

### Zadorozhnyy A.I. The Dynamics of Phytomass Density of Beech Tree Trunks Depending upon Site Conditions within Polonynskyy Valley Backbone of the Ukrainian Carpathians

As a result of researches of beech forest stands in C<sub>3</sub> and D<sub>3</sub> site conditions (SC) the change of local air-dry wood density, local wet density and local basic density of trunk wood, trunk wood in a bark and bark of tree trunks is investigated. It is set that the least changeable is a variation of local density indexes in the air-dry wood density and basic density of trunk wood, although in D<sub>3</sub> SC the value of local wood density in both air-dry wood density and basic density, along the height of the trunk grows, and in C<sub>3</sub> SC on the contrary it decreases. The local density of the tree trunk bark on different relative heights is marked by the greatest changeability. The age dynamics simulation of basic wood density of the trunk and its dependence on the value of the diameter and height of the trunk is carried out. Characteristic values for the dynamics of average basic density of trunk wood in beech forest stands with the age being C<sub>3</sub> and D<sub>3</sub> SC are proved to be diminishing of values of index early in the age and by gradual growth to the age of ripeness. Average values of index are found to be higher in to C<sub>3</sub> SC compared to D<sub>3</sub> SC

**Keywords:** basic density, beech forest stands, air-dry wood density, state of maximal saturation.

## 2. ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

УДК 631.4:504.[53+05]

Проф. Я.В. Генік, д-р с.-г. наук –  
НЛТУ України, м. Львів

### ТРАНСФОРМАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ НА ПОСТТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЯХ КОЛОМИЙСЬКОГО БУРОВУГІЛЬНОГО РОДОВИЩА

Представлено результати досліджень природного процесу ґрунтоутворення та формування ґрунтового покриву схилів відвалів шахт Коломийського буровугільного родовища. Наведено морфологічну будову дернового та гумусово-аккумулятивного еմбріоземів у місцях формування рослинного вкриття. Проаналізовано зміни фізико-механічних показників верхнього шару ґрунтового покриву посттехногенних територій залежно від видового складу та просторової структури сформованих фітоценозів. Охарактеризовано трансформаційні процеси в едафотопях посттехногенних територій розроблення покладів бурого вугілля внаслідок природної сукцесії рослинності.

**Ключові слова:** посттехногенні території, ґрунтовий покрив, фізико-механічні властивості ґрунту, трансформаційні процеси в едафотопях, Коломийське буровугільне родовище.

**Вступ.** Підземне розроблення покладів бурого вугілля Коломийського родовища призвело до утворення на території селища Ковалівки акумулятивних форм техногенного рельєфу – породних відвалів, складених із геологічних порід різного генезису, та спричинило деградацію рослинного вкриття і ґрунтового покриву [1-3]. Припинення у 1968 р. шахтного добування бурого вугілля внаслідок нерентабельності зумовило потребу проведення заходів із фітомеліорації та рекультивації порушених земель. Однак породні відвали вугільних шахт Коломийського родовища не рекультивувались, а відновлення продуктивності порушених територій – формування ґрунтового покриву та рослинного вкриття відбувалось внаслідок природних процесів.

Розроблення заходів із відновлення продуктивності посттехногенних територій має ґрунтуватися на різнопланових дослідженнях, зокрема і на детальному вивченні природних довготривалих процесів формування ґрунтового покриву та аналізі змін фізико-хімічних властивостей різних генетичних горизонтів ґрунту.

**Об'єкти та методика досліджень.** Дослідження природного процесу ґрунтоутворення на посттехногенних територіях підземного добування бурого вугілля проведено на схилах породних відвалів шахт "Заводська" та "Ковалівська" Коломийського вугільного родовища.

