

**Інститут екології Карпат
Національної Академії Наук України**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ДАНИЛЬЧУК НАТАЛІЯ МИХАЙЛІВНА

УДК 581.1+581.4:582623:631.619 (477.63)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ВИДІВ РОДУ *POPULUS* L. НА ЗАЛІЗОРУДНИХ
ВІДВАЛАХ КРИВОРІЗЖЯ**

03.00.16 – екологія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Н.М. Данильчук

Науковий керівник Коршиков Іван Іванович, доктор біологічних наук, професор

Львів – 2021

АНОТАЦІЯ

Данильчук Н.М. Життєздатність видів роду *Populus* L. на залізорудних відвалах Криворіжжя. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. Інститут екології Карпат Національної академії наук України, Львів, 2021.

Дисертацію присвячено комплексному аналізу життєздатності видів роду *Populus* L. на залізорудних відвалах Криворіжжя – Першотравневого та Ганнівського відвалі Першотравневого кар'єру ПрАТ «Північний ГЗК» і Петрівському відвалі ПрАТ «Центральний ГЗК». Також були досліджені представники роду *Populus* в паркових насадженнях м. Кривий Ріг. Для порівняння життєвості тополь в різних едафотопях ділянкою умовного контролю був парк «Веселі Терни», ґрунти якого представлені чорноземом.

В роботі проведено огляд і аналіз робіт з лісової рекультивації породних відвалів; показано, що відвали характеризуються переважанням субстратів змішаного гранулометричного складу, надзвичайною жорсткістю термічного режиму та нестачею вологи. Висвітлено екологічні аспекти самозаростання техногенно порушених земель, а також вплив прилеглих до відвалів штучних насаджень на процеси природного поширення рослин на техногенні землі.

Показано, що основу паркових насаджень м. Кривий Ріг складають масиви з тополь, як найбільш довговічних деревних порід. Найбільш поширеними в насадженнях парків є *P. bolleana* Lauche, *P. italica* (Du Roi) Moench та *P. nigra*. Встановлено, що за шкалою В. Алексєєва (1989) життєвий стан тополь в парках знижується зі збільшенням їх абсолютного віку. Крім того, дерева в місті часто потерпають від механічних ушкоджень та хвороб, що прискорює процеси їх старіння та відмирання.

На відвалах Криворіжжя тополі є найбільш поширеними у порівнянні з іншими видами листяних деревних порід і виступають піонерними породами. Серед виявлених на відвалах 6 видів і 1 гібриду роду *Populus* найбільш

поширеними є *P. italica*, *P. deltoides*, та *P. alba*, які мають анемохорне походження.

Коренева система тополь в едафотопях відвалів змінює свою морфоструктуру, внаслідок чого у тополь змінюються процеси формоутворення і зростає різноманітність життєвих форм. Так, *P. italica*, *P. alba*, і в меншій мірі *P. tremula* формують життєві форми одностовбурного дерева, мало- і багатостовбурного дерева або куща, куртиноутворюючого, або довгоксилоризомного дерева.

Одностовбурні дерева вказаних видів тополь становлять лише 10-15 % від загальної кількості досліджених особин. В більшості випадків це дерева насіннєвого походження на скельних схилах відвалів в місцях змиву ґрунту або на пологих ділянках в поглибленнях. У таких особин відзначена менша висота, габітус крони в порівнянні з рослинами міських насаджень, а також більш суттєві ушкодження листового апарату. Малостовбурне та багатостовбурне дерево формуються внаслідок утворення ортотропних пагонів зі сплячих бруньок при основі головного стовбура.

В ході розвитку підземних вегетативних органів тополь в техногенних рихлих субстратах відбувається перетворення ділянки кореня на здерев'яніле кореневище – ксилоризом, на якому в наступні роки закладаються нові вегетативні бруньки. Зі сплячих бруньок ксилоризома утворюються нові пагони, внаслідок чого відбувається поширення тополь по поверхні відвалу та утворення життєвої форми куртиноутворюючого дерева. Площі куртин становлять 90–450 м² та варіюють в залежності від місця розташування на відвалі та субстрату. У жодного куртиноутворюючого або ксилоризомного дерева не виявлено роз'єднання на окремі частини. Встановлено, що такі життєві форми тополь на відвалах становлять близько 90 % від загальної кількості досліджених дерев.

На поперечному зрізі кореня тополі виділено три основні зони: ризодерма, первинна кора і центральний осьовий циліндр. Ризодерма *P. alba* представлена одним шаром клітин епіблеми. Найбільш розвиненою є первинна кора кореня, яка складається з екзодерми, мезодерми, паренхіми первинної кори і ендодерми.

Клітини екзодерми багатокутні, щільно прилягають одна до одної, розташовуються в кілька рядів. Їх клітинні стінки просякнуті суберином і лігніном. В анатомічній будові кореня тополь спостерігається перехід від первинної будови кореня до вторинної. Процес вторинних змін починається з появи прошарків камбію зі слабо диференційованої паренхіми центрального циліндру.

Перехідною формою між коренем та стовбуром є ксилоризом – адаптивно важливе утворення у *P. alba* та *P. italica* на залізородних відвалах Криворіжжя. У *P. italica* на відвалах потужний ксилоризом довжиною до 5 м може розвиватися у низькорослих рослин, висотою не більше 0,8–1,5 м. В ході досліджень анатомічної будови ксилоризому *P. italica* встановлено, що додаткові бруньки формуються в перициклі кореня. Ксилоризом має ділянку меристематичної активності, де і відбувається утворення вегетативних пагонів. У разі пошкодження чи загибелі деяких пагонів, апікальні бруньки на потовщеннях ксилоризомів, що виникають в місцях розриву первинної кори за дії механічних пошкоджень, здатні до активного відновлення і росту вегетативних пагонів. В апікальній ділянці ксилоризому відбувається збільшення кількості клітин в коленхімі і серцевинних променях та утворення зони меристематичної активності, що сприяє закладанню додаткових бруньок і підвищення регенераційної здатності досліджуваних видів роду *Populus* L. в умовах залізородних відвалів Криворіжжя. Саме ця особливість здерев'янілого кореневища може бути використана для сприяння процесам самозаростання техногенно порушених земель.

При зростанні на відвалах Криворіжжя у тополь адаптаційні зміни проявляються у перебудові їх листового апарату, що обумовлено певними змінами пігментної системи та анатомічної будови асиміляційних органів. Встановлено, що вміст суми хлорофілів *a* і *b* в листках *P. alba* в умовах Ганнівського і Петрівського відвалів зменшується в 1,2 і 1,6 рази, в той час як у *P. deltoides* і *P. italica* цей показник зменшується майже у 3 рази. Загальний вміст каротиноїдів в асиміляційному апараті *P. alba* на відвалах збільшується в

середньому в 1,5 рази, тоді як у *P. deltoides* і *P. italica* – в 1,9 і 2,3 рази порівняно з рослинами в парку на чорноземі. Встановлена закономірність зниження вмісту суми хлорофілів *a* і *b* та збільшення кількості каротиноїдів свідчить про активацію пристосувальних реакцій рослинного організму до зростання в складних екологічних умовах відвалів та реалізацію протекторних і захисних функцій каротиноїдів.

У тополь на відвалах найбільше зменшення товщини палісадної паренхіми характерне для *P. deltoides* і *P. italica* на Петрівському відвалі – на 34 і 27 % відповідно, у *P. alba* значення цього показника збільшується на 9 %. В умовах Ганнівського відвалу більш суттєве зменшення товщини палісадної паренхіми виявлено у *P. deltoides* і *P. italica* – в середньому у 1,5 рази, тоді як у *P. alba* її товщина зменшується лише на 12 % порівняно з деревами паркових насаджень.

Для з'ясування росту тополь в різних субстратах відвалів та чорноземі звичайному, були досліджені прирости річних пагонів та їх облиствленість у *P. italica*, *P. deltoides*, *P. alba*. Результати виконаних досліджень свідчать, що найбільшим приріст річного пагону виявлено у дерев, що зростають в чорноземі звичайному парку «Веселі Терни».

Рівень життєздатності видів роду *Populus* в техногенних екотопах визначається величиною річного приросту та облиствленості пагонів. На суглинках і кварцитах відвалів найбільшим річним приростом характеризується *P. italica*. На ділянках з кварцитом приріст річного пагону цього виду зменшується у 1,5 рази порівняно з рослинами на суглинках. Аналогічна закономірність відзначена також і для *P. deltoides* та *P. alba*, у яких зниження довжини річного пагону становить відповідно 1,8 та 1,6 рази. На усіх дослідних ділянках, включаючи паркові насадження, довжина приросту річного пагону найменшою була у *P. alba*, який за показниками життєвого стану є найбільш стійким. Загальна кількість листків на пагонах *P. italica*, *P. deltoides* та *P. alba* на суглинках і кварцитах в середньому у 1,1-1,2 рази менша, ніж у тополь на чорноземі звичайному. При розподілі листків за градаціями (розмірами) виявлено, що зменшення облиствленості пагону у досліджених видів тополь на

суглинках і кварцитах пов'язане зі збільшенням кількості дрібних листків (1 градації), тоді як кількість середніх і великих листків зменшується. Разом з цим на субстратах відвалів у *P. alba* кількість найменших листків збільшується лише на 13-17%, а у *P. italica* і *P. deltoides* – в середньому в 1,7 рази порівняно з чорноземом.

Запатентовано спосіб використання тополі білої для рекультивації залізорудних відвалів Криворіжжя, який значно удешевшує та прискорює процеси заліснення поверхонь залізорудних відвалів.

ANNOTATION

Danilchuk N.M. Viability of species of the genus *Populus* L. on iron ore dumps of Kryvyi Rih. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of biological sciences on a specialty 03.00.16 – ecology. Institute of Carpathian Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, 2021.

The dissertation is devoted to the complex analysis of viability of *Populus* L. species on iron ore dumps of Kryvyi Rih – Pervomaisky and Hannivsky dumps of the Pervomaisky quarry of PrAT «Northern GOK» and Petrovsky dump of PrAT «Central GOK». Representatives of the genus *Populus* were also studied in the park plantations of Kryvyi Rih. To compare the vitality of poplars in different edaphotopes, the area of conditional control was the park «Vesely Terny», the soils of which are represented by chernozem.

The review and analysis of works on forest reclamation of waste heaps is carried out in the work; it is shown that the dumps are characterized by the predominance of substrates of mixed particle size distribution, extreme rigidity of the thermal regime and lack of moisture. The ecological aspects of self-overgrowth of man-caused disturbed lands, as well as the influence of artificial plantations adjacent to dumps on the processes of natural distribution of plants on man-caused lands are highlighted.

It is shown that the basis of park plantations in Kryvyi Rih is made up of poplar massifs as the most durable tree species. The most common in park plantations are *P. bolleana* Lauche, *P. italica* (Du Roi) Moench and *P. nigra*. It is established that according to the scale of V. Alekseev (1989) the living condition of poplars in parks decreases with increasing their absolute age. In addition, trees in the city often suffer from mechanical damage and disease, which accelerates the aging and extinction.

In the dumps of Kryvyi Rih poplars are the most common in comparison with other species of deciduous trees and a pioneer species. Among the 6 species and 1 hybrid of the genus *Populus* L. found on the dumps, the most common are *P. italica*, *P. deltoides* and *P. alba*, which have anemochoric origin.

The annual formation of new vegetative shoots in poplar promotes diffuse growth of the species on the surface of the substrate. The local growth density of shoots in the curtain, on a stony substrate is 12-25 pieces/m². The living condition of almost all individuals of different ages is 1-2 points. The crown is not typical for trees from natural habitats, adult plants have the appearance of multi-stemmed trees or shrubs.

Remains of reclamation plantations of *P. berolinensis*, *P. bolleana* and *P. simonii* are currently preserved in some areas of dumps. Almost all individuals of these species have reached their critical age and are characterized by a significant decrease in living conditions.

The root system of poplars in edaphotopes of dumps changes its morphostructure, as a result of which the processes of formation change in poplars and the variety of life forms increases. Thus, *P. italica*, *P. alba* and to a lesser extent *P. tremula* form life forms of a single-stemmed tree, a small- and multi-stemmed tree or a bush, a curtain-forming, or a long-oxyloric tree.

Single-stemmed trees of these species of poplars make up only 10-15 % of the total number of studied individuals. In most cases, these are trees of seed origin on the rocky slopes of dumps in places of soil erosion or on sloping areas in depressions. Such individuals have a lower height, crown habit compared to plants of urban plantations, as well as more significant damage to the leaf apparatus. Small-stemmed and multi-stemmed trees are formed due to the formation of orthotropic shoots from dormant buds at the base of the main trunk.

During the development of underground vegetative organs of poplars in man-made loose substrates, the root area is transformed into a woody rhizome – xyloriz, on which new vegetative buds are laid in the following years. From the dormant buds of xylorizom new shoots are formed, as a result of which poplars spread on the surface of the heap and the formation of the life form of the curtain-forming tree. The areas of the curtains are 90–450 m² and vary depending on the location on the heap and the substrate. No curtain-forming or xylorizomous tree has been separated. It is established that such life forms of poplars on dumps make about 90 % of the total number of investigated trees.

There are three main zones in the cross section of the poplar root: the rhizoderm, the primary bark and the central axial cylinder. The rhizoderm of *P. alba* is represented by one layer of epiblem cells. The most developed is the primary bark of the root, which consists of the exoderm, mesoderm, parenchyma of the primary bark and endoderm. Exoderm cells are polygonal, close to each other, are arranged in several rows. Their cell walls are impregnated with suberin and lignin. In the anatomical structure of the poplar root there is a transition from the primary root structure to the secondary. The process of secondary changes begins with the appearance of layers of cambium from the poorly differentiated parenchyma of the central cylinder.

The transition form between the root and the trunk is xylorization – an adaptively important formation in *P. alba* and *P. italica* on the iron ore dumps of Kryvyi Rih. In *P. italica* on dumps, powerful xylorizom up to 5 m long can develop in low-growing plants, no more than 0,8–1,5 m high.

In the course of studies of the anatomical structure of the xylorizoma of *P. italica* it was found that additional buds are formed in the pericycle of the root. Xylorizom has an area of meristematic activity, where the formation of vegetative shoots. In case of damage or death of some shoots, apical buds on the thickening of xylorizomes that occur at the sites of rupture of the primary bark under the action of mechanical damage, are able to actively restore and grow vegetative shoots. In the apical area of xylorizoma there is an increase in the number of cells in the collenchyma and core rays and the formation of a zone of meristematic activity, which contributes to the laying of additional buds and increase the regenerative capacity of the studied species of the genus *Populus* L. in iron ore dumps Kryvyi Rih. It is this feature of the woody rhizome that can be used to promote the self-healing processes of man-made disturbed lands.

In the apical area of xylorizoma there is an increase in the number of cells in the collenchyma and core rays and the formation of a zone of meristematic activity, which contributes to the laying of additional buds and increase the regenerative capacity of the studied species of the genus *Populus* L. in iron ore dumps Kryvyi Rih. It is this feature of the woody rhizome that can be used to promote the self-healing processes of man-made disturbed lands. The established pattern of reducing the amount of

chlorophyll *a* and *b* and increasing the number of carotenoids indicates the activation of adaptive responses of the plant organism to growth in difficult environmental conditions of dumps and the implementation of protective and protective functions of carotenoids.

In poplar dumps, the largest decrease in the thickness of the palisade parenchyma is characteristic of *P. deltoides* and *P. italica* in Petrovsky dump – by 34 and 27 %, respectively, in *P. alba* the value of this indicator increases by 9 %. Under the conditions of the Hannivka dump, a more significant decrease in the thickness of the palisade parenchyma was found in *P. deltoides* and *P. italica* – on average 1.5 times, while in *P. alba* its thickness decreases by only 12 % compared to park trees.

The thickness of the palisade parenchyma in the species with high viability of *P. alba* in the substrates of the dumps decreases to 10 %, while the number of stomata increases to 15 %. In less viable species of *P. italica* and *P. deltoides*, the thickness of parenchymal tissues decreases more significantly – 1,3 and 1,5 times, respectively.

To determine the growth of poplars in different substrates of dumps and chernozem, the growth of annual shoots and their foliage in *P. italica*, *P. deltoides*, *P. alba* were studied. The results of the research show that the largest increase in annual shoots was found in trees growing in chernozem in the ordinary park «Vesely Terny».

The level of viability of species of the genus *Populus* in man-made ecotopes is determined by the value of annual growth and foliage of shoots. *P. italica* is characterized by the largest annual growth on loams and quartzites of dumps. In areas with quartzite, the growth of annual shoots of this species is reduced by 1,5 times compared to plants on loam. A similar pattern was also observed for *P. deltoides* and *P. alba*, in which the reduction in the length of the annual shoot is 1,8 and 1,6 times, respectively. In all experimental plots, including park plantations, the length of annual shoot growth was the smallest in *P. alba*, which is the most stable in terms of living conditions. The total number of leaves on shoots of *P. italica*, *P. deltoides* and *P. alba* on loams and quartzites is on average 1,1–1,2 times less than in poplar on ordinary chernozem. When dividing the leaves by gradations (sizes), it was found that the decrease in leaf foliage in the studied poplar species on loams and quartzites is

associated with an increase in the number of small leaves (1 gradation), while the number of medium and large leaves decreases.

At the same time, the number of the smallest leaves on the substrates of dumps in *P. alba* increases only by 13–17 %, and in *P. italica* and *P. deltoides* – on average 1,7 times compared to chernozem.

A method of using white poplar for reclamation of iron ore dumps in Kryvyi Rih has been patented, which significantly reduces the cost and accelerates the processes of afforestation of iron ore dump surfaces.

Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні

наукові результати дисертації

Публікації у виданнях, що входять до міжнародних

наукометричних баз:

1. Данильчук Н.М., Данильчук А.В. Содержание воды и ее форм в листьях видов рода *Populus* L. в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины // Наука и мир. – 2018. – № 2 (54). – Т. 2. – С. 11–13. **Global Impact Factor, Index Copernicus** (Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів).
2. Данильчук Н.М. Species of the genus *Populus* L. in landscaping of city parks and technogenic disturbed lands of Kryvyi Rih (Ukraine) // Danish Scientific Journal (DSJ), 2020. – № 42. Vol. 1. – pp. 8–14. **IJIFACTOR** (Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів).

