогосподарських культур. Промивання не дозволяє повністю видалити солі з ґрунту, а зниження їх вмісту відбувається за рахунок перерозподілу за ґрунтовим профілем. Крім того, виникає потреба в значній кількості води для промивання ґрунтів і також може відбуватися забруднення ґрунтових вод.

Метод біологічної рекультивации засолених ґрунтів, заснований на використанні для розсолоння земель рослин-галофітів, здатних накопичувати в надземній частині солі, що містяться в ґрунті. До переваг методу необхідно віднести

його економічну доцільність та можливість видалення шкідливих солей з ґрунтів різного ступеня засолення, без порушення природних екологічних процесів та властивостей ґрунтів. Використання рослин-галофітів сприяє відновленню екологічного стану засолених ґрунтів та відновленню природного біорізноманіття. Єдиним недоліком є необхідність збирання та утилізації наземної частини солеросів.

В результаті проведеного аналізу виявлено, що методи хімічної меліорації та промивання ґрунтів є технологічно складними, не забезпечують ефективного видалення солей з ґрунтів та можуть стати причиною потрапляння солей в підземні води. Найбільш ефективним та екологічно безпечним є метод біологічного відновлення засолених ґрунтів за рахунок використання галофітних рослин, які здатні накопичувати солі в наземній або кореневій системах.

Для ефективного відновлення природних ландшафтів, що зазнали негативного впливу вугледобувної промисловості доцільним є підбір культур, які були б невибагливими до умов зростання, конкурентоздатними по відношенню до інших рослин та придатні для зростання на пересіченій місцевості, на схилах техногенних водойм тощо. Тому виникає потреба в виявленні рослин, які здатні ефективно та в короткі терміни поглинати солі з ґрунтів, а також сприяти збільшенню в них гумусу.

Метою роботи є вивчення поглинальних властивостей рослин та обґрунтування можливості їх використання для біоремедіації засолених ґрунтів на територіях вугледобувних регіонів України.

**Експериментальна частина.** Для вивчення можливості використання рослин при розсоленні ґрунтів на територіях вугледобувних регіонів був проведений вибір рослин, які потенційно можуть використовуватись в кліматичних та едафічних умовах Західного Донбасу.

В якості фітомеліорантів були вибрані наступні рослини:

1. Буркун білий (*Melilotus albus*) – дворічна, рідше однорічна трав'яниста рослина родини бобових, має прямостояче, розгалужене стебло висотою 50-200 см. Поширений на всій території України. Може зростати на схилах, узліссях, луках, на забур'янених місцях, а також на засолених землях.

2. Буркун лікарський або буркун жовтий (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) – дворічна трав'яниста рослина родини бобових, має прямостояче, розгалужене стебло висотою 60-150 см. Росте на схилах, уздовж доріг, на пустирях, поширений по всій Україні.

Засолені ґрунти були відібрані на території прилеглої до ставка-накопичувача шахтних вод в б. Космінна, а контрольні ґрунти відбирали на території Царичанського району Дніпропетровської області.

Для визначення здатності досліджуваних рослин поглинати солі з ґрунтів в скляні ємності вносили по 500 г субстрату, зволоженого до 70% (використовували кип'ячену питну воду, яку попередньо відстоювали кілька днів), і висівали насіння тест-культур. Для дослідження використовували лабораторний скляний простерилізований посуд. На перші кілька діб посудини з досліджуваними зразками накривали склом. Два-три рази на добу скло знімали на 10-15 хвилин для

провітрювання. На четверту добу ємності з висадженим в них насінням поміщали у Фітотрон, де протягом 14-ти годин (з 6 до 20) підтримували постійне освітлення і температуру 22-25 °С. Для кожної рослини було закладено по шість дослідних ємностей. Крім того, було закладено чотири ємності з контрольним ґрунтом.

Результати дослідження ступеня засолення ґрунтів до та після вирощування Буркуна білого та Буркуна жовтого приведені в табл. 1 та 2 відповідно.