Вивчення морфологічної будови та властивостей ґрунту схилів породних відвалів шахт проведено методом закладання монолітів [4]. Відбір зразків з метою визначення фізико-механічних властивостей ґрунту здійснено з верхнього п'ятисантиметрового шару. Фізико-хімічні властивості ґрунтового покриву схилів породних відвалів і ґрунтового покриву непорушених територій визначено в лабораторії експрес-аналізу ґрунтів кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології Національного лісотехнічного університету України за апробованими методиками [5-7].

**Результати досліджень.** Формування рослинності та природний процес ґрунтоутворення впродовж 50 років на породних відвалах шахт "Заводська" та "Ковалівська" Коломийського буровугільного родовища сприяли розвитку ембріоземів, в яких відбувається помітне структурування верхніх шарів і означення ґрунтових генетичних горизонтів. У ембріоземів породних відвалів вже чітко діагностується гумусово-елювіальний горизонт, який насичений корінням трав'яних і деревних рослин (рис. 1).

На відвалах вугільного родовища процесом ґрунтоутворення охоплені шар потужністю до 25-50 см, який диференціюється залежно від структури рослинного вкриття. У гумусово-елювіальному генетичному горизонті, у місцях акумуляції органічного матеріалу, виявлено помітні прошарки темно-сірого кольору. Потужність ґрунтового профілю дернового ембріозему у місцях формування трав'яної рослинності на схилах відвалів становить до 25 см, а в підніжжях відвалів, де поступово формується лісове середовище з різних видів дерев і кущів, потужність ембріозему становить до 45 см (див. рис. 1).

- HE (0-6) – сірий, пухкий, легко суглинистий, насичений корінням трав, сухий, різкий.
- Ie (6-14) – сірий, щільний, легко суглинистий, наявність коріння трав свіжий, поступовий.
- IP (14-25) – сірий, щільний, легко суглинистий, свіжий, поступовий.
- P (25↓) – темно-сіра порода.

*а) ґрунтовий профіль дернового ембріозему*

- H0 (2-0) – настил, сформований зі залишків сухих гілок і листя деревних порід, коричневий, пухкий, сухий, різкий.
- HE (0-13) – сірий, щільний, легко суглинистий, насичений корінням деревних порід та трав, свіжий, різкий.
- Ie (13-24) – сірий, щільний, легко суглинистий, наявність коріння деревних порід, свіжий, поступовий.
- IP (24-45) – сірий, щільний, легко суглинистий, поодинокі коріння дерев, вологий, поступовий.
- P (45↓) – темно-сіра порода.

*б) ґрунтовий профіль гумусово-аккумулятивного ембріозему*

**Рис. 1. Морфологічна будова ембріоземів відвалів шахт Коломийського буровугільного родовища**

Формування складнішого за структурою рослинного вкриття на схилах вугільних відвалів призводить до поступового наближення показників фізико-механічних властивостей ембріоземів до аналогічних показників природно сформованих зональних ґрунтів. Так, показники густини верхнього шару ембріоземів на відвалах Коломийського вугільного родовища в місцях формування трав'яного вкриття становить 1,04-1,09 г·см<sup>-3</sup>, у місцях формування лісового середовища – 1,15-1,24 г·см<sup>-3</sup>, а в ґрунтовому покриві непорушеної лісової території – 1,26-1,28 г·см<sup>-3</sup> (табл. 1).