Публікації в наукових фахових виданнях, які входять

до переліку МОН України:

3. Коршиков И.И., Красноштан О.В., Терлыга Н.С., Мазур А.Е., Данильчук Н.М. Самовозобновление *Pinus sylvestris* L. на железорудных отвалах Криворожья // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 85–89. (Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті).

4. Коршиков И.И., Терлыга Н.С., Красноштан О.В., Мазур А.Е., **Данильчук Н.М.**, Лаптева Е.В. Актуальные проблемы оценки жизнеспособности древесных растений на железорудных отвалах Криворожья // Наук. зап. Тернопіл. держ. пед. університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2007. – № 2 (32). – С. 129–134. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*).
5. Коршиков И.И., **Данильчук Н.М.**, Красноштан О.В., Мазур А.Е. Жизненная форма и вегетативное разрастание тополя белого (*Populus alba* L.) на железорудных отвалах Криворожья // Интродукция растений. – 2008. – № 3. – С. 105–112. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*).
6. Коршиков И.И., Красноштан О.В., Лаптева Е.В., **Данильчук Н.М.** Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья // Промышленная ботаника. – 2008. – Вып. 8. – С. 55–61. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*).
7. Федоровський В.Д., Юхименко Ю.С., Данильчук О.В., Терлига Н.С., **Данильчук Н.М.** Дендрофлора зелених насаджень м. Кривий Ріг і перспективи її збереження та збагачення. *Інтродукція та досвід паркобудівництва в степовій зоні України: мат. міжнар. наук. конф. (23-25 травня 2012 р.)*. – Спецвип. 14. – Асканія-Нова, 2012. – С. 405–408. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).
8. Федоровський В.Д., Терлига Н.С., Юхименко Ю.С., **Данильчук Н.М.**, Данильчук О.В., Лаптева О.В. Видовий склад та життєвий стан деревно-чагарникової рослинності парків та скверів м. Кривий Ріг // Інтродукція рослин. – 2013. – № 3. – С. 73–79. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*).
9. **Данильчук Н.М.**, Федоровский В.Д., Коршиков И.И. Тополя в парках Кривого Рога // Інтродукція рослин. – 2015. – № 4. – С. 99–106. (*Особистий*

внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті).

10. Данильчук Н.М., Коршиков И.И. Жизненные формы тополя пирамидального (*Populus italica* (Du Roi) Moench) на карьерно-отвалных комплексах Криворожья // Интродукция растений. – 2018. – № 1 (77). – С. 50–58. *(Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті).*

11. Данильчук Н.М., Данильчук О.В. Особенности сезонной динамики водообменных процессов видов рода *Populus* L. у зв'язку з їх посухостійкістю // Интродукция растений. – 2018. – № 3. – С. 92–101. *(Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті).*

Патенти:

12. Коршиков И.И., Данильчук Н.М., Красноштан О.В. Способ использования тополи белой в рекультивации железорудных отвалов Криворіжжя: пат. 107061 Украина. № и 2015 08884; заявл. 15.09.2015; опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10. *(Особистий внесок: участь в патентному пошуку, проведення експериментальних досліджень та оформлення патенту).*

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

13. Коршиков И.И., Жуков С.П., Терлыга Н.С., Мазур А.Е., Данильчук Н.М., Красноштан О.В. Древесные интродуценты в озеленении отвалов горнодобывающих предприятий степной зоны Украины. *Будівництво та реконструкція ботанічних садів і дендропарків в Україні*: матеріали наук. конф. (23–26 травня 2006 р.) – Сімферополь, 2006. – С. 162–165. *(Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів).*

14. Данильчук Н.М., Терлига Н.С., Мазур А.Ю., Коршиков И.И. Природное восстановление видов рода *Populus* L. на железорудных отвалах Криворіжжя. *Мат. XII з'їзду Українського ботанічного товариства*. – Одеса. – 2006. – С. 90.

15. Красноштан О.В., Терлыга Н.С., Данильчук Н.М. Возобновление древесных растений на железорудных отвалах Криворожья. *Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва*: матер. VI міжн. наук. конф.

молодих дослідників (26–29 квітня 2006 р.). – Кривий Ріг. – 2006. – С. 86–87. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).

16. **Данильчук Н.М.**, Терлыга Н.С. Жизненное состояние и самовозобновление *Ulmus parvifolia* Jacq. на железорудном отвале Криворожья. *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку*: мат. V міжн. наук. конф. (24–26 вересня 2007 р.). – Донецьк. – 2007. – С. 135–137. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).

17. **Данильчук Н.М.** Дослідження видового складу листяних деревних порід на схилах залізорудних кар'єрів ПівнГЗК м. Кривий Ріг. *Проблеми збереження біорізноманіття в природних та техногенно порушених екосистемах*: наук. конф., присв. 90-річчю Нац. Акад. наук України (16–18 вересня 2008 р.) – Кривий Ріг, 2008. – С. 26–28. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).

18. **Данильчук Н.М.** Самозаростання кар'єрів Криворізького залізорудного басейну видами роду *Populus* L. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії*: матер. III міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 25-річчю біологічного факультету (11–13 травня 2012 р.) – Запоріжжя, 2012. – С. 493–495. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).

19. Данильчук О.В., **Данильчук Н.М.** Анатомічна будова однорічних пагонів тополь за умов забруднення. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*: матеріали XI наук. конф. молодих учених (24–25 травня 2012 р.). – Львів, 2012. – С. 170–171. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).

20. **Данильчук Н.М.** Життєві форми *Populus italica* (Du Roi) Moench на відвалах Кривого Рогу. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії*: мат. V міжнарод. наук.-практ. конф., присвяченої 30-річчю біологічного факультету ЗНУ (26–28 квітня 2017 р.). – Запоріжжя. – 2017 – С. 20–22. (*Особистий внесок: збір та опрацювання матеріалів, аналіз результатів*).

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В ЕКОЛОГІЧНО НЕСПРИЯТЛИВИХ УМОВАХ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ СТЕПОВИХ ТЕРИТОРІЙ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	24
1.1. Еколого-едафічні умови на породних промислових відвалах степової зони України.....	24
1.2. Використання листяних деревних порід в озелененні техногенно порушених земель.....	31
1.3. Природне відновлення рослинного покриву на відвалах.....	42
1.4. Адаптивні зміни у деревних рослин в екстремальних умовах зростання на породних відвалах.....	48
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	53
2.1. Характеристика району досліджень.....	53
2.2. Об'єкти досліджень.....	60
2.3. Методи досліджень.....	63
РОЗДІЛ 3. ПОШИРЕНІСТЬ ТА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ВИДІВ РОДУ POPULUS L. В РІЗНИХ ЗА СТУПЕНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ ЕКОТОПАХ КРИВОРІЖЖЯ.....	67
3.1. Тополі в паркових насадженнях м. Кривий Ріг.....	68
3.2. Розповсюдженість тополь на поверхнях техногенних новоутворень Криворіжжя.....	78
РОЗДІЛ 4. ВЕГЕТАТИВНА РУХЛИВІСТЬ ТОПОЛЬ НА ВІДВАЛАХ ТА У МАЛОПОРУШЕНИХ ПРИРОДНИХ ЕКОТОПАХ.....	93
4.1. Адаптивні зміни у морфоструктурі кореневої системи вегетативно рухомих тополь в умовах залізрудних відвалів.....	93

4.2. Особливості анатомічної будови кореня тополь, зростаючих на відвалах гірничозбагачувальних комбінатів.....	108
4.3. Особливості анатомічної будови ксилоризому куртиноутворюючого дерева тополь на відвалах гірничо-збагачувальних комбінатів.....	111
РОЗДІЛ 5. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРИСТОСУВАННЯ ЛИСТКІВ ВИДІВ РОДУ <i>POPULUS L.</i> ДО УМОВ ЗРОСТАННЯ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ ВІДВАЛАХ.	
5.1. Вміст пігментів фотосинтезу у листках тополь за різних умов зростання.....	117
5.2. Вплив екологічних умов залізорудних відвалів на анатомічну будову листків тополь.....	120
РОЗДІЛ 6. РІСТ ВИДІВ РОДУ <i>POPULUS L.</i> В УМОВАХ КРИВОРІЗЖЯ.	128
ВИСНОВКИ.....	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	137
ДОДАТКИ.....	164

ВСТУП

Актуальність теми. В Україні на сьогоднішній день залізорудні комбінати Криворіжжя залишаються потужними джерелами впливу на навколишнє середовище. Видобуток корисних копалин відкритим способом значно збільшує ступінь антропогенного впливу на природні ландшафти. Вплив цей дуже різноманітний, ступінь його значний, а самовідновлення порушеної екологічної рівноваги природним шляхом відбувається повільно.

Техногенно порушені території, як правило, екологічно небезпечні. До таких належать і відвали залізорудних кар'єрів Криворіжжя, які займають площу понад 8 тис. га, причому багато відвалів знаходиться у безпосередній близькості від житлових районів м. Кривий Ріг. Негативний вплив видобутку залізної руди та експлуатації відвалів позначається на всіх навколишніх екологічних системах і їх складових – атмосферному повітрі, ґрунтах, водних ресурсах, рослинному і тваринному світі (Бровко, 2009; Зайцев и др., 1977).

Природне відновлення рослинності на відвалах відбувається досить повільно. Відсутність зімкнутого рослинного покриву на залізорудних відвалах, а також наявність різних за фізико-хімічним і механічним складом порід призводить до утворення пилу та його перенесення вітром у житлові масиви м. Кривий Ріг та інших населених пунктів. У породі відвалів вміст важких металів часто перевищує гранично допустиму концентрацію, а наявність елементів мінерального живлення рослин, як і гумусу, є незначною. Розробка родовищ в Україні відбувається в різних ґрунтово-кліматичних і рослинних зонах. Порушені землі при цьому носять азональний характер, але природні умови накладають свій відбиток на антропогенні утворення, визначаючи ступінь заростання їх рослинністю.

Для зменшення і часткового усунення негативних наслідків впливу промислових відвалів на довкілля необхідно проведення різного роду рекультиваційних робіт, серед яких біологічна рекультивація розглядається як найбільш перспективна. Рекультивація та повернення у біологічний кругообіг

промислово порушених територій є умовою стабільного розвитку регіонів нашої країни. Відповідно до Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» рекультивація та реабілітація територій, порушених внаслідок діяльності гірничо-видобувної промисловості, є пріоритетним завданням національної природоохоронної політики (Закон України, 2019).

Проведення рекультиваційних робіт дозволяє у порівняно короткі терміни змінити природний хід перетворення техногенних ландшафтів у бажаному напрямку. Промислові відвали важко піддаються рекультивації. Виникає необхідність розробки ефективних прийомів і способів залучення порушених земель в народне господарство, що є новою категорією агро меліоративних і лісокультурних площ.

Рекультивацію залізорудних відвалів Криворіжжя почали проводити у 70–80-ті роки XX століття, однак загальна озеленена площа їх невелика, близько 300 га. Тому проблема створення рослинного покриву на відвалах залишається досить гострою. Передумовою біологічної рекультивації промислових відвалів є гірничотехнічний етап, який передбачає вирівнювання за допомогою важкої техніки схилів відвалів і покриття їх завезеним ґрунтом (Зайцев и др., 1977). Такий спосіб озеленення відвалів досить затратний, тому що потребує значної попередньої технічної підготовки відвалу до озеленення з метою створення сприятливих умов для рослин (покриття відвалу ґрунтом).

Залізорудні відвали на Криворіжжі (площа окремих із них може перевищувати 800 га) поступово заростають, і на деяких з них локально сформувався покрив із трав'янистих і деревних рослин (Коршиков, Красноштан, 2012). Нерідко деревні рослини відновлюються на відвалах за рахунок насіння, занесеного з насаджень прилеглих територій. Важливу роль у природному залісненні відвалів відіграють вегетативно рухливі види деревних порід. З однієї випадково занесеної на відвал насінини виростає рослина, яка потім починає активно відновлюватися за рахунок кореневої порості, створюючи цілі зарослі на відвалах упродовж свого життя, а також протягом наступних поколінь

вегетативного потомства. Такий клон може значно перевищувати життєвість тих деревних рослин, які не здатні утворювати кореневу поросьть на відвалах (Коршиков, Красноштан, 2012; Букштынов и др., 1985). Використовуючи ці особливості вегетативно рухливих видів, можна змінити основи рекультивації залізорудних відвалів, зокрема, виключити матеріально дуже затратний технічний етап.

Вегетативно рухливі види не потребують посадки у ґрунт, яким покривають відвали в класичному способі їх рекультивації, вони зростають на різних за фізико-хімічним і механічним складом породах відвалів. Розвиток розгалуженої кореневої системи навколо материнського дерева у радіусі 15–20 м призводить до закріплення породи і, таким чином, зменшує можливості виносу пилу за межі відвалу. Самостійне розселення рослин по поверхні відвалу значно спрощує і здешевлює їх рекультивацію.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконані у межах планових фундаментальних досліджень відділу інтродукції та акліматизації рослин Криворізького ботанічного саду НАНУ за темами: «Генетично-селекційні підходи у визначенні механізмів формування екологічно стійких форм рослин» (№ держреєстрації 0102U004551; 2002–2006 рр.), «Збереження, збагачення і вивчення біологічного різноманіття при інтродукції рослин в промисловому Кривбасі з метою використання інтродуцентів в оптимізації техногенного середовища» (№ держреєстрації 0199U001192; 2004–2008 рр.), «Використання генетично-селекційних технологій в збереженні біорізноманіття та селекції стійких до стресових факторів рослин» (№ держреєстрації 0106U008124; 2007–2011 рр.); «Інтродукція та акліматизація деревних і чагарникових рослин в еколого-ландшафтній оптимізації міських зелених насаджень у промисловому регіоні степової зони України» (№ держреєстрації 0117U000828; 2017–2019 рр.). Дисертаційна робота відповідає науковим планам і затверджена Вченою радою Криворізького ботанічного саду НАН України (протокол № 6 від 20 липня 2005 р.).

Мета та завдання дослідження. *Мета дослідження* – визначити життєздатність аборигенних та інтродукованих видів роду *Populus* L. в екстремальних умовах залізорудних відвалів Криворіжжя та визначити їх адаптивні можливості для подальшого використання в залісненні цих докорінно змінених територій.

Для досягнення мети були поставлені наступні *завдання*:

- встановити видове представництво, вікову структуру, життєвий стан, життєві форми та розповсюдженість представників видів роду *Populus* L. в різних за ступенем антропогенного впливу екотопах Криворіжжя;
- визначити домінуючі екологічні чинники, що впливають на життєздатність тополь в умовах моніторингових ділянок;
- з'ясувати вегетативну рухливість видів роду *Populus* L. та адаптивні зміни у морфоструктурі рослин та їх кореневій системі в залежності від фізико-механічного складу відвальних субстратів;
- проаналізувати структурно-функціональні особливості анатомічної будови підземних пагонів тополь, що активно колонізують техногенні екотопи;
- вивчити морфо-анатомічні особливості листків видів роду *Populus* L. до зростання на залізорудних відвалах;
- дослідити специфіку росту видів тополь за різних умов зростання;
- розробити способи використання тополь в озелененні залізорудних відвалів.

Об'єкт дослідження – процеси природного самозаростання залізорудних відвалів представниками роду *Populus* L., їх життєвість та життєздатність в різних за ступенем антропогенного впливу екотопах Криворіжжя.

Предмет дослідження – життєві форми, життєвий стан, біометричні характеристики, анатомо-морфологічні і функціональні особливості представників роду *Populus* L., що зростають в умовах Криворіжжя.

Методи дослідження. Польові спостереження (стаціонарні та експедиційні), екологічні, дендрологічні, ботанічні, морфометричні, анатомічні, статистичні з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Наукова новизна отриманих результатів. *Уперше:*

- встановлено, що *P. deltoides* і *P. italica* є піонерними видами серед деревних порід, які заселяють залізородні відвали Криворіжжя після припинення їх відсипки;
- виявлено високу вегетативну рухливість *P. alba*, *P. italica*, *P. tremula* і *P. deltoides* на залізородних відвалах, що потрапляють на них стихійно насіннєвим шляхом;
- показано, що *P. alba* і *P. italica* в умовах відвалів утворюють в процесі онтогенезу 6 життєвих форм, які підвищують стійкість видів у специфічних ценозах;
- встановлено, що в едафотопах відвалів у всіх видів тополь формується переважно поверхнева, сильно розгалужена коренева система, без виділення головного кореня;
- виявлено здатність 5-7 – річних паростків утворювати власну кореневу систему, яка у випадку розриву плагіотропного кореня, дозволяє їм існувати самостійно, відокремлено від материнської особини;
- показано, що типовою адаптивно-пристосувальною реакцією тополь на жорсткі лісорослинні умови зростання на відвалах є щорічне утворення нових ортотропних і плагіотропних пагонів, що призводить до збільшення фітогенного поля кожного рослинного організму.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені основи широкого використання тополь, зокрема, *P. alba*, *P. italica* і *P. deltoides* в практиці заліснення відвалів залізовидобувних та гірничозбагачувальних комбінатів Криворіжжя. Диференційовано на широке впровадження в озелененні відвалів також заслуговує *P. tremula*, що відзначається в їх умовах високою життєздатністю. Розроблено рекомендації щодо використання *P. alba* у рекультиватії техногенно порушених земель шляхом висіву насіння та висадки

вкорінених живців із закритою кореневою системою на локальних осередках відвалів. Запатентовано спосіб використання *P. alba* для рекультивації залізорудних відвалів Криворіжжя. Результати досліджень впроваджені у навчальний процес на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Особистий внесок здобувача. Розробку програми досліджень й основні гіпотези виконано з науковим керівником – д.б.н., проф. І.І. Коршиковим. Здобувачем особисто опрацьована численна література; сплановані та проведені експерименти, підготовлені матеріали до друку. Експериментальні дані, висновки та узагальнення отримані здобувачем самостійно. В опублікованих роботах автор є повноправним співавтором. Права співавторів у спільних публікаціях при підготовці дисертації не порушено.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати наукових досліджень апробовані на регіональних і міжнародних наукових конференціях: «Будівництво та реконструкція ботанічних садів і дендропарків в Україні» (Сімферополь, 2006 р.); «Матеріали XII з'їзду Українського ботанічного товариства» (Одеса, 2006 р.); «Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва» (Кривий Ріг, 2006 р.); «Старовинні парки і ботанічні сади – наукові центри збереження біорізноманіття та охорона історико-культурної спадщини» (Умань, 2006 р.); «Інтродукція та захист рослин у ботанічних садах та дендропарках» (Донецьк, 2006 р.); «Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку» (Донецьк, 2007 р.); «Проблеми збереження біорізноманіття в природних та техногенно порушених екосистемах» (Кривий Ріг, 2008 р.); «Сучасні проблеми біології, екології та хімії» (Запоріжжя, 2012 р.); «Інтродукція та досвід паркобудівництва в степовій зоні України» (Асканія-Нова, 2012 р.); «Наукові основи збереження біотичної різноманітності (Львів, 2012 р.); «Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту» (Біла Церква, 2012); «Сучасні проблеми біології, екології та хімії» (Запоріжжя, 2017).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 20 наукових праць, з яких: 2 статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз; 9 статей у періодичних фахових виданнях України; 8 публікацій – матеріали конференцій і тез доповідей. Автором отримано 1 патент.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 165 сторінках друкованого тексту і складається зі вступу, шести розділів, з яких чотири висвітлюють результати власних досліджень, висновків, списку використаних джерел, що включає 292 найменування, з них – 23 латинкою. Робота містить 10 таблиць, 22 рисунки і 2 додатки.