Таблиця 1 – Хімічний аналіз водної витяжки з проб ґрунту до та після проведення вегетаційного тесту на культурі Буркун білий

№	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Σ катионів	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Σ аніонів	Σ солей, %
Сольовий склад ґрунту до проведення експерименту									
1	<u>1,8</u> 0,0419	<u>0,5</u> 0,010	<u>0,3</u> 0,0036	<u>2,6</u> 0,0555	<u>0,2</u> 0,0072	<u>2,1</u> 0,1000	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,6</u> 0,1255	0,18
2	<u>1,9</u> 0,0443	<u>1,0</u> 0,020	<u>0,2</u> 0,0024	<u>3,1</u> 0,0667	<u>0,2</u> 0,0072	<u>2,6</u> 0,1248	<u>0,3</u> 0,0183	<u>3,1</u> 0,1503	0,22
3	<u>2,0</u> 0,0466	<u>0,7</u> 0,014	<u>0,3</u> 0,0036	<u>3,0</u> 0,0642	<u>0,2</u> 0,0072	<u>2,5</u> 0,1200	<u>0,3</u> 0,0183	<u>3,0</u> 0,1455	0,21
4	<u>1,9</u> 0,0443	<u>0,6</u> 0,012	<u>0,3</u> 0,0036	<u>2,8</u> 0,0599	<u>0,2</u> 0,0072	<u>2,3</u> 0,1104	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,8</u> 0,1359	0,20
5	<u>2,5</u> 0,0583	<u>0,7</u> 0,014	<u>0,3</u> 0,0036	<u>3,5</u> 0,0759	<u>0,2</u> 0,0072	<u>3,0</u> 0,1440	<u>0,3</u> 0,0183	<u>3,5</u> 0,1695	0,25
6	<u>1,8</u> 0,0419	<u>0,5</u> 0,010	<u>0,4</u> 0,0048	<u>2,7</u> 0,0567	<u>0,2</u> 0,0072	<u>2,2</u> 0,1056	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,7</u> 0,1311	0,19
Контроль									0,17
Середнє									0,21
Сольовий склад ґрунту після проведення експерименту									
1	<u>0,3</u> 0,0070	<u>1,1</u> 0,022	<u>0,4</u> 0,0048	<u>1,8</u> 0,0338	<u>0,5</u> 0,0177	<u>0,9</u> 0,0432	<u>0,4</u> 0,0244	<u>1,8</u> 0,0853	0,12
2	<u>1,5</u> 0,0350	<u>1,0</u> 0,020	<u>1,0</u> 0,0122	<u>3,5</u> 0,0672	<u>0,6</u> 0,0213	<u>2,6</u> 0,1248	<u>0,3</u> 0,0183	<u>3,5</u> 0,1644	0,23
3	<u>1,3</u> 0,0303	<u>0,8</u> 0,016	<u>0,6</u> 0,0073	<u>2,7</u> 0,0536	<u>0,6</u> 0,0213	<u>1,8</u> 0,0864	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,7</u> 0,1260	0,20
4	<u>1,3</u> 0,0303	<u>1,4</u> 0,028	<u>0,7</u> 0,0085	<u>3,4</u> 0,0668	<u>0,5</u> 0,0177	<u>2,6</u> 0,1248	<u>0,3</u> 0,0183	<u>3,4</u> 0,1609	0,23
5	<u>1,5</u> 0,0349	<u>1,0</u> 0,020	<u>0,6</u> 0,0073	<u>3,1</u> 0,0622	<u>0,5</u> 0,0177	<u>2,3</u> 0,1104	<u>0,3</u> 0,0183	<u>3,1</u> 0,1464	0,21
6	<u>0,5</u> 0,0116	<u>1,1</u> 0,022	<u>0,4</u> 0,0048	<u>2,0</u> 0,0385	<u>0,4</u> 0,0142	<u>1,3</u> 0,062	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,0</u> 0,0949	0,13
Контроль									0,14
Середнє									0,17

Примітка: у чисельнику – мг-екв/100 г ґрунту; у знаменнику – %/100 г ґрунту.