**Табл. 1. Фізико-механічні властивості верхнього шару ґрунту відвалів шахт Коломийського буровугільного родовища**

Рослинне вкриття	Фізико-механічні показники верхнього шару ґрунту посттехногенних територій				
	Густина ґрунту, $d_1$ г·см <sup>-3</sup>	Густина твердої фази ґрунту, $d_2$ , г·см <sup>-3</sup>	Польова вологість, $W\phi$ , %	Загальна пористість, $V_p$ , %	Аерація, $V_{aep}$ , %
<b>Фізико-механічні властивості верхнього шару ґрунту відвалу шахти "Заводська"</b>					
Трав'яне вкриття відвалу	1,06 <sup>±0,02</sup>	2,37 <sup>±0,04</sup>	22,80 <sup>±0,29</sup>	55,74 <sup>±0,93</sup>	31,57 <sup>±1,09</sup>
Трав'яне та деревне вкриття відвалу	1,18 <sup>±0,03</sup>	2,41 <sup>±0,03</sup>	24,59 <sup>±0,26</sup>	50,63 <sup>±1,05</sup>	21,61 <sup>±2,10</sup>
<b>Фізико-механічні властивості верхнього шару ґрунту відвалу шахти "Ковалівська"</b>					
Трав'яне вкриття відвалу	1,08 <sup>±0,01</sup>	2,37 <sup>±0,02</sup>	21,69 <sup>±0,63</sup>	54,33 <sup>±0,71</sup>	30,92 <sup>±0,26</sup>
Трав'яне та деревне вкриття відвалу	1,20 <sup>±0,04</sup>	2,40 <sup>±0,02</sup>	24,84 <sup>±0,94</sup>	50,22 <sup>±1,05</sup>	21,48 <sup>±1,71</sup>
<b>Фізико-механічні властивості верхнього шару ґрунту непорушеної території</b>					
Трав'яне та деревне вкриття непорушеної території	1,27 <sup>±0,01</sup>	2,49 <sup>±0,03</sup>	25,18 <sup>±0,05</sup>	48,99 <sup>±0,21</sup>	17,03 <sup>±0,10</sup>

У дернових ембріоземах породних відвалів густина верхнього шару на 14,2-18,1%, а в гумусових ембріоземах на 2,4-9,5% менша, ніж густина верхнього шару зонального ґрунту непорушених територій (рис. 2).



**Рис. 2. Густина верхнього шару зональних ґрунтів і ембріоземів відвалів шахт Коломийського буровугільного родовища**

Аналогічна тенденція характерна і для показників густини твердої фази ґрунту – у верхньому шарі непорушеної території – 2,46-2,52 г·см<sup>-3</sup>, у гумусових ембріоземах – 2,38-2,44 г·см<sup>-3</sup>, у дернових ембріоземах – 2,33-2,41 г·см<sup>-3</sup> (див. табл. 1). Показники загальної пористості ембріоземів схилів відвалів Коломийського буровугільного родовища є дещо вищими порівняно з показниками пористості зональних ґрунтів непорушених територій. Аналогічні тенденції характерні і для показників аерації верхнього шару ґрунтового покриву відвалів (див. табл. 1).

Загальна пористість ембріоземів із ускладненням просторової структури рослинного вкриття схилів породних відвалів поступово зменшується. Так, пористість верхнього шару ембріозему, сформованого під трав'яним вкриттям, на 8,2-10,1% вища, порівняно з пористістю ембріозему, сформованого під лісовою рослинністю. Більш складна просторова структура рослинного вкриття схилів

породних відвалів призводить також і до збільшення польової вологості верхніх шарів ембріозему, що позитивно впливає на ріст наземної частини та кореневої системи трав'яних і деревних рослин (див. табл. 1). Дослідження посттехногенних територій, порушених розробленням покладів бурого вугілля, показали, що трансформації в будові ґрунтового профілю, структурі, складеності та механічному складі генетичних горизонтів ґрунтового покриву, зумовлюються насамперед природною сукцесією рослинного вкриття (табл. 2).