РОЗДІЛ 1. ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В ЕКОЛОГІЧНО НЕСПРИЯТЛИВИХ УМОВАХ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ СТЕПОВИХ ТЕРИТОРІЙ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Інтенсивний і різноманітний вплив на природні ландшафти, особливо характерний для двадцятого століття, залишається проблемою і в даний час. Значні порушення земельних ресурсів, аж до повного знищення на окремих територіях, найбільш часто спостерігаються в районах гірничодобувної промисловості (Бровко, 2010). Одним з таких регіонів є Криворізький залізорудний басейн, де працює п'ять гірничозбагачувальних комбінатів.

Внаслідок гірничодобувної діяльності в місцях родовищ корисних копалин формуються гірничопромислові ландшафти (Денисик, 1998). Найбільш глибокий вплив на природні ландшафти та формування гірничопромислових ландшафтів відбувається за умов відкритого способу видобутку копалин. При цьому відкриваються і виносяться у відвали перемішані горизонти порід. Часто на поверхні відвалів опиняються токсичні породи, за своїми хімічними і фізичними властивостями несприятливі для рослин. Навколо міста постійно утворюються «індустріальні пустелі», кар'єри, гори відвалів пустої породи, які займають величезні площі і негативно впливають на життєве середовище людини (Пространственная агроэкология..., 2013).

1.1. Еколого-едафічні умови на породних промислових відвалах степової зони України

В Україні найбільші масштаби гірничих робіт зосереджені на Криворіжжі, де порушено близько 18 тис. га земель. Площа під відвалами перевищує 6 тис. га, у них заскладовано близько 3 млрд. м³ гірських порід. Висота відвалів коливається від 40 до 90 м, глибина кар'єрів 120–150 м (Малахов, 2003; Досвід комплексної оцінки..., 2000; Науково-методичні рекомендації..., 2007). Всі ці фактори помітно впливають на регіональні особливості вітрового та

температурного режимів, розподіл опадів, процеси вітрової та водної ерозії, змінюють гідрологічний режим прилеглих до відвалів та кар'єрів територій, погіршують санітарно-гігієнічні умови міста в цілому (Мазур, 1999; Лысый и др., 2002).

Залізорудні відвали Кривбасу – це позитивні акумулятивні форми антропогенного рельєфу. За усіма ознаками відвали слід віднести до рівня мезо- та мікрорельєфу. В процесі саморозвитку, під дією екзогенних сил, на поверхнях відвалів виникають форми похідного рельєфу (зсуви, рівчаки, яри, борозни, осипні улоговини). Екологічна неоднорідність відвалів спричинена їх формою, фізико-хімічними властивостями субстратів, мікро- та нанорельєфу, мікрокліматом.

Розкривні породи криворізьких кар'єрів представлені переважно четвертинними відкладами – вюрмськими, рісськими та міндельськими суглинками; третинними – кімерійськими, понтичними, сарматськими глинами та пісками, а також комплексом кристалічних порід докембрію – залізистими джеспілітами, різноманітними сланцями. Породоутворюючими мінералами є кварц, залізисто-магнезійні й хлорит-біотитові силікати та рудні мінерали – магнетит, гематит, гетит, мартит.

За хімічним складом розкривні породи характеризуються наявністю значної кількості кремнезему (38–55 % і більше), оксиду заліза (14–53 %). Кількість фосфору незначна (0,08–0,27 %). Реакція водної витяжки (рН) становить 6,8–8,2. Більшість порід характеризуються низькою забезпеченістю елементами мінерального живлення у доступній для рослин формі. Лише окремі породи (лесовидні суглинки, кварцитові піски, апатитоносні та ін.) мають вміст органічних речовин 0,8–8,1 %; карбонатів – 0,25 %; гумусу – 0,02 %; калію – 1,0–5,0 мг/100 г (Малахов, 2003; Досвід комплексної оцінки..., 2000; Науково-методичні рекомендації..., 2007; Дороненко, 1979).

У результаті недотримання гірничодобувними підприємствами вимог до селективної відсипки в регіоні представлені найрізноманітніші за складом порід відвали – відсипані лесами та лесовидними суглинками, піщаними та супіщаними

грунтами, крейдовими та мергелистими рихлими породами, твердими сланцями, уламками залізорудних кварцитів або їх сумішами. Тож провести однозначну класифікацію відвалів за складом порід дуже важко: у межах одного й того ж відвалу виділяються ділянки з різним ґрунтовим покривом, що і обумовлює формування відвалів з різними едафічними характеристиками (Чибрик, Елькин, 1989; Будина, 2013).

Найбільшу питому вагу у відвалах Криворізького басейну мають висококарбонатні лесовидні суглинки, червоно-бурі глини, сланці, залізні роговики. Пісків і вапняків мало, частіше вони трапляються фрагментарно, у вигляді домішок і складі ґрунтосумішей. Субстрат багатьох відвалів дуже кам'янистий, добре дренований.

Скельним породам відвалів властиві надзвичайно низькі вологоємність і водопоглинання, висока теплопровідність. Вологоємність основних гірських порід і руд Кривбасу значно менша від повної вологоємності ґрунту, що суттєво позначається на водному режимі відвальних субстратів, де єдиним джерелом вологи є атмосферні опади.

Характерними рисами відвалів Кривбасу є:

- 1) переважання субстратів змішаного гранулометричного складу (глин, суглинків, скельних порід);
- 2) велика кількість відвалів із переважанням залізних кварцитів і сланців;
- 3) значне збагачення субстратів окислами заліза;
- 4) надзвичайна жорсткість термічного режиму та нестача вологи, особливо на скельних відвалах;
- 5) дуже низькі трофічні властивості відвалів (Сафонова, Рева, 2009).

Найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин серед розкривних порід Кривбасу є група глинистих незасолених порід: леси, лесовидні суглинки, незасолені глини. Проте важкі та середні суглинки характеризуються поганими хімічними властивостями (безструктурні, легко ущільнюються, під час дощів запливають з утворенням щільної кірки). Менш сприятливими є мергелисті породи, різновиди вапняку, мармури, амфіболіти. Найменш сприятливими для

рослин є сланцеві породи, які, крім дуже повільного вивітрювання, характеризуються підвищеним вмістом хлоридів та сульфатів. Внаслідок майже повної відсутності дрібнозема, високої дренажної здатності та високого вмісту солей сланці характеризують як безплідні субстрати (Малахов, 2003; Досвід комплексної оцінки..., 2000; Науково-методичні рекомендації..., 2007; Дороненко, 1979).

За гранулометричним складом породні промислові відвали степової зони України мають наступні класи фракцій: валуни великі (понад 500 мм), середні (500–250 мм), дрібні (250–100 мм); галька (100–10 мм); гравій великий (10–5 мм), дрібний (5–2 мм); пісок грубий (2–1 мм), середній (0,5–0,25 мм), дрібний (0,25–0,1 мм); алеврит (0,1–0,05 мм); пил (0,05–0,005 мм); глина (до 0,005 мм) (Шинкоренко, 1980).

Переважання однієї із зазначених фракцій залежить від віку відвалів. Основну частину свіжовідсипаних відвалів складають валуни різних розмірів, галька та велика фракція гравію. Перетворення великих фракцій на дрібні залежить від багатьох чинників (вивітрювання, вимивання, температури та ін.) і представляє собою досить довготривалий процес.

В морфологічній будові відвалів виділяють основні елементи: підніжжя, схил, бровку плато, поверхню плато (рис. 1.1).

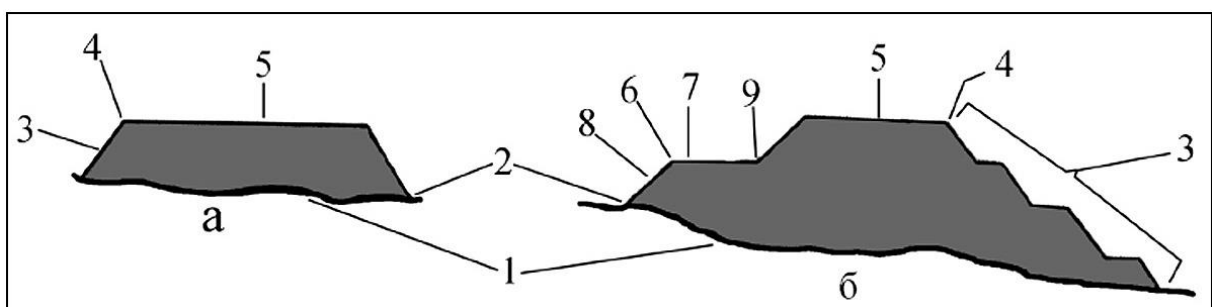


Рис. 1.1. Морфологічні типи відвалів за В.Л. Казаковим (1999): а – одноярусний платоподібний; б – багатоярусний платоподібний. Морфологічні елементи відвалів: 1 – підшва; 2 – підніжжя; 3 – схил; 4 – бровка плато; 5 – поверхня вершинного плато; 6 – бровка ярусу (берми); 7 – берма (площадка ярусу); 8 – схил ярусу; 9 – тиловий шов

В будові багатоярусних відвалів чітко виділені 2–5 і більше ярусів – терас, площадки (берми), схил, підніжжя та тиловий шов (Природнича географія Кривбасу, 2005). Залежно від часу експлуатації відвали поділяють на молоді, де триває активний процес відсипання породи на більшій частині їх поверхні, зрілі – відсипання породи проводиться тільки з однієї частини відвалу і старі, де вже давно припинене відсипання породи.

Основна маса залізорудних відвалівскладена скельними породами, яким властиві висока міцність і повільне руйнування при вивітрюванні (кварцити, аспідні сланці тощо). Слюдяні, талькові, хлоритові, глинисті та вуглисті сланці є менш міцними, а тому вивітрюються швидше. При вивітрюванні залізистих кварцитів у поверхневих шарах відвалів утворюється дрібнозем, піски та супіски, які з часом усе більше збагачуються глинистими частинками (рис. 1.2). Процеси біогеохімічного вивітрювання підвищує потенційну родючість вскришних порід, формуючи більш придатні для росту і розвитку рослин рельєф і структуру поверхневого шару.



Рис. 1.2. Фізико-хімічне вивітрювання сланців і кварцитів на залізорудних відвалах Криворіжжя (Коршиков, Красноштан, 2012)

До складу розкривних порід відвалів північної частини Кривбасу входять низькокондиційні та некондиційні залізні руди (магнетит-силікатні кварцити), сланці, безрудні кварцити та осадові породи (пісок, глина, суглинки, вапняки)

(Карпенко та інш., 2008). Крім того, відсипані породи характеризуються різним гранулометричним складом – від мулової фракції (глини, суглинки) до крупних уламків і глиб скельних порід (Долина, 2015).

За мінералогічним і хімічним складом породи відвалів та кар'єрів характеризуються наявністю значної кількості кремнезему, заліза, полуторних окислів та не містять в токсичних концентраціях піриту, хлоридів, рухомого алюмінію та інших фітотоксичних речовин. Вони незасолені або слабозасолені, містять в достатній кількості калій, мало фосфору та майже позбавлені азоту і органічних речовин. Реакція наближена до нейтральної. Нетоксичними є лесовидні суглинки, леси, кварцити, граніти, мігматити тощо. Серед сланцевих порід найбільш токсичними для рослин є талькові сланці в період інтенсивного гіпергенезу, серед карбонатних – вапняковий рухляк (Сметана, Мазур, 2008).

На відвалах формується специфічний мікроклімат, обумовлений його типологічними особливостями, складом субстрату та мікрорельєфом. Мікрокліматичні умови відвалу в цілому і різних його частин залежать від експозиції, крутизни і висоти схилів, а також від вітрового режиму. На вітряній стороні відбувається перенесення тепла, а на підвітряній стороні – застій повітря і сприятливі умови для перегріву. Ці контрасти в розподілі атмосферних опадів помітно відбиваються на інтенсивності поверхневого стоку, водної ерозії та інших природних процесах на схилах різної експозиції. У сніжні зими навітряні схили можуть залишатися без снігу, що накопичується на підвітряних схилах.

Відмінності в зволоженні схилів відвалів відображаються на їх термічному режимі і тепловому балансі. Влітку схили південної експозиції прогріваються інтенсивніше, ніж схили північної сторони. У нічний час схили охолоджуються інтенсивніше, ніж горизонтальні поверхні. Наявність лісової рослинності на схилах впливає на різні параметри їх мікроклімату. У літній період розвиваються типові літні погодні процеси, аномальні в останні роки через високі температури. В цей час мікрокліматичні контрасти на різних формах і експозиціях рельєфу досягають максимальних значень. Очевидно, що на відкритих ділянках залізорудних відвалів температура поверхневого шару породи в останні роки

стає лімітуючим фактором для виживання рослин, особливо на ранніх стадіях їх розвитку.

У регулюванні водного режиму на відвалах важливе значення має не тільки кількість опадів, терміни їх випадання, але і водно-фізичні властивості субстратів. Порода відвалів, як правило, відрізняється низькою вологоємністю і вологоутримуючою здатністю. Часто вологість субстрату на глибині 0–20 см коливалась від 20–30 % до 14–27 % в залежності від рельєфу та умов вологозабезпечення. Середньокамянисті субстрати мають добру водоутримуючу здатність, проте наявність великої кількості глинистих часток зменшує кількість доступної рослинам води.

Отже, відвали гірничо-збагачувальних комбінатів – невід’ємний елемент індустріального ландшафту Кривбасу. Ці техногенні новоутворення характеризують складність рельєфу, багатоманітність нано- та мікроутворень, гравітаційні явища осипання, ущільнення субстратів відвалів і ґрунтів прилеглих земель, хаотичні шаруватість і різнохарактерне змішування різних гірських порід, розвиток вітрової та водної ерозії, застійні явища, коливання температур та вологості повітря і поверхонь субстратів, часто значні щільність, твердість, висока мінералізованість та низька трофність останніх, специфіка вітрового, теплового, газового, світлового режимів, обумовлена розміром, формою, будовою, орієнтацією у просторі, природою, барвистістю та властивостями порід відвальних урочищ (Маленко, 2017).

Розкриті породи залізорудних відвалів Криворіжжя здебільшого є придатними для поселення і росту на них рослин. Мікроклімат кар’єрів, маючи певні особливості, не чинить суттєвих перешкод для розвитку рослин. В субстратах достатня кількість дрібнозему, в якому акумулюються поживні речовини і доступна для рослин вода. Окрім атмосферних опадів, скельні породи досить активно конденсують атмосферну воду. Породи містять в своєму складі практично всі хімічні елементи, необхідні рослинам. Має місце лише дефіцит азоту, проте він фіксується з атмосфери мікроорганізмами, а також недостаток калію та фосфору.

1.2. Використання листяних деревних порід в озелененні техногенно порушених земель

Значні і дедалі більші масштаби антропогенної трансформації, площі порушених земель, їх негативний вплив на навколишнє середовище, а разом з тим низькі темпи і якість відновлювальних робіт, як і відшкодування нанесеного збитку природному середовищу, актуалізували проблему рекультивації порушених земель. Сьогодні підвищення ефективності рекультивації є не лише фактором забезпечення стійкості, екологічної рівноваги і збереження екосистем, а й фактором забезпечення безпеки життєдіяльності людини. У зв'язку з цим еколого-соціально-економічна оцінка рекультивації порушених земель набуває все більшої необхідності, обов'язковості, своєчасності проведення як на споруджуваних, так і на функціонуючих підприємствах, а також на тих, що закриваються.

Під рекультивацією порушених промисловістю земель розуміють комплекс гірничо-технічних і біологічних, а також інженерних і меліоративних заходів, метою яких є створення і прискорення формування на звільнених після промислових розробок площах оптимальних культурних ландшафтів з продуктивним ґрунтово-рослинним покривом (Колесников, 1974).

Накопичений багаторічний досвід свідчить, що рекультивацію проводять в три етапи (Просторова агроекологія..., 2013). Перший етап – підготовчий або проектно-пошуковий – включає обстеження і типізацію техногенно порушених територій, а також з'ясування специфіки порушень (Моторина, 1975). На цьому етапі проводять дослідження властивостей розкритих порід, класифікацію їх за придатністю до біологічної рекультивації, а також складають рекультиваційні проекти (Капелькина, 2013).

Другий етап – гірничо-технічний, спрямований на зниження ерозійних процесів і підготовку поверхні відвалів для лісопосадок. В межах цього етапу проводять формування поверхні відвалів з подальшим нанесенням на поверхню родючого шару субстрату, доступного для життєдіяльності рослин. Саме

гірничо-технічний етап рекультивації, що представляє складний комплекс планувальних, інженерно-технічних та хіміко-меліоративних робіт, є найбільш затратним, вимагаючим значних капіталовкладень (Природнича географія Кривбасу, 2005).

Третій етап – біологічна рекультивація, яка в залежності від характеру техногенного порушення території може бути спрямована на відновлення родючості ґрунту і повернення цих територій в сільсько- та лісогосподарський обіг, або завершитися озелененням для зниження забрудненості навколишнього середовища (Колесников, 1974; Зайцев и др., 1977; Зверковский, 1999). Біологічний етап рекультивації включає заходи з відновлення родючості порушених земель: внесення органічних і мінеральних добрив, вапнування, посів і посадка рослин та догляд за ними. Ці заходи спрямовані на відновлення флори і фауни.