Аналіз даних табл. 1 виявив, що в результаті вирощування Буркуна білого на засолених ґрунтах відбувається зниження сумарної концентрації солей на 18,4 %. При цьому максимальне поглинання спостерігається для Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> та Ca<sup>2+</sup>. Вміст сульфатів знижується до 80 %. Слід відмітити, що спостерігається зрос-

тання вмісту  $\text{Cl}^-$ , що можна пояснити зрошуванням зразків проточною водою, відстоювання якої не дозволяє повністю видалити з її складу хлор.

Таблиця 2 – Хімічний аналіз водної витяжки з проб ґрунту до та після проведення вегетаційного тесту на культурі Буркун жовтий

№	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\Sigma$ катионів	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\Sigma$ аніонів	$\Sigma$ солей, %
Сольовий склад ґрунту до проведення експерименту									
1	<u>1,0</u> 0,0233	<u>0,4</u> 0,008	<u>0,2</u> 0,0024	<u>1,6</u> 0,0337	<u>0,2</u> 0,0072	<u>1,1</u> 0,0528	<u>0,3</u> 0,0183	<u>1,6</u> 0,0783	0,11
2	<u>1,2</u> 0,0279	<u>0,8</u> 0,016	<u>0,4</u> 0,0048	<u>2,4</u> 0,0487	<u>0,3</u> 0,0108	<u>1,7</u> 0,0816	<u>0,4</u> 0,0244	<u>2,4</u> 0,1168	0,17
3	<u>2,1</u> 0,0489	<u>0,5</u> 0,010	<u>0,3</u> 0,0036	<u>2,9</u> 0,0625	<u>0,2</u> 0,0072	<u>2,4</u> 0,1152	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,9</u> 0,1407	0,20
4	<u>0,7</u> 0,0163	<u>0,5</u> 0,010	<u>0,3</u> 0,0036	<u>1,5</u> 0,0299	<u>0,2</u> 0,0072	<u>1,0</u> 0,0480	<u>0,3</u> 0,0183	<u>1,5</u> 0,0735	0,10
5	<u>0,3</u> 0,0070	<u>0,4</u> 0,008	<u>0,3</u> 0,0036	<u>1,0</u> 0,0186	<u>0,1</u> 0,0036	<u>0,5</u> 0,0240	<u>0,4</u> 0,0244	<u>1,0</u> 0,0556	0,08
6	<u>1,1</u> 0,0256	<u>0,5</u> 0,010	<u>0,4</u> 0,0048	<u>2,0</u> 0,0404	<u>0,1</u> 0,0036	<u>1,6</u> 0,0768	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,0</u> 0,0987	0,14
Контроль									0,13
Середнє									0,14
Сольовий склад ґрунту після проведення експерименту									
1	<u>0,3</u> 0,0070	<u>0,8</u> 0,016	<u>0,5</u> 0,0061	<u>1,6</u> 0,0291	<u>0,4</u> 0,0142	<u>0,9</u> 0,0432	<u>0,3</u> 0,0183	<u>1,6</u> 0,0757	0,11
2	<u>0,3</u> 0,0070	<u>1,6</u> 0,032	<u>0,8</u> 0,0098	<u>2,7</u> 0,0488	<u>0,4</u> 0,0142	<u>2,0</u> 0,0960	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,7</u> 0,1285	0,18
3	<u>0,4</u> 0,0093	<u>0,8</u> 0,016	<u>0,6</u> 0,0073	<u>1,8</u> 0,0326	<u>0,4</u> 0,0142	<u>1,1</u> 0,0528	<u>0,3</u> 0,0183	<u>1,8</u> 0,0853	0,12
4	<u>0,6</u> 0,0140	<u>0,8</u> 0,016	<u>0,5</u> 0,0061	<u>1,9</u> 0,0361	<u>0,4</u> 0,0142	<u>1,2</u> 0,0576	<u>0,3</u> 0,0183	<u>1,9</u> 0,0901	0,14
5	<u>0,6</u> 0,0140	<u>1,0</u> 0,020	<u>0,4</u> 0,0048	<u>2,0</u> 0,0389	<u>0,6</u> 0,0213	<u>1,0</u> 0,0480	<u>0,4</u> 0,0244	<u>2,0</u> 0,0937	0,13
6	<u>0,1</u> 0,0023	<u>1,3</u> 0,026	<u>0,7</u> 0,0085	<u>2,1</u> 0,0368	<u>0,6</u> 0,0213	<u>1,2</u> 0,0576	<u>0,3</u> 0,0183	<u>2,1</u> 0,0972	0,13
Контроль									0,14
Середнє									0,13

Примітка: у чисельнику – мг-екв/100 г ґрунту; у знаменнику – %/100 г ґрунту.