**Табл. 2. Трансформації в едафотонах посттехногенних територій розроблення покладів бурого вугілля**

Чинник трансформацій	Зміна в компонентах едафотопу
Природна сукцесія рослинності	<ul style="list-style-type: none"> <li>– формування орґаноаккумулятивних, дернових і гумусово-аккумулятивних ембріоземів;</li> <li>– структурування верхніх шарів і означення ґрунтових генетичних горизонтів;</li> <li>– збільшення потужності ґрунтового профілю – від 25 см у дерновому до 45 см у гумусово-аккумулятивному ембріоземах;</li> <li>– збільшення потужності гумусово-елювіального генетичного горизонту – від 6 см у дерновому до 13 см у гумусово-аккумулятивному ембріоземах;</li> <li>– наближення показників фізико-механічних властивостей ембріоземів до аналогічних показників природних зональних ґрунтів (зокрема, густини, густини твердої фази, загальної пористості та аерації верхніх шарів ембріоземів);</li> <li>– покращення фізико-механічних властивостей ембріоземів під більш складними за структурою фітоценозами;</li> <li>– підвищення продуктивності ембріоземів внаслідок формування складніших за структурою рослинних угруповань.</li> </ul>
Ерозійні процеси	<ul style="list-style-type: none"> <li>– знесення верхнього шару ембріоземів у підніжжя відвалів;</li> <li>– збільшення потужності гумусово-елювіального горизонту в мікропониженнях рельєфу;</li> <li>– підвищення продуктивності ґрунтового покриву в підніжжях відвалів.</li> </ul>

Довготривале природне формування складних за структурою фітоценозів і процес ґрунтоутворення на посттехногенних територіях розроблення покладів бурого вугілля, зокрема на порушених територіях Коломийського буровугільного родовища, зумовлюють поступове збільшення потужності ґрунтового профілю, означення ґрунтових генетичних горизонтів, наближення показників фізико-механічних властивостей верхніх шарів ґрунтового покриву до показників природних зональних ґрунтів, а також поступове відновлення продуктивності порушених територій.

**Висновки.** Планування та розроблення заходів із відновлення продуктивності посттехногенних територій потрібно базувати також і на дослідженнях процесів природного формування ґрунтового покриву.

Довготривалий процес самозаростання рослинністю породних відвалів шахт Коломийського буровугільного родовища та формування на схилах відвалів складних за структурою фітоценозів сприяв утворенню орґаноаккумулятивних, дернових і гумусово-аккумулятивних ембріоземів, структурування верхніх шарів і означення ґрунтових генетичних горизонтів.

Наявність рослинного вкриття та природні процеси ґрунтоутворення зумовлюють поступове відновлення продуктивності ґрунтового покриву посттехногенних територій – збільшення потужності ґрунтового профілю (від 25 см у дерновому до 45 см у гумусово-аккумулятивному ембріоземах), збільшення потужності гумусово-елювіального генетичного горизонту (від 6 см у дерновому до 13 см у гумусово-аккумулятивному ембріоземах), наближення фізико-механічних показників верхніх шарів ґрунтового покриву до показників природних зональних ґрунтів (густина верхнього шару – 1,04-1,24 г·см<sup>-3</sup>, у зональних ґрунтах – 1,26-1,26 г·см<sup>-3</sup>; загальна пористість – 50,22-55,74 %, у зональних ґрунтах – 48,78-49,20 %).

Формування складніших за просторовою структурою рослинних угруповань на посттехногенних територіях призводить до покращення фізико-механічних властивостей сформованих ембріоземів (зменшення густини та густини твердої фази, збільшення польової вологості та загальної пористості ґрунтового покриву) і збільшення потужності гумусово-елювіального генетичного горизонту. Ерозійні процеси призводять до знесення верхнього шару ембріоземів з верхів'їв схилів у підніжжя та мікропониження рельєфу, що призводить до збільшення потужності гумусово-елювіального горизонту та підвищення його продуктивності у підніжжях відвалів.

Відносно багате видове фіторізноманіття, формування складних за просторовою структурою та відносно стійких фітоценозів, збільшення потужності ґрунтового профілю, означення ґрунтових генетичних горизонтів і наближення властивостей сформованих ембріоземів до природних зональних ґрунтів, свідчать про можливість довготривалого, поступового процесу природного відновлення посттехногенних територій Коломийського буровугільного родовища.