Широкого поширення в різних країнах світу набули наступні основні напрями рекультивації техногенних ландшафтів в залежності від подальшого цільового використання: сільськогосподарське, лісогосподарське, профілактичне (озеленувальне і санітарно-гігієнічне), створення водоймищ різного призначення, житлове і капітальне будівництво на порушених територіях. Найбільш поширеною є сільськогосподарська, а також лісова рекультивація, до якої умовно можна віднести і деякі види профілактичної рекультивації, пов'язаної з озелененням деревними і чагарниковими породами.

Меліорація, як один із напрямків рекультивації, сприяє створенню більш сприятливих едафічних умов для рослин на відвалах. Фізичні і хімічні методи меліорації відвалів шляхом нанесення на поверхню родючих ґрунтосумішей та їх збагачення за допомогою внесення добрив є досить дорогими. Більш ефективною є фітомеліорація порушених ґрунтів з використанням трав'янистої та деревно-чагарникової рослинності. Так, для збагачення породи відвалів органічними і мінеральними речовинами використовують посіви злаково-бобових травосумішей (Узбек, 2001). З метою підвищення вмісту азоту в ґрунтосуміші відвалів рекомендують висаджувати деревні породи, що фіксують

атмосферний азот: *Robinia pseudoacacia* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, *A. incana* (L.) Moench і *Caragana arborescens* Lam. (Бровко, 2009; Бровко, 2004; Зарубенко, 1972).

Створення лісонасаджень на відвалах відкритих розробок є більш дешевим способом рекультивації, що використовується в Європі ще з середини XIX століття. Лісова рекультивація дієво стабілізує відвальні ландшафти, які утворилися внаслідок відкритого видобутку корисних копалин. Лісонасадження на таких територіях виконують меліоративні функції – вони надійно закріплюють порушену земну поверхню від водної та вітрової ерозії, здатні відновити родючість ґрунтів і в цілому призводять до поліпшення ландшафтно-ї обстановки в гірничопромисловому районі. Це загальновизнані мотиви проведення біологічної рекультивації.

В Німеччині вперше в світі застосовувалися посадки деревних порід на відвалах буро-вугільної промисловості (Брюнінг, 1970; Гурина, 2008). Наприклад, у 1907 р. були створені культури дуба червоного, які збереглися до нашого часу. Тут рекультивація спрямована на створення ландшафту, максимально наближеного до природного. Для цього поверхні відвалів покривають шаром ґрунту, вносять добрива і висівають люцерну, весь урожай якої заорюють на добриво. В наступні роки проводять посадку аборигенних деревних порід з невеликою домішкою екзотів. При цьому дослідниками рекомендовано щільні посадки (0,75 x 0,75 – 1,5 x 1,3 м), при яких сплетіння кореневих систем прискорює підготовку ґрунтового профілю. Найбільш вдалим є посадки з тополею, вільхою сірою і чорною, буком і модриною, дубом та іншими породами (Heisdorf, 1972).

В Польщі дослідження з рекультивації набули широкого розмаху і практичної цілеспрямованості з 1956 року. Найбільш поширена лісова рекультивація (Гурина, 2008). Експериментальним шляхом встановлено, що заліснення відвалів необхідно проводити в 2 етапи: спочатку висадка порід меліоративного призначення (вільха сіра, клен, тополя, верби, берест, горобина,

маслинка), потім – господарського (дуб, ясен, модрина європейська, липа та ін.) (Skavina, 1969).

Перші роботи з рекультивації відвалів вугільних розробок в Америці були проведені в 1918 р. в штаті Індіана, де успішно був закладений фруктовий сад (Kohnke, 1950). В подальшому були значно розширені роботи з підготовки відвалів, посіву трав, створенню лісових культур та інш. (Русский, Котровский, 1972).

G.L. Lowry зі співавторами наводять дані про те, що внесення органічних речовин в піщані ґрунти з високою кислотністю, а також внесення органічних добрив поліпшують властивості ґрунтів та ріст культур (Lowry et al., 1962). В той же час покращення властивостей гірських порід з часом відбувається в результаті впливу води та вивітрювання.

G. Limstrom (1964) узагальнив досвід створення лісонасаджень на відвалах в Центральних штатах: були зроблені висновки про потенційну родючість розкритих порід, залежність росту культур від механічних властивостей гірських порід та рельєфу місцевості, непридатність посіву деревних порід (Limstrom, 1964). За наявності щільного травостою спостерігаються менші показники приживлюваності і росту культур, які значно покращуються при розрідженому трав'яному покриву (Limstrom, 1964).

Озеленення породних відвалів в США проводять шляхом посадки саджанців деревних рослин, а також посіву насіння, використовуючи при цьому хвойні породи та швидкорослі види тополь (Frouz, Franklin, 2014; Dallaire et al., 2016; Monteleone et al., 2017).

В Англії найбільшого поширення набула сільськогосподарська рекультивація і використання відвалів з метою містобудування. Досвід з посадки лісових культур показав, що на вершинах кам'янистих відвалів краще застосовувати модрина європейську (James, 1953). На кам'яновугільних розробках були рекомендовані береза, вільха, верба, бузина, глід, а також сосна, бук, явір. При посадках внесення родючого шару не надає переваг, в той час як

глибока оранка сприяє усуненню безструктурності ґрунту і поганого водного режиму (Webber, 2008; Гурина, 2008).

В Болгарії, Угорщині, Румунії переважно розвивається сільськогосподарська рекультивація, проте нерідко на промислових відвалах для оздоровлення середовища і з рекреаційною метою створюються і лісові насадження (Личев, Трейкяшки, 1970; Indorante et al., 1981). В якості піонерних культур можуть бути використані верби, а також сосна звичайна в змішуванні з дубом скельним і бургундським. На піщаних ґрунтах необхідно застосовувати органічні і мінеральні добрива з глибокою посадкою (до 80 см), створювати захисні насадження із гледичії і чагарників (Ганжа, 1965).

В Естонії, де видобуток горючого сланцю проводиться вже більше 90 років, відвали порожніх порід досить складно використовувати в сільському господарстві внаслідок їх високої кам'янистості, легкого механічного складу і низького вмісту поживних речовин. Тому найбільш доцільним видом використання їх є заліснення. Лісовою рекультивацією тут займаються з 1959 р. Попередньо відвали розрівнюють, у місцях, де велика наявність кам'яних уламків, посадку сіянців виконують навесні вручну (Каар, Райд, 1991; Каар, Kiviste, 2010).

Першими спробами заліснення були висадки сосни і модрини, які дали добрі результати. Пізніше застосували посів і посадку сосни. За всіма показниками кращим варіантом виявилася посадка саджанців. Більша увага приділяється створенню змішаних культур. Найбільш придатними є змішані культури модрини, клена та липи, можуть застосовуватися сосна звичайна, береза повисла, модрина японська і європейська, вільха чорна, тополі, обліпіха та ін. (Каар, Райд, 1991).

У Франції, Данії, Бельгії, Італії та інших європейських країнах суттєву проблему охорони навколишнього середовища становить озеленення териконів вугільних шахт і рекультивація кар'єрів будівельних матеріалів (Гурина, 2008). Велике значення надається підбору видів деревних і чагарникових рослин, найбільш стійких до складних екологічних умов, яке проводиться на основі

спостережень за природним заростанням відвалів. Часто на місцях відкритого видобутку створюють зони відпочинку, водойми для спорту та риболовлі (Кожевников, Заушинцена, 2017).

Роботи з рекультивації, крім вище вказаних країн, проводяться також в Австралії, Чехії, Новій Зеландії, Африці та інш. (Cornwell, Kiff, 1973; Hajkova, Deder, 1984; Tacey, Glossop, 1980).

У колишньому Радянському Союзі роботи з рекультивації земель почали розвиватися в кінці 40-х років, а широкий розмаху вони отримали через 10–15 років (Рекультивация земель, 1973; Моторина, 1975; Эскин, 1975; Баранник, 1978; Колесников, Моторина, 1979; Горлов, 1981; Экологические аспекты..., 1984; Переверзев, Подлесная, 1986; Поляков и др., 1987; Кандрашин и др., 1992; Биологическая рекультивация на Севере..., 1992; Капелькина, 1993). Найбільшого поширення набула біологічна, особливо лісова, рекультивація.

В Грузії субстрати рудних відвалів містять 60–75 % скелету у вигляді каменів і 40–25 % – суглинку. Органічних речовин і азоту в них майже немає, калій і фосфор містяться в достатній кількості. На спланованих ділянках практикується посів трав з метою отримання зеленої маси (люцерни, райграса і конюшини) (Гогатишвили, 1970, 1975; Долидзе, Пхаладзе, 1988). Дослідження росту деревно-чагарникових порід показало, що листяні культури в перший рік, а хвойні в перші два роки після посадки ростуть слабо. Краще за всіх зростають культури тополі та акації білої. При цьому зазначають, що прийоми біологічної рекультивації позитивно позначаються на розвитку мікрофлори (Дараселия, 1970).

В Казахстані та Узбекистані інтенсивним порушенням земель охоплені родючі міжгірські або передгірські долини. Розкриті породи відсипаються автомобілями з вершин сопок по схилах, внаслідок чого утворюється рівнинний рельєф, а самі земельні площі стають зручними для сільськогосподарського освоєння (Терехова, 1979; Федосеева, 1977).

На території Росії перші дослід з рекультивації були поставлені ще у 1912 р. на ділянках колишніх торф'яних розробок (Володимирська область), де були спроби вирощення сільськогосподарських рослин (Назына, 2013).

Нині у Підмосковному басейні (Тульська область) надана класифікація форм рельєфу, з урахуванням яких необхідно проводити відповідну рекультивацію. Відповідно до різноманітності фізико-хімічних властивостей ґрунтів запропонована методика оцінки ґрунтосумішей за токсичністю: слаботоксичні, токсичні і сильно токсичні, а за ступенем придатності для біологічної рекультивації – повністю придатні, придатні, малопридатні, повністю непридатні (Зайцев и др., 1977; Моторина, Овчинников, 1975; Моторина, 1985).

При дослідженні процесів заліснення відвалів з видобутку вугілля було встановлено, що серед деревних порід найбільш придатними визнані *Pinus sylvestris* L. і *Betula pendula* Roth. (Миронов, 1964). Для слаботоксичних ґрунтів рекомендуються сосново-березові, а також тополеві і вільхові культури. Для всіх культур характерною є поверхнева коренева система, яка залягає на глибині до 20 см, а довжина бічних коренів сягає 2 м (Миронов, 1964).

На відвалах Єгор'євського родовища фосфоритів (Московська область), що складаються в основному з піску з різними домішками супіску, суглинку та глини, перед створенням культур відвали вирівнювали бульдозером. Слабке заростання відвалів травою, висока приживлюваність сіянців деревних порід і задовільний ріст дозволили уникнути необхідності додаткових лісокультурних доглядних робіт (Хватов, 1973).

У відвалах родовищ фосфоритів Брянської області присутня значна кількість крейди, майже не спостерігається вітрової ерозії, заростання відвалів відбувається більш інтенсивно. Приживлюваність культур *Pinus* і *Populus* на карбонатних супісках і пісках коливається в межах 70–85 %, а на ділянках з великою домішкою крейди – 30–70 %. Посіви трав виявилися успішними як на малокарбонатних пісках, так і на відвалах з незначною домішкою крейди (Хватов, 1973).

На автовідвалах, складених з крейдових та юрських гірських порід (Курська область), висаджувалися *Quercus robur* L., *Betula pendula*, *Ulmus glabra* Huds., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus balsamifera* L., *Acer platanoides* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Corylus avellana* (L.) H. Karst. Дослідження 6-річних культур показали, що кращими породами є *Robinia pseudoacacia* L. і *Elaeagnus angustifolia* L. Інші породи, незважаючи на високу приживлюваність (до 90 %), ростуть значно гірше. Краще зростання всіх порід спостерігається на ділянках, складених з лесовидних суглинків (Хватов, 1974).

При виконанні робіт по закріпленню золовідвалів теплових енергостанцій та териконів на Уралі встановлено, що природна рослинність з'являється дуже рідко, тому при їх озелененні необхідно проводити різноманітні заходи з поліпшення властивостей золовідвалів. Рекомендується одночасно з посівами трав закладати лісосмуги з використанням тополі, осики, яблуні, берези, шипшини, малини тощо (Чибрик, Батурин, 2003; Лукина, 2002; Махнев и др., 2002).

Особливо гостро проблема рекультивації стоїть в північних регіонах (Сибір, Далекий Схід), де в результаті видобутку мінеральної сировини порушено до 54 % земель. На Півночі, в тому числі в Якутії, до 1980-х р.р. проведення рекультиваційних робіт вважалося економічно не вигідним внаслідок їх слабого заселення. При цьому не враховували той факт, що при порушенні земель починається починається мимовільний розвиток небезпечних кріогенних процесів і явищ (Природно-техногенные экосистемы..., 2006). На Півночі роботи з рекультивації порушених земель ускладнюють природно-кліматичні умови та відсутність родючого шару для відсипки, тому застосовуються культурні види трав і мінеральні добрива. В районах поширення мерзлих порід підібрані та випробувані трав'янисті та чагарникові рослини, запропоновані агротехнічні прийоми створення трав'яного покриву, з урахуванням особливостей онтогенезу рослин та їх насінневої продуктивності (Миронова, 2000; Тихменев, 2012).

На території Кабардино-Балкарської республіки природне заростання техногенно порушених земель має низку особливостей у зв'язку з різноманітністю та специфічністю екологічних умов. Природне заростання техногенних новоутворень рослинами відбувається під прямим впливом зонально-кліматичних умов, також кращим ростом і станом характеризуються рослини в нижніх частинах відвалів (Алиев, Панков, Хамарова, 2005).

В Україні накопичені досить значні і цікаві роботи з рекультивації. В широких масштабах лісова рекультивація проводиться з 1961 р. У численних наукових працях повідомляється про рекультивацію відвалів в Дніпропетровській, Кіровоградській, Запорізькій, Миколаївській та інших областях України (Буевский, Зорин, 1969; Бурыкин, Стифеев, 1992; Вербин и др., 1975; Гурин, 1965; Добровольский, 1990; Коломейцев и др., 1968)

Найбільший досвід щодо рекультивації набуто у вугільній промисловості. В процесі відновлення земель у Дніпровському буровугільному басейні практикують нанесення шару родючого ґрунту товщиною 0,5–1,1 м, вносять вапно і буровугільну золу з подальшим вирощуванням багаторічних трав. В межах вугільних кар'єрів основна увага приділяється створенню водойм, пасовищ і лісів.

На підприємствах чорної металургії в межах Донбасу і Львівсько-Волинського басейну також є досвід вдалого проведення рекультивації земель, порушених під час відкритих розробок родовищ залізних і марганцевих руд. На відпрацьованих відвалах проведено планування поверхні і нанесено шар родючого ґрунту товщиною 30–35 см (Сорокіна, 2004). Активно вивчалися питання з добору деревно-чагарникових порід і агротехніки їх створення. Серед випробуваних порід добре прижилися *Robinia pseudoacacia*, *Populus deltoides* L., *Acer platanoides*, *Elaeagnus angustifolia*. Встановлено, що своєчасна посадка, доброякісний посадковий матеріал і регулярний полив є вирішальним фактором для успішного вирощування дерев і чагарників на териконах. Поряд з посадкою деревних порід рекомендується висадка на схилах трав – житняк, пирій повзучий, костриця лучна і ін., застосовувати тераси при посадці деревних порід.

В.І. Баклановим (1971) було встановлено, що на ґрунтах з кислотністю 3,5 можуть рости *Quercus robur*, *Ulmus glabra*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus deltoides*, *Acer platanoides*, *Elaeagnus angustifolia*, *Gleditsia triacanthos* L. і *Rosa canina* L. При зниженні кислотності до 4,5 асортимент порід значно збільшується. Проте зростання культур з висотою відвалу погіршується, схили північної експозиції мають більш сприятливі умови для приживлюваності і росту рослин (Бакланов, 1971).

Лісові культури створювалися на пласких вершинах, схилах відвалів, представлених четвертинними породами. Вершини відвалів попередньо вирівнювалися, проводилася суцільна підготовка ґрунту. Встановлено, що на лесовидних суглинках добре росте *Robinia pseudoacacia*, дещо гірше – *Quercus robur*, ясен зелений і жимолость татарська (Бекаревич, Масюк, 1978; Бекаревич и др., 1976).

Фіторекультивация залізорудних відвалів Криворіжжя почалася в середині 60-х років ХХ століття. Першими спробами лісової рекультивациі були посадки в 1966 р. лісових культур співробітниками кафедри лісових культур Української сільськогосподарської академії на відвалі «Східний» Ганівського родовища Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК). При цьому перед посадкою деревних порід було проведене нанесення на розкритті породи чорноземного шару ґрунту. Посаджені *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Populus deltoides* та дерева інших порід добре прижилися (Мазур, 1997; Панас, 2005; Іванов, Біланюк, 2017).

Під керівництвом В.Ф. Терещенка, який пізніше обґрунтував екологічні принципи і прийоми підбору деревних і чагарникових порід для рекультивациі скельних відвалів Кривбасу, біли проведені в 1969–1974 р.р. досліді щодо рекультивациі залізорудних відвалів без технічного етапу з висадкою рослин безпосередньо у відсипану скельну породу (Терещенко, 1977). У 1974–1975 р.р. співробітниками Криворізького ботанічного саду під керівництвом В.Є. Чайки були закладені дослідні посадки в породу відвалів Північного ГЗК сіянців *P. pallasiana* (Кондратюк, Чайка, 1979; Терещенко, 1993).

Співробітниками Дніпропетровського сільськогосподарського інституту, починаючи з 1962 року, закладалися вегетаційно-польові дослід з рекультивації відкритих розробок залізних і марганцевих руд у Дніпропетровській, Кіровоградській і Белгородській областях. На порушених територіях висівали сільськогосподарські культури, в основному злаки і багаторічні бобові трави (Масюк, Бекаревич, 1978; Мониторинг фитопопуляций, 1993; О рекультивации земель в степи Украины, 1971; Рекультивация карьеров..., 1971; Узбек, 2001).