Аналіз даних табл. 2 виявив, що використання Буркуна жовтого дозволяє зменшити вміст солей в ґрунті лише на 5 %. В експерименті з Буркуном жовтим спостерігається підвищення вмісту кальцію та хлоридів в сольовому складі ґрунту. Слід відмітити, що досліджувана рослина дозволяє значно знизити концентрації  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  та сульфатів у ґрунтах.

Результати оцінки вмісту гумусу та рН ґрунтів до та після вирощування фітомеліорантів приведені в табл. 3.

Як видно з даних табл. 3, Буркун білий споживає органічну речовину ґрунту, що призвело до зменшення вмісту гумусу на 10 %, при цьому Буркун жов-

тий, навпаки, сприяє утворенню органіки, приріст складає в середньому 72 %. Крім того, обидві культури сприяють зниженню показника рН ґрунту.

Таблиця 3. – Вплив фітомеліорантів на вміст гумусу та рН ґрунтів

Фіто-меліорант	№ експерименту	Вміст гумусу, %		рН	
		до	після	до	після
Буркун білий	1	0,0419	0,0362	8,5	8,3
	2	0,0383	0,0455	8,3	8,5
	3	0,0403	0,0331	8,2	8,5
	4	0,0419	0,0465	8,6	8,2
	5	0,0403	0,0310	8,5	8,4
	6	0,0470	0,0326	8,7	8,4
Контроль		0,0581	0,0432	8,2	7,6
<b>Середнє</b>		<b>0,0416</b>	<b>0,0375</b>	<b>8,5</b>	<b>8,4</b>
Буркун жовтий	1	0,0465	0,0305	8,5	8,5
	2	0,0341	0,0605	8,4	8,3
	3	0,0341	0,0357	8,3	8,4
	4	0,0202	0,0641	8,5	8,4
	5	0,0150	0,0470	8,3	8,4
	6	0,0160	0,0476	8,5	8,3
Контроль		0,0414	0,0444	8,3	7,4
<b>Середнє</b>		<b>0,0276</b>	<b>0,0476</b>	<b>8,4</b>	<b>8,3</b>

Для визначення перспективності використання досліджуваних рослин для зниження ступеня засолення ґрунтів були побудовані прогнозні моделі (рис. 1).