### Література

1. Генік Я.В. Склад та структура дендрофлори породних відвалів шат Коломийського вугільного родовища / Я.В. Генік, В.Я. Заячук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.8. – С. 9-18.
2. Як на Гуцульщині добували вугілля. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://explorer.lviv.ua>.
3. Генік Я.В. Основні причини утворень техногенно порушених екосистем та їх негативні наслідки / Я.В. Генік // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.11. – С. 9-14.
4. Дида А.П. Польові дослідження ґрунтів / А.П. Дида, Я.В. Генік. – Львів : Вид-во "Відродження", 1997. – 54 с.
5. Аринушкіна Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкіна. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
6. Радов А.С. Практикум по агрохимии / А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков / под ред. И.В. Пустовой. – М. : Изд-во "Агропромиздат", 1985. – 312 с.
7. Александрова Л.И. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.И. Александрова, О.А. Найденова. – Л. : Изд-во "Агропромиздат", 1986. – 295 с.

### Генік Я.В. Трансформації почвенного покрива на посттехногенних територіях Коломийського буровугільного месторождения

Представлены результаты исследований естественного процесса почвообразования и формирования почвенного покрыва склонов отвалов шахт Коломийского буровугільного месторождения. Приведено морфологическое строение дернового и гумусово-аккумулятивного эмбриоземов в местах формирования растительности. Проанализи-

рованы изменения физико-механических показателей верхнего слоя почвенного покрова посттехногенных территорий в зависимости от видового состава и пространственной структуры сформированных фитоценозов. Охарактеризованы трансформационные процессы в эдафотопях посттехногенных территорий разработки залежей бурого угля вследствие естественной сукцессии растительности.

**Ключевые слова:** посттехногенные территории, почвенный покров, физико-механические свойства почвы, трансформационные процессы в эдафотопях, Коломыйское бурогольное месторождение.

### **Henyk Ya.V. Transformations of Soil Cover on Post-technogenic Terrains of Kolomiya Lignite Deposit**

Some results of research of the natural process of soil creation and forming the soil cover on slopes of spoil banks on the mines of Kolomiya lignite deposit are presented. Morphologic structure of sod and humus-accumulative young soil on the places of forming the plant covers is provided. Changes in physical and mechanical properties of the upper layer of the soil cover of post-technogenic terrains depending on species composition and aerial structure of formed phytocoenoses are analyzed. Transformation processes in the soil of post-technogenic terrains on processing of lignite deposits in the result of natural succession of plants are characterized.

**Keywords:** post-technogenic terrains, soil cover, physical and mechanical properties of soil, transformation processes in soil, Kolomiya lignite deposit.

УДК 574.6:477.63/64

*Проф. М.С. Мальований<sup>1</sup>, д-р техн. наук;  
перший проректор, проф. В.В. Никифоров<sup>2</sup>, д-р біол. наук;  
доц. О.В. Харламова<sup>2</sup>, канд. техн. наук; викл. О.Д. Синельников<sup>3</sup>*

### **РАЦІОНАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ СИНЬО-ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ**

Проведено аналіз перспективності використання ціанобактерій для отримання енергоносіїв – ліпідів і біогазу. Досліджено ефективність застосування стадії попереднього оброблення біомаси у кавітаційному полі. Встановлено, що під впливом кавітації досягається здатність до ефективного розділення фаз: біомаса та освітлена вода. Кавітаційне оброблення також дає змогу більш ніж у 3 рази збільшити кількість екстрагованих із біомаси водоростей ліпідів і на 30 % збільшити частку синтезованого біогазу. Розроблено раціональну схему збирання приповерхневого шару води, насиченого ціанобактеріями та його попереднього кавітаційного оброблення. Встановлено елементний склад відпрацьованої біомаси, який дає змогу використовувати її як добриво.