Починаючи з 70-х років XX ст. і до теперішнього часу заходи з озеленення залізрудних відвалів Криворіжжя з використанням деревно-чагарникових і трав'янистих рослин проводяться співробітниками Криворізького ботанічного саду НАН України, на рахунок яких величезний доробок в цьому напрямку (Коршиков, 1996; Коршиков и др., 2012; Коршиков, Красноштан, 2012.; Кучеровский и др., 1988; Мазур, Кучеровський, 2005; Коршиков и др., 2006; Коршиков, Жуков, Терлыга и др., 2006; Естественное облесение железорудных ..., 2005; Коршиков, Красноштан, 2013, 2010, 2012; О необходимости мониторинга..., 2009).

Т.В. Плутіною, В.Є. Чайкою, Т.Т. Чуприною (1981), а також І.А. Комісаром (1990) та іншими дослідниками вивчено природне заростання кварцитних відвалів Кривбасу та запропонований ряд видів природної флори для їх рекультивації. Широкий асортимент деревних та чагарникових рослин для рекультивації кварцитових відвалів запропонований І.А. Добровольським та В.І. Шандою (1977). І.А. Комісар (1990) рекомендує висаджувати саджанці у траншеї глибиною 70–80 см, оскільки менш глибока висадка дає негативні результати.

Для зменшення шкідливого впливу кар'єрів на навколишнє середовище на бермах відвалів Криворіжжя впродовж 70-х років були висаджені *Robinia pseudoacacia* L., *R. viscosa* Vent., *Rhus typhina* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Populus italica* (Мазур, Сметана, 1999; Давыдов и др., 1971). Науковцями Криворізького ботанічного саду, які досліджували відвали відсипані скельними гранітами, рекомендовано для фітомеліорації *Pinus pallasiana* та *Robinia pseudoacacia*.

Позитивне пристосування показали *Acer tataricum*, *A. negundo*, *Padus avium*, *P. serotina* (Ehrh.) Ag., *P. Mahaleb* (L.) Borckh., *Berberis vulgaris*, *Ligustrum vulgare*, *Swida sanguinea*, *Amorpha fruticosa* (Мазур, Кучеревський, 2001).

На сьогоднішній день в процесі підготовки відвалів до озеленення гірничотехнічний етап рекультивації замінено структурним керуванням, в ході якого змінюється форма рельєфу відвалу гірничою технікою ще на етапі їх відсипки (Пат. на корисну модель № 65959, 2011). При біологічній рекультивації відвалів для створення штучних лісових насаджень широко використовують *Robinia pseudoacacia*, *Populus italica*, *Cerasus mahaleb* (L.) Mill, *Hippophae rhamnoides* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Ulmus pumila* L., *Betula pendula* Roth, *Pinus sylvestris* L., *Pinus pallasiana* D. Don тощо (Добровольський, 1979; Жизнеспособность древесных ..., 2012; Коршиков, Красноштан, 2010; Мазур, Кучеревський, 2001).

1.3 Природне відновлення рослинного покриву на відвалах

Останнім часом темпи та обсяги лісової рекультивації промислових відвалів в Україні суттєво знизилися, а в багатьох випадках рекультиваційні роботи і зовсім відсутні. Тому при розробці методів та способів біологічної рекультивації відвалів велике значення мають результати їхнього природного заростання.

Відновлення техногенних земель починається з «нуля» за відсутності свіх живих компонентів біоти. Їх заселення живими організмами вдбвається спонтанно; процес цей довготривалий, його спрямованість та швидкість залежать від багатьох факторів.

Породи, які складають едафотоп, різняться за хімічними, фізико-механічними, гідрологічними тощо властивостями. Крім того, однакові за породним складом ділянки можуть помітно відрізнятися за їх стійкістю і за рельєфом (крутизною схилів, експозицією). Як уже відмічалось, загальною ознакою всіх розкривних порід є відсутність у них органічної речовини та низька

забезпеченість елементами мінерального живлення в доступній для рослинформі. Тож інтенсивність природного заростання відвалів визначається типом субстрату, його фізико-механічними властивостями, рельєфом, водним і температурним режимами.

На початкових етапах заростання залізородних відвалів із прилеглих територій на них заноситься насіння деревних та трав'янистих рослин, яким властиві піонерні риси – висока енергія проростання, довгий період зберігання схожості насіння, інтенсивний ріст кореневої системи, посухостійкість, висока екологічна пластичність тощо (Мазур, Сметана, 1999; Давыдов и др., 1971; Коршиков, Красноштан, 2012; Плугіна та ін., 1981; Рева та ін., 1993).

На відвалах буровугільних кар'єрів Красноярського краю і відвалах підприємств кольорової металургії Уралу та Сибіру були виділені 2 стадії процесу самозаростання: 1 – піонерна рослинність, яка з'являється на відвалах через 4–5 років після їх відсипки и триває 3–4 роки; 2 стадія – злаково-різнотравний покрив за участю дерев і чагарників. З'являється з 8-го року існування відвалів і формується до 17–26 років (Русский, Котровский, 1972; Шилова, 1970).

Самозаростання відвалів видобутку вугілля на Середньому Уралі ускладнюється зі збільшенням їх висоти. Круті схили відвалів внаслідок постійного впливу ерозії, яка заважає закріпитися насінням рослин, заростають значно гірше, ніж верхні пласкі ділянки. Схили високих відвалів більш як за 30-річний період заростали деревною рослинністю знизу від підніжжя лише до 1/3 їх висоти. Лісовідновлення на відвалах у лісовій зоні при достатньому налеті насіння відбувається цілком задовільно в основному *Pinus pallasiana* L., *Betula pendula* Roth, *Hippophae rhamnoides* L., *Salix caprea* L. Причиною слабого лісовідновлення на окремих ділянках відвалів є несприятливі для зростання дерев та чагарників водно-фізичні властивості субстрату, швидке задерніння поверхні злаками та слабкий налет насіння (Микрюкова, 2006; Микрюкова, Залесов, 2006).

Процеси заростання відвалів Бориславського озокеритового родовища відбуваються повільно. Більша їх частина понад 20 років після останнього відсипання породи позбавлена рослинного покриву. Основним обмежувальним чинником формування фітоценозів на відвалах є засолення субстрату. Піонерами заростання тут виступають трав'янисті солестійкі види, характер поширення яких залежить від сезонних і просторових змін водно-сольового режиму субстрату: очерет звичайний, полин звичайний. Особливу роль у процесах заростання відвалів відіграє *Hippophae rhamnoides*, яка поширюється здебільшого на схилах. Поширені здебільшого кущові форми обліпихи, що зумовлено сприятливими для горизонтальної партикуляції коренів умовами. Завдяки біоморфним особливостям рослин відбувається захоплення нових територій від центру у радіальних напрямках (Цайтлер, Скробач, 2016).

На свіжоутворених відкритих схилах відвалів фосфогіпсу (ПАТ «Сумихімпром», с. Токарі, Сумська обл.) рослинність відсутня, а в разі засипання схилів суглинистим субстратом спостерігається мозаїчність рослинного покриву – від поодиноких екземплярів до заростання 1/3 проективного покриття площі. На старих, рекультивованих суглинком, схилах відвала проективне покриття трав'янистої багаторічної рослинності повне, на нижній терасі, крім трав'янистої, починає оселятися деревна рослинність, що є свідченням постійних повільно діючих сукцесійних змін у рослинних угрупованнях (Яхненко та ін., 2016).

Процес самозаростання поверхонь породного відвалу ліквідованої шахти «Селидівська» (ДП «Селидіввугілля», Селидове, Україна) триває декілька десятків років після його відсипання. Однак ще до закриття шахти в окремих місцях відвалу спостерігалася рослинність, яка була представлена окремими деревами (*Robinia pseudoacacia*, *Populus nigra*, *Fraxinus exelsior*), невеликими чагарниками (*Rosa canina*, *Sambucus nigra*) та трав'янистою рослинністю вздовж нижнього контуру основи відвалу. Впродовж декількох років після припинення діяльності шахти поверхня відвалу порівняно швидко заселялася первинною рослинністю, типовою для степової та лісостепової зони. Домінуючими видами

стали сорно-рудеральні сміттєві види, а також дикі злаки з потужною кореневою системою (Ковров, 2001).

Для породних відвалів шахт Червоноградського гірничо-промислового району характерним є заростання спочатку деревно-чагарниковою рослинністю, під наметом якої починають поселятися трави. Піонерами териконів є *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Pinus sylvestris*, поселення яких спостерігається навіть на стадії окислення при високому вмісті токсичних речовин. Трав 'янисті рослини спочатку окремими особинами, потім невеличкими куртинами розташовуються у мікропониженнях, вздовж ерозійних ліній, відмежовуючись ділянками, зовсім незаселеними рослинами. Їх вплив на середовище незначний, а місце розташування і видовий склад може змінюватись через специфічність субстрату (Башуцька, 2002; 2002а).

Хід та швидкість природного заростання промислових відвалів залежить від різних факторів: наявності токсичних речовин в субстраті, температурного і водного режимів, особливостей мезорельєфу тощо (Баранов, 2008; Баранов, Книш, 2007; Kabrna, 2011, Башуцька, 2006; Попович та ін., 2011, Попович, 2009; Прозорова, 1987, Добровольский, Шанда, 1976). Наприклад, заростання териконів вугільних шахт Донбасу починається через 30–40 років після відсипки (Коршиков, Жуков, 2008; Рева, Хархота, 1968), відвалів Львівсько-Волинського вугільного басейну – через 10–15 років (Башуцька, 2006). При цьому піонерними рослинами є види з широкою екологічною амплітудою та характерними ознаками ксероморфності, серед яких – потужна коренева система, що проникає глибоко у ґрунт, опушення та восковий наліт на листках і стеблах (Сафонова, Рева, 2009).

Видовий склад рослин, які з'являються внаслідок природного заростання відвалів, визначається природно-кліматичними чинниками та водно-фізичними властивостями відвальних субстратів (Башуцька, 2006; Жуков, 1999; Попович та ін., 2011). Контрасти на експозиціях схилів і складний мікрорельєф спричиняють виникнення локальних мікрокліматів, асиметричний розвиток явищ вивітрювання, розподілу та акумуляції тонкодисперсних продуктів

вивітрювання, внаслідок чого створюється певна сукупність екологічних ніш з різними режимами зволоження, теплозабезпечення та ґрунтового живлення, зумовлюючи неоднорідність в таких ландшафтах сукцесій рослинності (Панас, 1989). На початковому етапі, у багатьох випадках, заселення відвалів насінням вищих рослин відбувається одночасно з мікроорганізмами, водоростями та лишайниками (Ярков, 2008). На швидкість заростання відвалів в залежності від їх висоти і розташування джерела насіння вказували раніше Лукьянец, Колесников (1971), а також Рева, Бакланов (1974), Масюк (1975) та інші автори в різних регіонах України.

Залізорудні відвали Кривбасу, від моменту відсипки позбавлені будь-якого рослинного покриву, відрізняються за темпами природного заростання (Коршиков, Красноштан, 2010). Природне заростання суглинистих та глинистих відвалів розпочинається вже в перший рік після завершення відсипки з формування піонерної травяної рослинності. Суглинки заростають швидше внаслідок повітряної міграції оліготрофних мікроорганізмів, які утворюють азотфіксуючий комплекс у субстратах відвалів, що призводить до спонтанного формування родючого шару. З роками видовий склад рослинності поступово збільшується. З насіння деревних порід, що проросли у сприятливих умовах, виникають *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Ulmus glabra*, *Elaeagnus angustifolia* та інш. Скельні породи, особливо сланці, заростають повільно. Перші рослини з'являються після 5–10 років відсипки (Біотехнологія рекультивації залізорудних відвалів..., 2015).

На відвалах Центрального гірничо-збагачувального комбінату (ЦГЗК) з успіхом зростає *Betula pendula* Roth., насіння якої з потоками повітря, дощовими і талими водами поширюються на значні відстані від продуктивних материнських дерев. На сприятливих занижених ділянках відвалів з дрібним гравієм можуть формуватися суцільні зарості з молодих берез, чисельність яких сягає кілька десятків особин на 1 м². Активно колонізує *B. pendula* локальні згарища в насадженнях сосни (Коршиков, Терлыга, Мазур и др. Естественное..., 2006). Поселяється *B. pendula* на схилах відвалів, в тому числі і на ділянках з

великими уламками породи. Повсюдно цей вид на відвалах розвивається без явних ознак пригнічення, формуючи повноцінні одноствбурні дерева. *B. pendula* належить до числа найбільш стійких і перспективних видів для озеленення залізорудних відвалів Криворіжжя (Коршиков, Петрушкевич, 2020).

До поширених і стійких видів, що використовуються в біологічній рекультивації залізорудних відвалів, також належить *Padellus mahaleb* (L.) Vass., який зустрічається на більшості відвалів ПівнГЗК, потрапляючи туди шляхом занесення насіння за допомогою птахів. Кущі *P. mahaleb* успішно зростають на крутих щербенистих схилах відвалів, сягаючи в висоту 6-8 м, а в діаметрі крони 9-12 м (Коршиков, Красноштан, 2012).

Дещо гірші результати показало використання у фіторекультивації *Ulmus rumila* L. Цей вид на відвалах відрізняється середнім рівнем стійкості. У багатьох одноствбурних дерев спостерігається передчасне всихання скелетних гілок (Коршиков, 2010). В умовах відвалів *U. rumila* досить активно розмножується насіннєвим шляхом та утворює широкий спектр життєвих форм: від одноствбурового досить крупного за габітусом дерева до невеликого сланкого куща (Данильчук, Терлыга, 2007).

Hippophaë rhamnoides L., насіння якої заносяться на відвали птахами, слід віднести до числа життєстійких видів рослин в умовах залізорудних відвалів. В умовах відвалів цей вид відрізняється високою вегетативної рухливістю. Це один з тих видів, який слід вводити в широку практику озеленення берм, терас і пласких вершин залізорудних відвалів Криворіжжя (Коршиков и др., 2008).

Також до числа видів, насіння яких заносяться повітряними потоками на відвали, відносяться *Acer campestre* L., *A. negundo* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *F. excelsior* L., а також *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Однак поширеність їх на відвалах досить низька, в той час як на суміжних з відвалами територіях ці види представлені у значній кількості. Всі ці види використовувалися в практиці рекультивації окремих відвалів, однак виживали лише окремі особини (Комісар, 2002). Великі одно- і багатостовбурові дерева *A. campestre*, *A. negundo*, *F. lanceolata* і *F. excelsior* збереглися лише на нижніх бермах відвалів.

Серед поширених по поверхнях відвалів і кар'єрів видів деревних порід на особливу увагу заслуговують види роду *Populus* L. як невибагливі та швидкоростучі породи. Ці види одними з перших з'являються як на пласких ділянках відвалів, так і на їх схилах. Внаслідок високої парусності насіння розлітається на значні відстані і, потрапляючи у сприятливі умови, проростає. Види роду *Populus* L. активно колонізують залізорудні відвали та утворюють цілі куртини на їх поверхнях. На сьогоднішній день на схилах відвалів та кар'єрів виявлено 6 видів і 1 гібрид тополь: *Populus alba*, *P. bolleana*, *P. deltoides*, *P. italica*, *P. simonii*, *P. tremula* і *P. x berolinensis*. Основу деревних насаджень складають *P. alba*, *P. italic* і *P. deltoides*, а також *P. simonii*, насадження якого дещо менші за площею (Данильчук, Коршиков, 2018; Данильчук, 2012).

Деревні види, які здатні на промислових відвалах не лише рости на місці культивування, але й завдяки відсутності конкуренції та своїм біологічним особливостям стихійно розповсюджуватися й захоплювати нові ділянки, є більш корисними з практичної точки зору (Коршиков, Петрушкевич, 2020).

1.4. Адаптивні зміни у деревних рослин в екстремальних умовах зростання на породних відвалах

Штучні посадки деревних видів рослин, що відновлюються насіннєвим шляхом, на початковому етапі рекультивації є ефективним методом для подальшого природного заліснення залізорудних відвалів Криворіжжя. Цей спосіб досить тривалий у часі, однак він надійний і не вимагає значних капіталовкладень в озеленення відвалів.

Насадження, що виникли на відвалах в результаті їх природного заростання, дозволяють провести критичну оцінку адаптивного потенціалу окремих видів (Коршиков и др., 2002). Особливої уваги серед таких видів заслуговують ті, які здатні до активного розселення за рахунок вегетативного та генеративного поширення. Серед деревних рослин в інтродукційних насадженнях степової зони України таких видів вкрай мало. Вважається, що

видам-інтродуцентам, що розселяються самосівом, властиві вищий ступінь приживлюваності і висока життєвість (Бровко, 2009).

В популяційній біології рослин в 90-х роках XX століття з'явилася концепція поліваріантності розвитку рослин (Воронцова, Гатцук, 1987; Заугольнова и др., 1988; Жукова, 1995). При цьому онтоморфогенез особин стали розглядати не як сувору послідовність онтогенетичних станів, а як їхню сукупність з різними взаємопереходами.

В степовій зоні України деякі з деревних інтродуцентів в ході онтогенезу перебувають у стані інтродукційного стресу (Нухимовский, 1997), який для багатьох з них стає критичним. В умовах інтродукційного ареалу відбувається трансформація в організації біоморф багаторічних видів рослин та в їх поведінці навіть у культурі (Крохмаль, 2016). Поліваріантність онтоморфогенезу в мінливих умовах середовища призводить до утворення різних життєвих форм в межах виду.

Життєва форма, або біоморфа, не є константною у квіткових видів рослин. В ході онтоморфогенезу вона динамічна у часі і просторі в залежності від сприятливості умов існування. Різноманіття біоморф є результатом процесу формоутворення з використанням видоспецифічних морфобіологічних адаптацій пагонів формування, наростання та їх систем. Інакше кажучи, життєві форми відображують особливості екологічних умов екотопів, в яких вони розвиваються, і тим самим можуть виступати в ролі індикаторів умов середовища (Телятников, 2007).

В екологічно несприятливих техногенних екотопах змінюються процеси формоутворення у рослин і зростає різноманітність життєвих форм (Жукова, 2001, Чистякова, 1988); проявляється внутрішньовидова пластичність в морфогенезі. Наявність різних типів життєвих форм часто відмічається в межах одного виду в складних едафічних умовах, що є проявом мультिवаріантності онтоморфогенезу або внутрішньовидової пластичності.