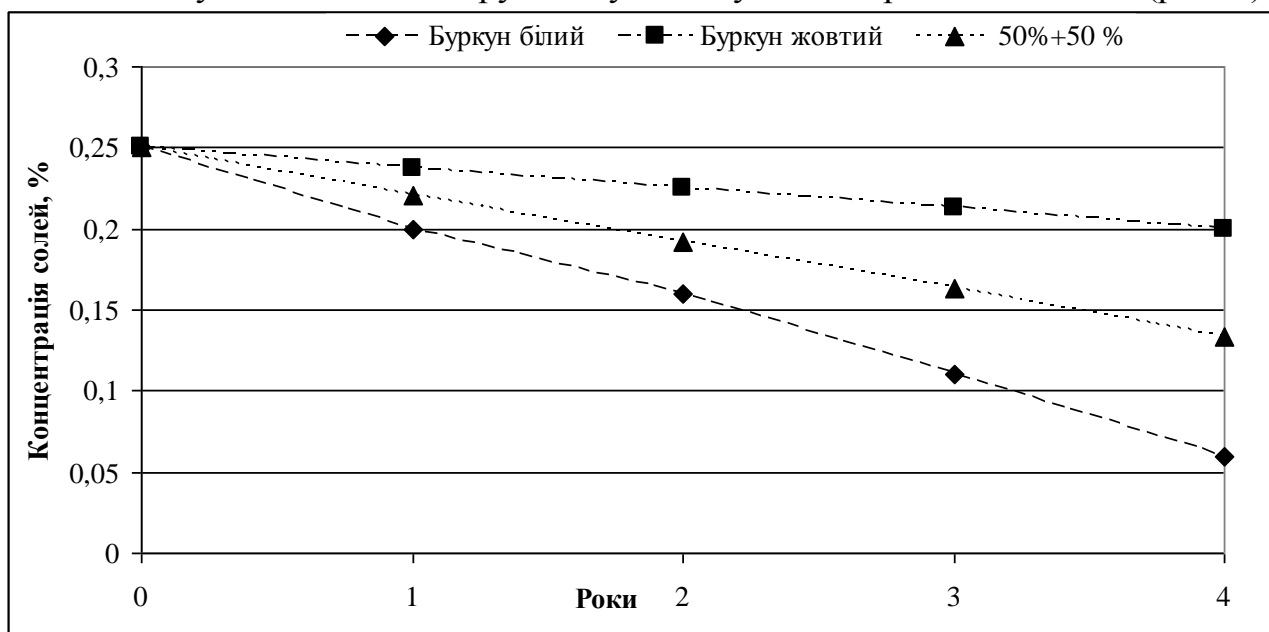


Рис. 1 – Прогноз зменшення вмісту солей у ґрунті при застосуванні фітомеліорантів

Виходячи з отриманих даних, можна прогнозувати очікуваний розсолуючий ефект (зниження сумарного вмісту солей в ґрунті до рівня менш, ніж 0,2 %) при використанні Буркуна білого вже на другий рік. Такий же ефект при використанні Буркуна жовтого можна досягти лише через п'ять років.

Для Буркуна білого характерним є максимальне поглинання солей, але при цьому відбувається зниження вмісту гумусу, що зумовлене життєвим циклом однорічних рослин, які при вегетації не сприяють накопиченню органічної речовини, а навпаки, споживають їх під час розвитку. Буркун жовтий, навпаки, при незначному розсолуючому ефекті, сприяє підвищенню вмісту гумусу у ґрунтах. Тому доцільним може бути використання цих рослин за схемою: 50 % насіння Буркуна білого та 50 % насіння Буркуна жовтого. За цією схемою сталий результат фітореMediaції можна очікувати на третій рік культивації. При цьому вміст гумусу зросте майже вдвічі (на 93 %).

При розробці комплексного методу відновлення антропогенно- та природно-засолених земель в межах діяльності вугледобувних підприємств одним із найважливіших умов ефективного розсолення ґрунтів є зниження рівнів підземних вод і попередження їх підняття. Крім того, важливе значення мають технології підвищення ефективності фізико-хімічного очищення шахтних вод, які скидаються у ставки-накопичувачі [11].

**Висновки.** В результаті проведених вегетаційних досліджень встановлені особливості поглинання фітомеліорантами солей з ґрунтів відібраних на територіях прилеглих до ставка-накопичувача шахтних вод. Встановлено, що при використанні Буркуна білого та Буркуна жовтого можна не тільки нормалізувати сольовий склад ґрунту, але й покращити показники родючості. Максимальний термін проведення меліорації для Буркуна жовтого – 5-6 років, але його використання разом із Буркуном білим дозволить досягти зниження вмісту солей вже на 3 рік. Використання фітомеліорантів дозволить стабілізувати якісний та кількісний сольовий склад ґрунтів, підвищити вміст гумусу, а також знизити рН ґрунтів.

Слід зазначити, що фітореMediaція, не дивлячись на високу ефективність методу, не може бути остаточним вирішенням проблеми вторинного засолення ґрунтів у гірничодобувних регіонах, оскільки спрямована, насамперед, на подолання наслідків негативного впливу вугледобувних підприємств. То ж має бути розроблена ефективна схема зменшення техногенного впливу шахт на земельні ресурси: очищення та знесолення шахтних вод, дренавання підземних водоносних горизонтів для зниження їх рівня, організація системи моніторингу рівнів засолення ґрунтів тощо.