**Ключові слова:** ціанобактерії, синьо-зелені водорості, кавітація, біогаз, ліпіди, біомаса.

**Постановка проблеми дослідження.** Для забезпечення роботоздатності побудованих на рівнинних територіях гідроелектростанцій на Дніпрі (а до такого розміщення відносять практично всі гідроелектростанції Дніпра, окрім Дніпрогесу, який побудовано із використанням перепаду висот у природному каньйоні) створено каскад водосховищ, що призвело до радикальної зміни водного режиму річки та різкого погіршення якості дніпровської води. Такі наслід-

ки зумовлені чинниками: 1) затоплення територій населених пунктів, ланів, тваринницьких ферм тощо; 2) істотне зменшення швидкості течії ріки.

Штучно затриманий у водосховищах об'єм води є співвимірним із річним стоком. За цих умов у водосховищах, особливо в найбільшому за площею і об'ємом – Кременчуцькому, вода є практично стоячою. Затоплення значних площ призвело до насичення вод різною органікою, маса якої продовжує зростати завдяки надходженню промислових і комунальних стоків, а також зливних стоків із прибережних зон. Насиченість органікою та зменшення швидкості течії призвести до радикальної зміни спектра біоти [1, 2], зокрема спалаху неконтрольованого розвитку ціанобактерій (синьо-зелених водоростей). Свідченням тому є типова картина спливання загиблої риби на поверхню та розкладання її. Про збіднення водойми киснем свідчать дані у [3]. Зменшення вмісту кисню у воді під час розкладання ціанобактерій настільки істотне, що в приповерхневому шарі виникають умови для їх безкисневої ферментації. Часті коливання рівня на нижніх б'єфах гідроелектростанцій призводять до затоплення широких прибережних смуг і потрапляння насиченої ціанобактеріями літньої дніпровської води на територію плавень, насамперед в озера, рукави і стариці Дніпра.

Використання біомаси ціанобактерій для отримання енергоносіїв (біогазу та ліпідів – сировини для виробництва біодизелю) є одним із ефективних технічних рішень забезпечення екологічної безпеки акваторій водосховищ і прилеглих територій. За такого підходу зменшуються витрати на очищення природних вод до нормативів, передбачених [4], зростає продуктивність іхтіофауни, а також утилізуються відходи біотехнологічного процесу в галузях сільського та лісового господарств. Варто вказати також на економію традиційних енергоресурсів. Окрім забезпечення екологічної безпеки та енергозбереження у разі реалізації цього способу, відзначимо відносно його дешевизну та можливість регулювати розміри капіталовкладень на початкових стадіях впровадження залежно від обраних масштабів виробництва. До безперечних переваг також можна віднести те, що внаслідок фактичного застосування класичної технології отримання біогазу з продуктів аграрного виробництва, він може бути легко переорієнтований на будь-який інший органічний субстрат.

Згідно з [5] найбільш вагомими результатами впровадження пропонованого процесу є: забезпечення стійкого еколого-економічного розвитку регіону; поліпшення якості вод і, як результат – оздоровлення навколишнього середовища; значна економічна ефективність за рахунок використання субстрату, що підлягає ферментації; використання відходів виробництва біогазу як органіко-мінеральних добрив у сільському та лісовому господарствах.

Економічна та екологічна ефективність використання ціанобактерій для отримання біогазу (на прикладі Кременчуцького водосховища з площею водного дзеркала 2250 км<sup>2</sup>) оцінюють у [5] таким чином: за умови збирання сестону об'ємом до 50 кг/м<sup>3</sup> [6] з об'єму 828 млн м<sup>3</sup> води мілководдя його біомаса становитиме 4,14·10<sup>7</sup> т за вегетаційний період. Піддавши цю біомасу ферментації у процесі метанового "бродиння", можна отримати до 30 млн м<sup>3</sup> біогазу (18,8 млн м<sup>3</sup> метану), що еквівалентно 20 тис. т нафти або 17 тис. т дизельного палива. Для організації процесу потрібно вибрати оптимальну стратегію збирання та

<sup>1</sup> НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> Кременчуцький НУ ім. Михайла Остроградського;

<sup>3</sup> Львівський ДУ безпеки життєдіяльності