У широколистяних дерев виділено 8 життєвих форм (Чистякова, 1988): 1) одноствбурне, 2) поростеутворююче дерево, 3) малостовбурне дерево, 4)

багатостовбурне дерево, 5) куртиноутворююче дерево, 6) кущова форма з довгим ксилоризомом, 7) «торчок» з однією віссю, 8) кущоподібний «торчок» з багатьма осями. В основу їх диференціації покладено 2 групи ознак: ступінь вегетативної рухливості та умови існування. При цьому дослідження умов існування необхідне для того, аби зрозуміти, як в різних екологічних умовах середовища відбувається трансформація життєвої форми рослинного організму.

На сьогоднішній день поліваріантність онтогенезу більш детально досліджена у дерев, ніж у чагарників (Заугольнова, 1971; Мазуренко, 1978а; Чистякова, 1978, 1979, 1987, 1988; Кожевникова, 1981; Смирнова и др., 1984; Полтинкина, 1985; Буланая, 1986, 1989; Кутьина, 1987; Диагнозы и ключи ..., 1989; Восточноевропейские..., 1994; Smirnova et al., 1999; Бобкова, 2001; Романовский, 2001; Панов, 2007; Гниловская, 2009; Костина и др., 2013; Ситников, 2014; Евстигнеев, 2014; Evstigneev, Korotkov, 2016; Киричок, 2016).

Для тундрових і лісотундрових угруповань описані невеликі деревця верб, сланкі чагарники, аероксильні та геоксильні кущі, чагарники з підземними і наземними ксилоризомами. Основну формоутворюючу роль в біоморфі відіграють сильні вітри, сухість субстрату та малосніжність (Дервиз-Соколова, 1967; Минеева, 1980; Полозова, 1990). Такі умови призводять до відмирання пагонів поновлення, до утворення потовщених ксилоризомів і в цілому до переважання підземної частини рослин над надземною (Дервиз-Соколова, 1967; Недосеко, 2010).

За спостереженнями К.С. Ситникова (2014), в ценопопуляціях *Alnus incana* на заплавах територіях трапляються особини трьох життєвих форм: одностовбурне дерево, мало- та багатостовбурні дерева, а також паростеутворююче дерево.

Е.И. Киричок (2016) при дослідженні онтогенезу *Juniperus excelsa* M. Bieb встановила декілька аспектів поліваріантності розвитку. Один з них проявляється в утворенні крон різної форми в межах одного онтогенетичного стану (конусоподібна, ширококонусоподібна, шароподібна, чашоподібна та ін.), інший у – формуванні різних форм росту (одностовбурне та багатостовбурне

дерево). Крім того, були відмічені різні варіанти проходження онтогенезу (завершений і незавершений).

Сланка форма росту у деревних порід часто формуються на схилах або сильно затінених вирівняних ділянках у *Tilia cordata*, *Acer campestre*, *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana* (Мазуренко, 1980; Диагнозы и ключи..., 1994; Ситников, 2014). Подібна форма росту описана також у *Quercus robur* на крейдяних холмах (Мильков, 1951) та схилах вершин хребтів, де на утворення сланкої форми дуба впливає висота і орієнтація схилу, а також сила вітру (Іванова, Мазуренко, 2012).

Характерною формою росту для *Hippophaë rhamnoides* є вегетативно-рухливий аероксильний кущ, що представляє собою систему парціальних коренепаросткових кущів, окремі парціальні утворення якого можуть складатися з пооднокіх стовбурів або кущів (Сагалакова, Бардонова, 2011).

У *Sambucus racemosa* під пологом лісу формується життєва форма дифузного аероксильного чагарника, один стовбур якого полягає, вкорінюється і дає початок новому кущу на певній відстані від материнського (Диденко, Евстигнеева, 2002).

Рослини, які поселяються на промислових породних відвалах, що не мають аналогів у природних системах, мають пристосовуватися до всього комплексу несприятливих, часто екстремальних, чинників. Впродовж свого росту та розвитку на відвалах рослини зазнають суттєвих змін, перш за все, у ростових та метаболічних процесах. Тому для запобігання негативному впливу промислових відвалів на довкілля та відновлення на порушених територіях рослинного покриву важливим є дослідження формування та розвитку рослинного покриву на порушених промисловістю територіях, а особливо видів, для яких характерний високий рівень екологічної пластичності.

Висновки по розділу:

1. Накопичений досвід рекультивації промислових відвалів різних гірничовидобувних виробництв свідчить, що перевагу в їх озелененні віддають

деревним породам. У залісненні відвалів гірничорудних виробництв, розташованих в степовій зоні, найчастіше використовували види-інтродуценти, як більш стійкі та витривалі у складних умовах зростання.

2. Фізико-хімічний і механічний склад розкритих порід, з яких відсипані відвали, а також гідрологічний і температурний режим у поверхневому шарі відвальних субстратів зумовлюють специфіку і швидкість процесів формування природних фітоценозів та їх видовий склад.

3. Інформація про морфологічні зміни в будові надземної та підземної частин деревних порід в напружених умовах зростання розширює уявлення про їх адаптивний потенціал та можливості сприяння процесам природного заростання промислових відвалів.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика району досліджень

Рельєф території Придніпровського регіону має відбиток основних рис поверхні південної частини Східноєвропейської рівнини, що характеризується чергуванням висот та низовин. Загальні риси будови рельєфу Дніпропетровської області обумовлені результатами діяльності та складної історії геологічного розвитку. Майже вся вона розташована в межах Східноєвропейської платформи, на території якої процеси складкоутворення скінчились вже в пізньому протерозої.

Криворізький регіон розташований на південному сході Центральної України. Адміністративно понад 90 % його площі знаходиться в південно-західній і західній частині Дніпропетровської області, і тільки на північному заході він заходить на територію сусідньої Кіровоградської області.

Географічні координати регіону:

північ – $48^{\circ} 19'$ північної широти;

південь – $47^{\circ} 28'$ північної широти;

захід – $32^{\circ} 58'$ східної довготи;

схід – $33^{\circ} 47'$ східної довготи.

Територія Криворіжжя становить 4,1 тис. км², що дорівнює 0,67 % від усієї площі території України. Протяжність із півночі на південь понад 96 км, із заходу на схід – 62 км.

Регіон знаходиться в степовій ландшафтній зоні з помірно-континентальним кліматом, у басейні середньої течії р. Інгулець та її приток і частково на сході р. Кам'янки (притока р. Базавлук), які впадають у р. Дніпро. Геологічну основу Криворіжжя складають докембрійські утворення Українського щита. Північна частина Кривбасу розташована на Придніпровській височині та її південних відрогах, а південна – на ледь похилій

Причорноморській низовині, яка відповідає ділянці занурення південних схилів Українського кристалічного щита. Тому з півночі на південь відбувається зменшення абсолютних висот від 170-195 м до 80-90 м та роздрібненості з 2,3-2,5 до 0,3-0,5 км на км² (Казаков та ін., 2005).

Впродовж тривалого часу природний рельєф у межах м. Кривий Ріг зазнавав усебічного перетворення з боку людини внаслідок активного видобутку корисних копалин. Основним типом техногенного рельєфу тут є гірничопромисловий рельєф, що представлений кар'єрами, відвалами, проваллями та зонами зрушення шахт, штучними підземними порожнинами (Казаков та ін., 2005). На сьогодні загальна площа гірничопромислового рельєфу на території м. Кривий Ріг становить 17,1 тис. га:

площа кар'єрів – 4,2 тис. га;

площа відвалів – 7,0 тис. га;

площа шламосховищ – 5,5 тис. га;

площа шахтних провалів і зон зрушення – 3,4 тис. га.

Наведені цифри постійно змінюються через невпинне продовження та розростання гірничодобувних робіт та відвалоутворення.

За фізико-географічним районуванням України, територія Криворізького залізорудного басейну знаходиться в Степовій зоні, Північностеповій підзоні, Дністровсько-Дніпровському краї, Південно-Придніпровській схилово-височинній області, Середньоінгулецько-Саксаганському районі (Маринич та ін., 2003).

За геоботанічним районуванням України, територія Криворізького залізорудного басейну відноситься до Євразійської степової області, Понтично-степової провінції, Чорноморсько-Азовської підпровінції, Бузько-Дніпровських (Криворізьких) різнотравно-злакових степів, байрачних лісів та рослинності гранітних відслоювань геоботанічного округу, Софієвсько-Марганецького геоботанічного району (Природа Украинской ССР..., 1985; Пащенко, 1985; Дідух, Шеляг-Сосонко, 2003).

Згідно зі схемою агрокліматичного районування, Криворізький регіон відноситься до помірно-континентальної суббореальної семіаридної кліматичної підзони. У зв'язку з тим, що територія Криворіжжя знаходиться в глибині континентального простору Євразії, на значній відстані від Атлантичного океану, повітряні маси із заходу надходять вже трансформованими – більш спорожнілі від вологи та сухі. З півночі повітряні маси досягають території Криворіжжя дещо прогрітими й сухими, особливо навесні та влітку. Зі сходу континентальне повітря приходить сухим, взимку дуже холодним, а влітку – теплим і жарким. Тому характерними рисами клімату Криворіжжя є спекотне сухе літо, досить холодна, а в більшості випадків малосніжна зима, інтенсивно перебігаюча весна, часті посухи та суховії (Булава, 1990; Горб, Дук, 2006).

Найбільш сонячними місяцями року є липень та серпень, коли тривалість світлового дня за місяць складає 280–310 годин, мінімальні величини цього показника (30–40 годин) припадають на грудень. Середня температура найтеплішого місяця (липень) близько 21°C. Абсолютний максимум температури складає 41°C, а зафіксований абсолютний мінімум сягає -38°C. Середньодобова температура самого холодного місяця (січень) становить -5°C. Сума температур вища 5°C змінюється від 125 до 135 діб за рік. Сума активних температур вища 10°C за вегетаційний період складає від 3000°C на півночі регіону до 3200°C – на півдні, тривалість цього періоду становить 165–175 діб. Весняні заморозки в середньому тривають до 25 квітня, а осінні починаються з 10 жовтня (Природа Украинской ССР..., 1984). Сума опадів за вегетаційний період складає приблизно 250 мм, а за рік – 400–460 мм. Найбільш посушливими місяцями є січень-березень та вересень. Середній показник випаровування для Кривого Рогу складає 740 мм, а середній коефіцієнт зволоження – 0,54. Коефіцієнт зволоження за М.М. Івановим (Булава, 1990) становить 0,53, що характеризує Криворіжжя як територію з недостатнім і нестійким зволоженням. Сумарний річний дефіцит зволоження складає в середньому 481 мм, 95 %

атмосферних опадів витрачається на випаровування і лише 2–2,5 % – на підземні і 3–5% – поверхневі стоки (Булава, 1990).

При характеристиці регіональних кліматичних умов необхідно також враховувати похідні кліматичні явища, що виникають в гірничопромислових ландшафтах, де відбуваються суттєві зміни характеристик підстилаючої поверхні, як одного з основних кліматотвірних чинників. Цей факт, в свою чергу, впливає на зміну радіаційного режиму, циркуляцію атмосфери і зміну загального термічного режиму техногенних територій (Природнича географія Кривбасу, 2005). При зіставленні клімадіаграм 2008–2009 та 2018–2019 років (рис. 2.1) варто зазначити, що останнім часом у Криворіжжі спостерігається тенденція до прояву все більш тривалих періодів посухи в основному у другій половині літа та початку осені, проте бувають роки з посушливими весняними періодами. Крім того, відбувається збільшення середньомісячних температур впродовж вегетаційного періоду в середньому на 5°C (рис. 2.1).

Річні показники сумарної сонячної радіації становлять 108-110 ккал/см². Вітри з швидкістю 2–5 м/с дують 250 днів на рік. За напрямом переважають північні (49 %) та східні вітри, тоді як південні вітри спостерігаються рідко. Переважання північних та північно-східних румбів також обумовлено місцевими факторами (спрямованість долин річок Інгулець та Саксагань) (Природа Украинской ССР..., 1985; Борисов, 1975).

Сильні вітри зі швидкістю понад 15 м/с спостерігаються в середньому 28 днів на рік. Суховії та пилові бурі бувають 6–20 днів на рік (Казаков та ін., 2005). Отже, вищенаведені дані свідчать про те, що на Криворіжжі негативними факторами для успішного росту і розвитку деревних рослин є недостатність вологи у другій половині літа, високі температури та часті вітри, що призводить до різкого зниження вологості повітря і ґрунту в період вегетації рослин.

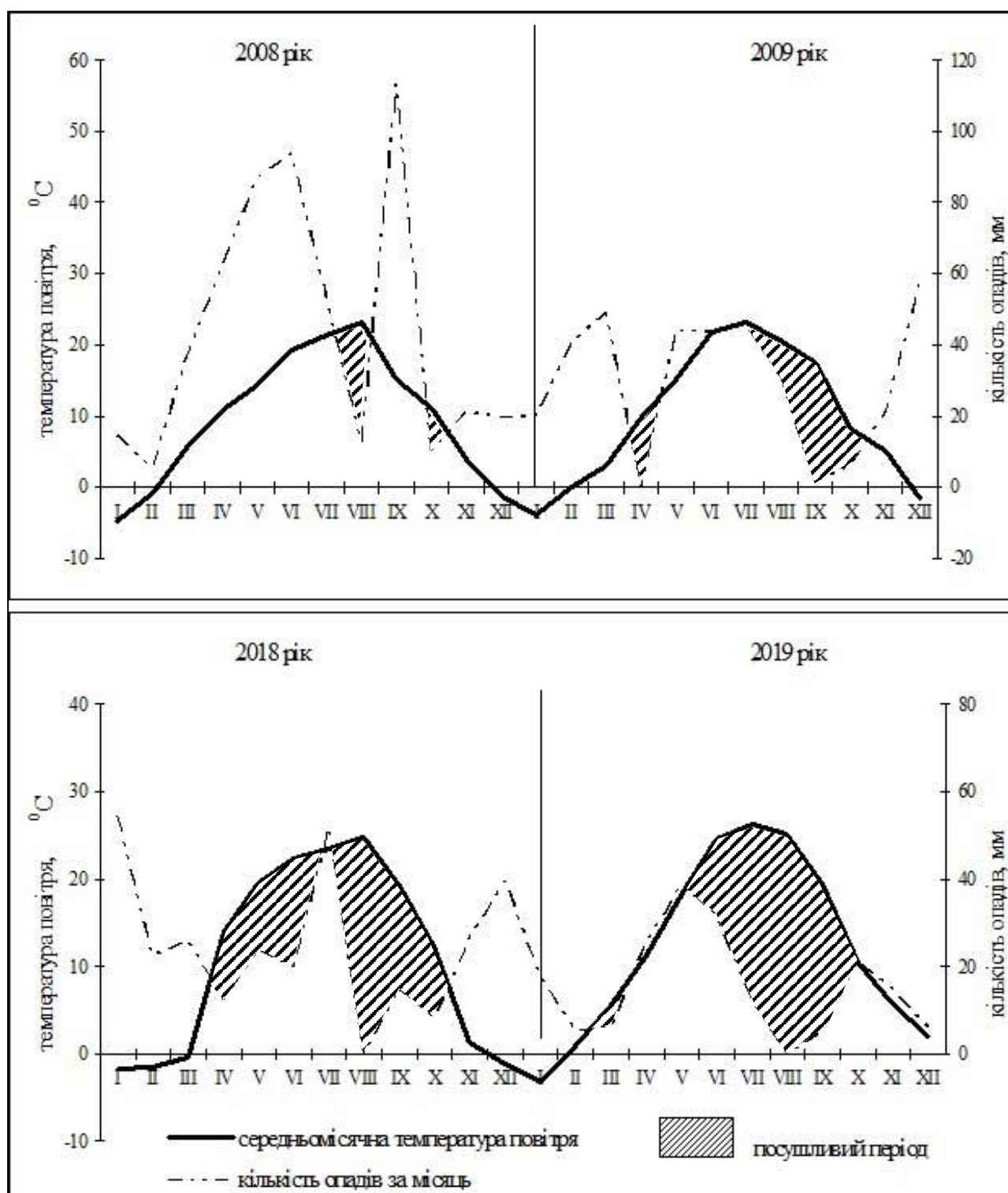


Рис. 2.1. Клімадіаграми 2008–2009 р.р. (за даними метеостанції Лозуватка) та 2018–2019 р.р. (за даними метеостанції «Davis 6152C Vantage Pro 2», територія КБС НАН України)

Згідно з агроґрунтовим районуванням України, Криворіжжя входить до складу Дністровсько-Дніпровської провінції, яка відноситься до підзони

чорноземів звичайних північного Степу, а також до Азовсько-Причорноморської провінції, яка відноситься до південностепової підзони чорноземів південних (Вернардер, 1986; Назаренко та ін., 2004).

Ґрунтовий покрив району досліджень складається з чорноземів звичайних малогумусних, які займають близько 70 % площі Кривбасу. Чорноземи південні та лучно-чорноземні ґрунти займають 20–25 % і 5–10 % площі відповідно. На півночі переважають чорноземи важко-суглинисті, південніше – легкосуглинисті малопотужні різновиди з вмістом гумусу в орному шарі в середньому 3–5 %. У заплавах, а також у комплексі з південними чорноземами на периферії подів і мікрозападин поширені лучно-чорноземні ґрунти, які характеризуються великим запасом елементів мінерального живлення і глибоким гумусованим горизонтом потужністю 60–70 см.

Ураховуючи сучасні показники гумусового стану ґрунтів та генетичних горизонтів, слід відзначити, що гумусовий горизонт чорноземів звичайних Криворіжжя оцінено як типовий, а вміст гумусу – як середній та нижче середнього. Запаси гумусу в середньому становлять в шарі ґрунту 0–20 см 80–100 т/га, в шарі 0–100 см 330–350 т/га (Бирюкова, 2004; Орлов, Бирюкова, Розанова, 2004).

Сучасний рослинний покрив Криворіжжя має трансформований характер внаслідок інтенсивної господарської діяльності. Зональна степова рослинність нині існує лише на схилах балок та річкових долин. У північній частині вона представлена різнотравно-типчаково-ковиловими, а на півдні – типчаково-ковиловими степами. В результаті сільськогосподарського освоєння земель на Криворіжжі розорано майже 85 % території. Природна рослинність зберіглася лише на 0,5 % території і має фрагментарний характер (Кучеревський, 2004; Природнича географія Кривбасу, 2005). Природних лісів у регіоні немає, крім невеликих масивів байрачних, розташованих в гирлах балок і по берегах річок (Бельгард, 1971).