---

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році. – Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT & K., 2012. – 258 с.
2. Krupskaya, L.T. Impact of technogenic systems on the environment and human health in the priamurye and primorye territories / L.T. Krupskaya, V.P. Zvereva, A.V. Leonenko // *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*. 2013. - No. 2, pp. 283–289.
3. Gorova, A. The investigation of coal mines influence on ecological state of surface water bodies / A. Gorova, A. Pavlychenko, S. Kulyna, O. Shkremetko // *Mining of Mineral Deposits*. Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema, 2013. – pp. 303-305.
4. Использование комплексной фитореMediaции для очистки почвы, загрязненной нефтешламом / А. Ю. Муратова [и др. ] // *Биотехнология*. – 2010. – № 1. – С. 77–84.
5. Васильев, А.Н. Геохимическая зональность ореолов техногенного засоления на нефтепромыс-

лах / А.Н. Васильев, Н.Е. Журавель // Доп. НАН України. – 1999. – № 2. – С. 193-197.

6. Зайдельман, Ф.Р. Мелиорация почв: 3-е изд., испр. и доп./ Ф.Р. зайдельман — Москва: МГУ, 2003. – 448 с.

7. Сафаров, Ш. Д. Агротехнические меры борьбы с процессами вторичного засоления почв в условиях ограниченного дренажа агроландшафта Вахшской долины: дис.... канд. техн. наук: 06.01.02 / Сафаров Ш.Д. . – Душанбе: Таджикская академия сельскохозяйственных наук, 2006. – 110 с.

8. Казакова, Л.А. Комплексная мелиорация орошаемых солонцовых и засоленных почв Нижнего Поволжья : дис... д-ра с-х. наук : 06.01.02 / Казакова Л.А. . – Волгоград: Волгогр. гос. с.-х. акад., 2007 . – 319 с.

9. Казакова, Л.А. Галофиты-мелиоранты. / Л.А. Казакова //Мелиоративная энциклопедия. В 2-х т. Т. 1. М, ФГНУ «Росинформагротех», 2003 - С.291.

10. Krupskaya, L.T. Restoration of disturbed lands as the factor of environment safety and population health in mining towns in the South of the Russian Far East / L.T. Krupskaya, V.P. Zvereva, A.V. Krupskiy // *Advanced Materials Research*. 2013. Vol. 813. – pp 242-245.

11. Горова, А.І. Фізичне моделювання процесу осадження завислих речовин у діючому макеті відстійника для очистки шахтних вод / А. І. Горова, В. Є. Колесник, Д. В. Кулікова // Науковий вісник НГУ.– 2012. - № 3. – С. 92-98.

#### REFERENCES

1. *Natsionalna dopovid pro stan navkolishnogo pryrodного seredovischa v Ukraini u 2011 roci*, (2012), [The National Report about the State of Environment in Ukraine in 2011], Kyiv, Ukraine Ministry of Ecology and Natural resources, LAT & K, P. 258.

2. Krupskaya, L.T., Zvereva, V.P. and Leonenko, A.V., (2013), “Impact of technogenic systems on the environment and human health in the priamurye and primorye territories”, *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*, no. 2, pp. 283–289.

3. Gorova, A., Pavlychenko, A., Kulyna, S.L., Shkremetko, O.L., (2013), “The investigation of coal mines influence on ecological state of surface water bodies”, *Mining of Mineral Deposits*, Leiden, The Netherlands, CRC Press / Balkema, pp.303-305.

4. Muratova, A.J., (2010) “Use of complex phytoremediation for cleaning of oil wastes contaminated soils”, *Biotechnology*, Vol. 1, pp. 77–84.

5. Zaidelman, F.R. (2003), *Melioratsia pochv: 3rd ed.* [The soils reclamation, 3rd. ed.], MSU, Moscow, Russia.

6. Vasiliev, A.N. (1999), “Geochemical zonality of of technogenic salinization halos on the oil-fields”, *NASU Report*, Vol. 2, pp. 193-197.