Криворізький залізорудний басейн площею понад 1150 км² складає основу сировинної бази чорної металургії України і вважається одним з найбагатших у

світі родовищ. Загальні розвідані тут запаси залізних руд складають понад 32 млрд. тон. Багаті руди з умістом заліза більше 46 % залягають головним чином серед окислених кварцитів, створюючи близько 300 рудних покладів. Крім заліза, у продуктивних залізорудних товщах і вміщуючих їх породах нараховується понад 50 різних металевих та неметалевих корисних копалин (Малахов, 1999; Природнича географія Кривбасу, 2005).

Промислові, або техногенні, ландшафти на сьогоднішній день займають понад 90 % території Криворіжжя. Основним типом техногенного рельєфу тут є гірничопромисловий рельєф, представлений кар'єрами, відвалами, проваллями та зонами зрушення шахт, штучними підземними порожнинами (Природнича географія Кривбасу, 2005; Бабець, 2011).

Рослинність техногенних екотопів відвальних урочищ – це сукупність рослинних угруповань, що формуються в умовах екотопів, специфіка та характеристики яких змінені внаслідок впливу техногенних чинників, пов'язаних з техногенною діяльністю людини, інженерно-технічними процесами різних виробництв.

На формування рослинного покриву відвалів суттєво впливають зонально-кліматичні умови району, флористичне оточення, зокрема, наявність контактів з флорами сусідніх територій, які мають у своєму складі елементи, здатні проникнути у своєрідний «біологічний вакуум» і витримати екотопічний добір у певних умовах. Крім того, формування рослинного покриву техногенних новоутворень залежить від їх геоморфологічних особливостей – віку, висоти, загальної площі відвалу, орієнтації відвалу та його окремих частин у просторі, характеру порід та властивостей субстратів на поверхні відвалу, наявності рельєфних утворень в межах відвалу (заглибини, пагорби, тощо) і особливостей мікроклімату. Комплексний вплив зазначених факторів визначає особливості складу та розвитку рослинності відвальних утворень. Внаслідок впливу вищезначених факторів на відвалах формуються досить гетерогенні умови місцезростання рослин – від відносно придатних до поселення та їх росту до

абсолютно непридатних (Добровольський та ін., 1979, Маленко, 2001.; Сметана, 2003; Хлизіна, 2004; Шанда, Маленко, 1996; Шанда та ін., 1998).

2.2. Об'єкти досліджень

Об'єктами досліджень були процеси самозаростання відвалів північної частини Криворіжжя представниками видів роду *Populus*, їх життєздатність та потенціал самовідновлювання рослин в умовах техногенно порушених земель. В дослідження були залучені наступні види тополь: *Populus italica*, *P. deltoides*, *P. simonii*, *P. alba*, *P. tremula* і гібрид *P. x berolinensis*, що зростають в едафотопях Північного та Центрального гірничо-збагачувальних комбінатів, де домінуючим компонентом атмосферних технологічних викидів є пилові опади.

Полеві дослідження проводилися впродовж 2005–2019 років на чотирьох моніторингових ділянках, що являють собою виведені з експлуатації залізорудні відвали (рис. 2.2). Умовним контролем для флористичних досліджень слугували паркові насадження деревних порід на території м. Кривий Ріг. В дослідженні вмісту важких металів в ґрунтах та техноземах, акумуляції їх у листках і коренях, структурно-фізіологічних та анатомо-морфологічних особливостей вегетативних органів за контроль використовували ґрунти та біологічний матеріал тополь, зростаючих у парку «Веселі Терни».

Першотравневий відвал сформований у 1968–1973 р.р. із залізистих кварцитів, сланців, суглинків та частково глин. Його площа становить близько 800 га (Павленко та ін., 2017). Він має 3 берми. Мікрорельєф відвалу представлений складним комплексом пагорбів, западин, схилів та плато. Значна розчленованість поверхні зумовлена неоднорідністю автомобільної відсипки. З західного боку відвал межує з Першотравневим кар'єром, зі східного – з балкою Грядкувата, яка виконує функцію водовідсічного дренажного каналу (Сметана, Долина, Ярошук, 2013). Рослинний покрив представлений деревними, деревно-чагарниковими та трав'яними угрупованнями (Сметана, Красова та ін., 2014).

Автомобільний відвал Першотравневого рудника є одноярусним. Формування його відбувалось на початку 70-х років XX століття. Вершина відвалу куполоподібна, мікрорельєф ускладнений горбами. В літологічному складі переважають суміші суглинків та сланців, а також кварцитів зі сланцями. Рослинний покрив утворений переважно штучними насадженнями *Pinus pallasiana*, *P. sylvestris*, *Populus simonii* та *P. deltoides*.

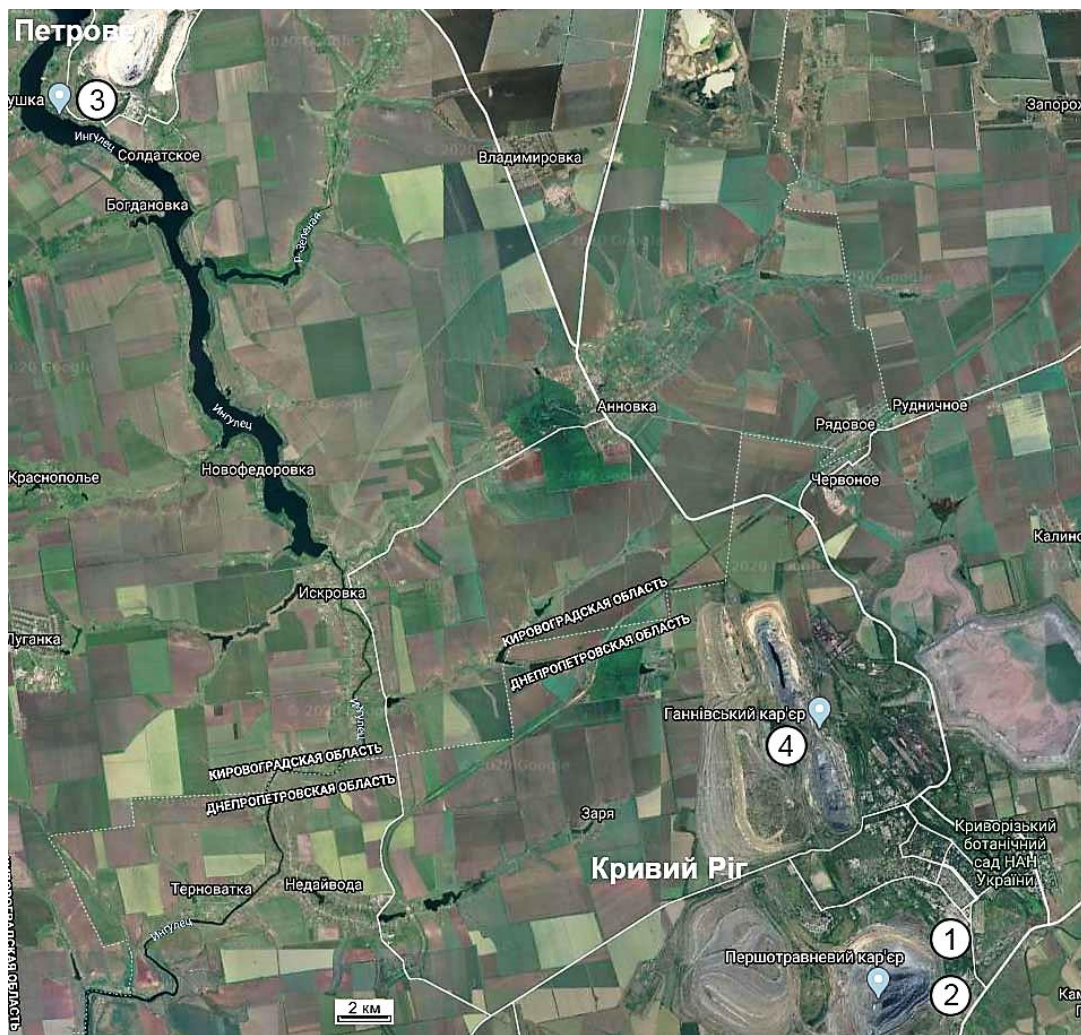


Рис. 2.2. Географічне розташування відвалів та кар'єрів, на яких проводились дослідження: 1 – Першотравневий; 2 – Автомобільний; 3 – Петрівський; 4 – Ганнівський

Ганнівський відвал, відсипка якого була розпочата у 1968 р., сформований із залізистих кварцитів, суглинків та їх сумішей, рідше відсипаний зі сланців і характеризується формуванням примітивних, слабо розвинутих ґрунтів та субстратами з ознаками ґрунтоутворення. Рослинний покрив сформований з дерев, кущів та трав, що були інтродуковані та вселилися самостійно. Натепер його площа становить 1030 га.

Петрівський відвал розташований на лівому березі Іскрівського водосховища між смт Петрове та с. Богданівка Кіровоградської області. Його формування було розпочате у 1977 році. Відвал складено суглинками, пісками, супісками і глинами. Окремі ділянки продуктивної товщі Петрівського родовища характеризуються підвищеним вмістом сірки – шкідливої домішки у складі бідної залізної руди (Трунін, Откидач, Гайдар, 2017). Заліснення відвалу відбувається шляхом занесення насіння з прилеглих насаджень біля підніжжя відвалу з південно-східного боку.

Парк «Веселі Терни» (умовний контроль) – штучно створений у кінці ХІХ ст. на місці заплавного лісу. Парк має максимально сприятливі для дерев та чагарників ґрунтово-гідрологічні умови. Віддаленість його від потужних промислових підприємств також позитивно впливає на екологічні умови росту та розвитку рослин. Парк розташований у північній частині м. Кривий Ріг. Ґрунтовий покрив парку представлений лучно-чорноземними ґрунтами потужними середньо-суглинковими, сформованими на річковому алювії. Потужність гумусових горизонтів становить 80–120 см. Вміст гумусу в поверхневому шарі ґрунту (0–20 см) – 5,5–6,3 %. Переважаючий тип лісорослинних умов – волога та сира діброва (D 3–4) (Бельгард, 1950).

2.3. Методи досліджень

Під час вибору, закладки, опису пробних ділянок, оцінки стану деревної рослинності в насадженнях на відвалах і в паркових насадженнях використовували науково-практичні положення, розроблені В.М. Сукачовим (1972). Просторове поширення тополь встановлювали методом маршрутного обстеження відвалів. Визначали місце розташування насаджень видів роду *Populus* L., їхню площу, кількість рослин на облікових ділянках, вік рослин, їхню висоту, середній діаметр стовбура на рівні 1,3 м або на рівні субстрату, життєву форму та життєвий стан (Животовский, 1991).

Таксономічну приналежність і біоморфу досліджуваних екземплярів визначали за зовнішніми ознаками рослин в облиствленому стані з використанням визначників (Черепанов, 1981; Дендрофлора України, 2002).

Кореневу систему у молодих рослин в мікропопуляціях на залізорудних відвалах Криворіжжя вивчали за методикою П.К. Красильникова (1960).

Для оцінки життєвого стану використовували шкалу В.А. Алексєєва (1989), диференціюючи дерева на здорові, ослаблені (пошкоджені), сильно ослаблені (сильно пошкоджені), відмираючі і сухостій (Алексєєв, 1989):

1 – здорове дерево, яке не має зовнішніх ознак пошкоджень крони та стовбура, листки зеленого або темно-зеленого кольору з незначним ураженням (< 10 %), що не позначаються на стані дерева.

2 – пошкоджене (ослаблене) дерево, у якого відмічено зниження щільності крони на 30 %, або зрідження скелетної частини крони, наявність 30 % усихаючих гілок у верхній частині крони, пошкодження 30 % всієї площі листків за різними причинами, які призводять до ослаблення життєвого стану дерева на 30 %.

3 – дуже пошкоджене (дуже ослаблене) дерево, у якого спостерігається зниження щільності облиствлення крони, наявність мертвих та усихаючих гілок у верхній

половині крони та пошкодження площі листків на 60 %, що призводить до відмирання верхівки крони та ослаблення загального життєвого стану дерева на 60 %.

4 – відмираюче дерево, яке має зруйновану крону, більше 70 % сухих, або усихаючих гілок, листя переважно хлоротичне блідо-зеленого, жовтуватого, жовтого та помарачево-червоного кольору, наявні повністю некротизовані листки, які швидко злітають з дерев.

5а – свіжий сухостій, тобто дерева, які відмерли менше року назад, вони часто заселені комахами-ксилофагами.

5б – старий сухостій – дерева, які відмерли більше року назад, у яких поступово втрачаються гілки та кора.

Описи життєвих форм виконували з використанням термінології та класифікації типів пагонів М.Т. Мазуренко і А.П. Хохрякова (1977), а також О.О. Чистякової (1998) і О.І. Недосєко (2007). Вікові стани рослин визначали згідно з методичними вказівками (Уранов, 1967; «Диагнозы и ключи ...», 1989; «Онтогенетический атлас ...», 1997), а також з використанням робіт Л.Б. Заугольнової (1968), О.О. Чистякової (1978) та І.В. Полтінкіної (1985). Вік кожної особини визначали візуально та морфологічно (Корчагин, 1960; Серебряков, 1962).

Для вивчення накопичення важких металів в техноземах моніторингових ділянок і транслокації у вегетативних органах тополь, їх вплив на ріст і розвиток тополь, структурно-функціональних особливостей анатомічної будови вегетативних органів та визначення кількості пігментів фотосинтезу проводили в натурних (природних) умовах, з використанням наступних методик.

Проби ґрунту відбирали за загальноприйнятими методами в ґрунтознавстві з прошарку 0–10; 10–20; 20–30 та 30–40 см (Тихоненко, 2009). Рослинний матеріал (листки) відбирали в серпні, після припинення росту і закладання верхівкової бруньки, з середньої частини крони 10 дерев кожного виду першого класу віку та південно-західної експозиції. Корені та ксилоризми відбирали після припинення вегетації рослин.

Уміст важких металів у рослинному матеріалі та ґрунті визначали з використанням методичних вказівок щодо визначення важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь і продукції рослинництва (Методические указания по определению тяжелых металлов..., 1989). Мінералізацію рослинних проб здійснювали методом сухого озолення за ДСТ 26657-85 (ГОСТ 26657-85) до повного озолення рослинного матеріалу. Кислотну екстракцію виконували азотною кислотою (розведення 1:1). Подальше визначення концентрації важких металів проводили з використанням атомно-адсорбційного спектрофотометра С-115 (Україна).

Визначення концентрації пігментів фотосинтетичного апарату проводили за методикою Wellburn (1994) спектрофотометричним методом з екстракцією диметилсульфоксидом (ДМСО). Оптичну щільність отриманого екстракту визначали при довжині хвиль 665 і 649 мкм – для хлорофілів *a* і *b*, 480 мкм – для каротиноїдів на спектрофотометрі СФ-2000 (Росія). Вміст хлорофілу *a* (мг/г сирої речовини) розраховували за формулою (2.1), хлорофілу *b* – за формулою (2.2), суму хлорофілів *a* і *b* – за формулою (2.9) та каротиноїдів – за формулою (2.3):

$$C_a = 12,19 \times A_{665} - 3,45 \times A_{649}, (2.1).$$

$$C_b = 21,99 \times A_{649} - 5,32 \times A_{665}, (2.2).$$

$$C_{кар.} = (1000 \times A_{480} - 2,14 C_a - 70,16 C_b) / 220, (2.3),$$

де A_{665} – оптична щільність розчину при 665; A_{649} – при 649 та A_{480} – при 440,5 нм.

Дослідження особливостей анатомічної будови листків, коренів та ксилоризомів проводили на тимчасових препаратах, виготовлених за загальноприйнятими методами (Барыкина и др., 2000; Уткина, Бетехтина, 2009). Листки відбирали з середньої частини однорічних пагонів. Ксилоризоми та здерев'янілі ділянки кореневищ відбирали в серпні після припинення процесів лігніфікації. Рослинний матеріал фіксували у суміші формалін + 70 % спирт (4:96) з додаванням (через 5-7 днів) 1/3 об'єму гліцерину. Зрізи виконувалися на санному мікротомі МС-2 (Україна). Мікроскопічні дослідження проводили за

допомогою бінокулярного мікроскопу Granum R-4002 (Україна-Китай). Для встановлення ступеню здерев'яніння тканин пагонів препарати фарбували флороглюцином з подальшим додаванням концентрованої соляної кислоти. Фотографії виконували цифровим фотоапаратом Nikon D40 (Японія), встановленому на мікроскоп з тринокулярною фотонасадкою ULAB XSP-139TP (Китай).

В серпні, після припинення росту і закладання верхівкової бруньки, з середньої частини крони 10 дерев кожного з видів відбирали і вимірювали довжину 40 однорічних пагонів. Облистяність однорічних пагонів та вагу листків визначали у кожного з 40 пагонів. Визначення біоморфометричних показників проводили відповідно до загальноприйнятих методів (Доспехов, 1985; Бессонова, 2006).

Повторність у межах окремого варіанту дослідження складала 10 рослин, аналітична повторність 4-кратна, біологічна повторність кожного дослідження була 3-кратною. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими методами параметричної статистики із застосуванням комп'ютерних програм GenAlEx V.6 (Peakall, Smouse, 2006) та GenRes (Демкович, 2007).

РОЗДІЛ 3. ПОШИРЕНІСТЬ ТА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ВИДІВ РОДУ *POPULUS L.* В РІЗНИХ ЗА СТУПЕНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ ЕКОТОПАХ КРИВОРІЖЖЯ

Останнім часом під впливом цілої низки факторів відбувається стрімке і подекуди незворотне погіршення екологічної ситуації. В індустріальних центрах України, одним з яких є Криворіжжя, спостерігається збільшення обсягів виробництва, а також ріст щільності автотранспорту, що призводить до загострення екологічних проблем цих регіонів. Для розв'язування їх одним з головних шляхів є створення зелених насаджень. Штучні зелені масиви міст екранують і зменшують шум, підвищують вологість повітря, зменшують силу вітру і знижують температуру повітря в спеку, зменшують техногенне навантаження на ґрунт і атмосферу, що є особливо актуальним на урбанізованих і техногенно-порушених територіях (Гнатів, 2014; Кучерявий, 1999).