7. Safarov, Sh. D. (2006), “Agrotechnical measures of fight against the processes of resalinization of soils in the conditions of the limited drainage of agrolandof Vakhshskoy valley”, Ph.D. Thesis; Soil science, Tajik academy of agricultural sciences, Dushanbe, Tajikistan.

8. Kazakova, L.A. (2007), *Complex land-reclamation of the irrigated salt affected soils of Lower Povolzhye*, D. Sc. Thesis, Melioration, recultivation and protection of lands, Volgograd, Russia.

9. Kazakova, L.A. (2003), *Galofity-melioranty* [Halophytes-remediators], FGNU “Rosinformagrotech”, Moscow, Russia.

10. Krupskaya, L.T., Zvereva, V.P. and Krupskiy, A.V. (2013), “Restoration of disturbed lands as the factor of environment safety and population health in mining towns in the South of the Russian Far East”, *Advanced Materials Research*, Vol. 813, pp 242-245.

11. Horova, A.I, Kolesnik, V.Ye. and Kulikova, D.V. (2012), “Physical modeling of precipitation process of the suspended materials in physical model of sedimentation tank for mine water treatment”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no.4, pp. 92-98.

---

#### Об авторах

**Лаврик Марія Олегівна**, аспірант кафедри екології, Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет” (ДВНЗ “НГУ”), Дніпропетровськ, Україна, [masha-lavrik@yandex.ru](mailto:masha-lavrik@yandex.ru).

**Павличенко Артем Володимирович**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет” (ДВНЗ “НГУ”), Дніпропетровськ, Україна, [kafedra\\_ecology@ukr.net](mailto:kafedra_ecology@ukr.net).

#### About the authors

**Lavryk Mariya Olegovna**, Doctoral Student of the Department of Ecology, State Higher Educational



Institution “National Mining University” (SHEI “NMU”), Dnepropetrovsk, Ukraine, [masha-lavrik@yandex.ru](mailto:masha-lavrik@yandex.ru).

**Pavlychenko Artem Vladimirovich**, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Associate Professor of Ecology Department, State Higher Educational Institution “National Mining University” (SHEI “NMU”), Dnepropetrovsk, Ukraine, [kafedra\\_ecology@ukr.net](mailto:kafedra_ecology@ukr.net).

---

**Аннотация.** Одним из главных негативных последствий функционирования угледобывающих предприятий является дестабилизирующее влияние на солевой состав почв. Поэтому возникает необходимость разработки метода экологического восстановления засоленных земель на территории угледобывающих регионов.

Проанализированы преимущества и недостатки основных методов восстановления засоленных почв. Обоснован перечень фитомелиорантов для эффективного восстановления засоленных почв. Приведены результаты вегетационных опытов на образцах засоленных почв отобранных на территории интенсивной добычи угля. Выполнен качественный и количественный анализ солевого состава почв до и после фитомелиорации. Оценена способность фитомелиорантов влиять на качественный и количественный солевой состав почв, содержание гумуса и реакцию почвенного раствора pH. Предложена технология фиторемедиации засоленных почв с использованием однолетних и многолетних растений.

**Ключевые слова:** засоление почв, угледобывающая промышленность, фиторемедиация.

**Abstract.** Destabilizing influence on salt content in the soils is one of the main negative effects of any coal mine operation. Therefore, it is necessary to develop a method for ecological restoration of saline soils in the coal-mining regions.

Advantages and disadvantages of the key methods of saline soils restoring are analyzed. List of phytomeliiorants is presented for effective restoration of saline soils. Results of the greenhouse experiments on the saline soils sampled in the territories of intensive coal extraction are given. Quality and quantity of salt content in soil was analyzed before and after phytomelioration. Ability of phytomeliiorants to influence a qualitative and quantitative composition of saline soil, humus content and pH reaction in the soil solution was evaluated. A technology is proposed for phytoremediation of the saline soils with use of annual and perennial plants.

**Keywords:** soil salinity, coal mining, phytoremediation.

*Статья поступила в редакцию 30.09.2013  
Рекомендовано к публикации д.б.н., проф. А.И. Горовой*