Ефективність виконання захисної функції зеленими насадженнями обумовлюється їх життєвістю, яка в степових умовах, згідно з основними положеннями теорії О.Л. Бельгарда, насамперед визначається ступенем відповідності лісорослинних умов місцезростання екологічним потребам рослин (Бельгард, 1971) і корелює зі стійкістю рослин та їх здатністю до поглинання і накопичення забруднюючих речовин у техногенних умовах (Белова, 1997, Бельгард, Травлєєв, 1973; Коршиков, Котов, Михеев, 1995; Кохно, Курдюк, 2004; Hagemeyer, Breckler, 1996).

В цьому аспекті незамінними в умовах урбанізованого середовища є види роду *Populus L.*, що завдяки багатьом своїм властивостям мають певні переваги. Тополі здатні зростати у великому діапазоні едафічних умов, які визначаються механічним складом, запасом поживних речовин, а також ґрунтовим зволоженням. Крім того, тополям властива висока стійкість до промислового забруднення і низька чутливість до промислового газо-аерозольного забруднення, а наявність широкого спектру форм крони та листя надають тополям високі естетичні якості.

3.1. Тополі в паркових насадженнях м. Кривий Ріг

У 1950-1970-х р.р. в озелененні населених пунктів широко використовували швидкорослі породи, зокрема, види роду *Populus* L. Більшість видів роду *Populus* L. мають північноамериканський та східно-азійський природні ареали розповсюдження, але завдяки високій екологічній пластичності поширені по всій території України. На Криворіжжі перші посадки тополь проведені у другій половині XIX ст., одночасно з початком промислового видобутку залізної руди.

Загальноміські парки є найбільшими об'єктами відпочинку населення. Вони розраховані на експлуатацію протягом тривалого часу, тому для них підбирають найбільш довговічні дерева і кущі. Найчастіше основу паркових насаджень складають масиви з найбільш довговічних деревних порід. Окремими куртинами або групами з одного-двох видів рослин висаджують декоративні дерева і кущі для утворення ефектних композицій (Кучерявий, 2017; Ткаченко, 2019; Коршиков та ін., 2018; Терлига та ін., 2018).

В результаті обстеження парків м. Кривий Ріг (всього 22) виявлені різні за площею насадження тополь, більшість з яких є інтродукованими. Серед використаних в озелененні аборигенних видів представлені *Populus nigra*, *P. alba* і *P. tremula*, природні популяції яких приурочені до долин річок та місць близького залягання ґрунтових вод. Це дозволяє з'ясувати життєстійкість місцевих та залучених видів тополь в насадженнях Криворіжжя за комплексом ознак, зокрема, за здатністю до природного самовідновлення, адже в останні десятиліття доглядні роботи за насадженням деревних рослин парків майже не проводяться.

Парки м. Кривий Ріг розташовані в 7 адміністративно-територіальних районах міста та відрізняються за своєю структурою і розмірами, в залежності від чого варіює чисельність тополь в насадженнях, а також типи посадок в окремих парках. Загальна їх площа становить 334,01 га. Площа найбільшого парку становить 42,8 га, найменшого – 1,5 га.

Всього в паркових насадженнях міста виявлено 8 видів і 1 гібрид тополь, серед яких найбільш поширені *P. bolleana* Lauche, *P. italica* (DuRoi) Moench, *P. nigra* (табл. 3.1). В меншій кількості зростають *P. simonii* Carr., *P. deltoides* Marsh. і *P. x berolinensis* Dipp. Мало використаними в паркових насадженнях та найменш представленими чисельно виявилися *P. alba*, *P. balsamifera* L. і *P. tremula*.

Таблиця 3.1

Біоекологічна характеристика тополь в паркових насадженнях м. Кривий Ріг

Вид	Висота, м	Діаметр стовбура, см	Тип посадки	Життєвий стан, бал	Наявність порості
<i>P. alba</i>	14–25	46–120	Од., ал.	2–3	+
<i>P. balsamifera</i>	8–14	14–19	Од.	1–2	–
<i>P. x berolinensis</i>	10–13 14–16	30–42 47–58	Гр., од., ряд.	1–3	–
<i>P. bolleana</i>	9–13 18–22	24–37 45–88	Од., гр., ал., ряд.	1–2 1–3	++
<i>P. deltoides</i>	10–15 17–23	27–40 61–120	Од., ал., гр.	1–2	–
<i>P. italica</i>	12–15 18–23	15–28 56–95	Од., гр.	1–2 2–3	+
<i>P. nigra</i>	11–22	40–92	Од., ал., гр., ряд.	1–3	–
<i>P. simonii</i>	10–21	22–75	Гр., од.	1–3	–
<i>P. tremula</i>	8–16	16–30	Од., гр.	1–2	+

Площа, зайнята тополевыми насадженнями в парках м. Кривий Ріг, становить 91,25 га або 27,3 % від сукупної площі парків. Виразні та привабливі крони тополь здатні прикрасити будь-який ландшафт. Тополі використовують для створення великих масивів і невеликих груп, в алеїних і солітерних посадках. Пірамідальні їх крони незамінні при створенні вертикальних акцентів в ландшафтних композиціях.

Домінуючим видом серед тополь в парках є *P. bolleana*, який зростає у різних типах посадок, але в більшості випадків це алейні 1- або 2-рядні посадки. На долю цього виду в парках міста припадає в цілому 5,59 % площі. Вік найстаріших дерев становить понад 70–80 років, висота їх варіює в межах 18–22 м, діаметр стовбура – близько 88 см. У більшості випадків переважають рослини 40–50-річного віку, середня висота яких становить 12–15 м, в окремих парках зустрічаються відносно молоді насадження віком 8–15 років висотою 9–10 м. Життєвий стан рослин становить 1–2 бали, у більшій частині дерев відмічене незначне зниження щільності крони, ушкодження листків (10–20 %) хлорозами, некрозами, комахами або патогенами. Зрідка трапляються дерева з ушкодженнями крони або листків до 60 %, їх життєвий стан оцінено в 3 бали.

У деяких парках навколо дерев *P. bolleana* виявлено порось, більш інтенсивне її утворення відзначено навколо дерев з обрізаною з метою омолодження кроною, механічними ушкодженнями стовбурів або коренів, а також в насадженнях, що зростають поблизу трамвайних колій, автодоріг або гірничих виробок, де має місце вібрація ґрунту.

P. bolleana широко поширений в м. Кривий Ріг та інших містах степової зони України, в алейних насадженнях вздовж автомагістралей, а також пішохідних доріг. Наприклад, за участю в насадженнях міст Донбасу *P. bolleana* займає друге місце (6,4 %) після *Robinia pseudoacacia* (12,2 %) (Поляков, 2009). Результати наших досліджень підтверджують описані раніше еколого-біологічні характеристики цього виду: морозостійкість і невибагливість до родючості ґрунту, а також здатність витримувати сухість повітря і незначне ґрунтове засолення (Щепотьев, Павленко, 1975). В умовах м. Кривий Ріг цей високодекоративний вид є доволі перспективним для широкого впровадження в озеленення.

З урахуванням того, що у багатьох рослин *P. bolleana* в парках м. Кривий Ріг по досягненню 50-річного віку розвивається суховерхість, такий вік можна вважати критичним для даного виду в міських насадженнях з епізодичним доглядом за рослинами. Це підтверджується наявністю в одному з парків

субсенільних дерев даного виду, у яких процеси відмирання переважають над ростовими процесами. У невеликих парках, де проводять більш-менш системний догляд за рослинами, 70-річні дерева належать до категорії здорових дерев (життєвий стан 1 бал).

У паркових насадженнях м. Кривий Ріг *P. bolleana* за морфометричними показниками значно поступаються деревам природних місцезростань в Середній Азії, де в умовах жаркого і сухого клімату 10-річні дерева мають висоту 15–18 м, а 40-річні – 25 м. В той же час на Криворіжжі *P. bolleana* зростає краще, ніж, наприклад, на темно-каштанових ґрунтах Херсонської області, де висота 10-річних рослин не перевищує 7 м (Щепотьев, Павленко, 1975).

P. italica – один з найбільш поширених видів тополь у Криворіжжі та інших містах степової зони України. В парках часто висаджений в якості додаткових посадок, що окреслюють межі парку. Здебільшого це 1-рядові посадки вздовж пішохідних алей, але і трапляються групові посадки разом з іншими видами тополь, а також поодинокі екземпляри. Максимальний вік поодиноких дерев лише в одному з парків становить 80 років (висота 20–24 м, діаметр стовбура 84–90 см). В решті парків зростають дерева віком 60–70 років. Крім того, виявлені 10-річні дерева, висаджені в межах реконструкції парків або їх ділянок. Висота та діаметр таких рослин становлять відповідно 12–14 м та 22–30 см. Життєвий стан дерев в більшості парків становив 1–2 бали, в окремих парках – 2–3 бали. Більшість дерев 50-70-річного віку мають життєвий стан на рівні 4-5 балів, коли у дерева вже наявні ознаки відмирання. У деяких насадженнях стовбури дерев повністю покриті павутиною (павутинний кліщ), при цьому заражені всі дерева в групі.

В той же час життєздатність дерев *P. italica* місцевої репродукції в дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України оцінена в 1-2 бали. Це дерева віком понад 25 років з незначною кількістю сухих пагонів, стовбури їх без пошкоджень, морозобоїн та лишайників. Висота їх становить 23 м при діаметрі стовбура 36 см (Федоровский, Мазур, 2007). Останнім часом внаслідок суттєвих посух в літній період спостерігається суховершинність деяких дерев та

більш суттєве ураження хворобами. *P. italica* досить морозостійкий, стійкий до сухості повітря, проте вимогливий до вологості ґрунту. Природні популяції цього виду в країнах Середземномор'я, Кавказу та ін. зазвичай приурочені до берегів річок, озер, до знижень, западин і т. ін. В колишньому СРСР *P. italica* широко застосовували в озелененні населених пунктів як декоративну породу, а також у захисному лісорозведенні при створенні лісових смуг на полях, навколо адміністративних будівель, уздовж шосейних доріг, залізниць тощо (Щепотьев, Павленко, 1975). На сьогоднішній день *P. italica* залишається на Криворіжжі перспективним для зеленого будівництва видом.

P. nigra в парках зростає у вигляді алейних, групових насаджень, а також представлений поодинокими екземплярами. Доля цього виду становить 6,3 % від загальної площі паркових насаджень міста. Вік дерев цього виду в парках міста становить від 40 до 90 років. Життєвий стан всіх дерев оцінено в 1 бал або 1–2 бали. Це здорові або незначно ослаблені дерева з незначними ушкодженнями (до 30 %) листового апарату. В окремих випадках, при близькому розміщенні насаджень до автодоріг або трамвайних колій, виявлені сильно ослаблені дерева із загальним ушкодженням крони та листків до 60 % – життєвий стан 3 бали. Зниження життєвого стану характерне для дерев, що зростають у парках в поодиноких екземплярах.

P. nigra є одним з найбільш продуктивних видів в межах ареалу, що охоплює всю Європу і Малу Азію. До ґрунтових умов невибагливий, проте потребує підвищеної вологості, тому краще зростає в заплавах, дуже світлолюбний та досить морозостійкий (Щепотьев, Павленко, 1975). Проведені дослідження дають підставу стверджувати, що цей вид є одним з найбільш придатних для озеленення промислових міст степової зони України. Це підтверджується широким використанням даного виду в озелененні різних підприємств міста, житлових районів та автомагістралей.

P. alba, домінуючи серед тополь в окремих парках, використаний також в алейних посадках. Найстаріші 100-річні дерева исотою 20–26 м з діаметром стовбура 90–120 см мають цілком задовільний життєвий стан (1–2 бали). Більш

молодші насадження 70–90-річного віку висотою до 24 м мають дещо гірший життєвий стан (2–3 бали). Більшість дерев *P. alba* в парках представляють 40–50-річні посадки, що також мають життєвий стан на рівні 2–3 балів. У них відмічене зниження густини крони, а також значна кількість листків, пошкоджених хлорозами, некрозами та опіками. У окремих екземплярів має місце утворення кореневої порості внаслідок механічних ушкоджень стовбурів дерев або всихання скелетних гілок в кроні.

В умовах природного ареалу (Європа, Мала, Середня, Східна Азія) *P. alba* добре зростає на родючих наносних ґрунтах, як правило, поблизу водних джерел в западинах і котлованах. Однак цей вид досить посухостійкий і може успішно зростати на кам'янистих і піщаних ґрунтах, відрізняючись при цьому високою морозостійкістю. Г.М. Карасьов і Г.В. Войнов (1953) в результаті досліджень, проведених в заповіднику «Асканія-Нова», віднесли *P. alba* до найбільш посухостійких і солевитривалих видів, придатних для зміцнення дамб і берегів Присивашся (Карасев, Войнов, 1953).

P. tremula майже не використаний в міському озелененні і трапляється у вигляді поодиноких рослин 25-річного віку тільки в одному з парків м. Кривий Ріг (висота 13–16 м, діаметр стовбура 28–41 см, життєвий стан 2 бали), незважаючи на високі декоративні якості, а також на невибагливість до ґрунтових, кліматичних та інших умов зростання.

P. deltoides, природним ареалом якого є Північна Америка, доволі поширений серед тополь в парках міста. Особливо активно створювалися насадження цього виду 40–50 років тому для озеленення житлових кварталів. Максимальний вік рослин *P. deltoides* – 70 років – відзначений в одному з найстаріших парків міста. Висота таких екземплярів становить 22 м, діаметр стовбура – 81 см. Місце зростання їх в парку – біля водойми, життєвий стан – 1 бал. Найчастіше цей вид використаний в рядових посадках. Більшість дерев мають вік 35–50 років, висота варіює від 18 до 24 м, діаметр стовбура 33–80 см. Дещо молодші 20–25-річні насадження мають висоту 12–15 м, діаметр стовбура – 27–40 см. У більшості парках життєвий стан дерев *P. deltoides* задовільний

(1 бал), лише в декількох паркових насадженнях відмічене зниження життєвого стану внаслідок зниження густини крони та наявності ушкоджень (місцями до 30–50 %) листового апарату. В умовах природного ареалу *P. deltoides* добре росте в основному на родючих ґрунтах переважно в заплавах, витримуючи легке засолення. Зростаючи на бідних піщаних ґрунтах, не досягає великих розмірів (Щепотьев, Павленко, 1975). Головний недолік *P. deltoides* – масове щорічне плодоношення з рясним утворенням пуху, який викликає алергічні реакції у населення. У разі виділення і розмноження тільки чоловічих особин *P. deltoides* є перспективним для масового використання в зеленому будівництві міст степової зони України.

P. simonii переважає серед тополь лише в одному парку міста, невеликим за площею. Максимальний вік дерев цього виду в парках 50 років, вони представлені поодинокими екземплярами або малочисельними групами. Висота та діаметр таких дерев становили відповідно 14–24 м та 36–77 см. Дерев 15-річного віку мали висоту 10–14 м при діаметрі стовбура 13–24 см, а 30-річного – відповідно 14–18 м і 28–39 см (у деяких діаметр був 50–60 см). Життєвий стан 30-річних паркових насаджень *P. simonii* оцінено 1–2 балами. В деяких парках життєвий стан дерев був зниженим (2–3 бали). Як правило, це дерева 50 і більше років, у яких наявне зниження облиствленості на 30–60 %, суттєве ушкодження листків, а також всихання гілок до 60 % та навіть часткове відмирання верхівки крони.

Зростають дерева *P. simonii* в основному в алейних або групових змішаних насадженнях, часто загущених. Інколи трапляються також поодинокі дерева, що не відрізняються добрим життєвим станом.

В межах природного ареалу *P. simonii* приурочений до берегів річок, озер, долин, часто зростає також на гірських схилах. Цей вид невибагливий до ґрунту, досить морозостійкий, проте потерпає від пізніх весняних і осінніх приморозків, вимерзає в суворі зими.

В Україні часто використовується в зеленому будівництві як високодекоративний вид. У дендропарку «Веселі Боковеньки» у 20-річному віці

рослини *P. simonii* сягали висоти 22 м при діаметрі стовбура 35 см (Щепотьев, Павленко, 1975). Висока декоративність і посухостійкість цього виду відмічені також в заповіднику Асканія-Нова (Карасев, Войнов, 1953). В м. Кривий Ріг цей вид використовують для озеленення адміністративних будівель, доріг та житлових масивів. В цілому *P. simonii* є перспективним для зеленого будівництва видом, проте за показниками росту та стійкості дещо поступається *P. bolleana* і *P. nigra*.

P. balsamifera мало поширений в парках м. Кривий Ріг, зростає в основному у вигляді солітерів, лише в одному з парків – в алейному насадженні. Вік рослин в цьому парку 35–40 років, їх висота становить 9–11 м, діаметр стовбура – 11–16 см, життєвий стан – 1–2 бали. Деревя віком 40–50 років мають висоту 11–15 м, діаметр стовбура 28–41 см, життєвий стан – 1–3 бали.

В цілому слід зазначити, що *P. balsamifera* відрізняється найгіршим життєвим станом серед паркових насаджень тополь, де він зростає в змішаних групах. В умовах природного ареалу в Північній Америці цей вид зростає по берегам річок і озер, а також на гірських схилах. Відрізняється високою морозостійкістю, добре витримує сухість повітря та ґрунтове засолення. В колишньому СРСР його давно використовували в зеленому будівництві, а також в захисних лісосмугах степових районів (Карасев, Войнов, 1953; Акимочкин, 1970). На сьогодні відмічена низька поширеність *P. balsamifera* в парках м. Кривий Ріг. Уже у 40-річних рослин відмічений низький життєвий стан внаслідок його еколого-біологічних характеристик, які необхідно враховувати при озелененні.

У зелених насадженнях Донбасу доля *P. balsamifera* складає 0,4 %, що вище, ніж доля *P. deltoides* (0,2 %) (Поляков, 2009).

P. x berolinensis, на відміну від *P. balsamifera*, в паркових насадженнях м. Кривий Ріг трапляється в 3 рази частіше, проте також є мало поширеним. Максимальний вік дерев – 70 років, здебільшого вік насаджень цього виду становить 30–40 років. Це доволі розвинуті дерева заввишки 12–16 м та діаметром стовбура 28–58 см. Життєвий стан дерев у різних парках коливається

від 1 до 3 балів, при цьому невисокий бал життєвого стану відмічений як для 30-річних, так і 50-річних рослин.

P. x berolinensis – природний гібрид *P. italica* x *P. laurifolia* Ldb. – широко відомий в культурі в Європі, характеризується високою морозостійкістю, добре витримує сухість повітря. Найкраще зростає в заплавах річок або на ділянках з близьким заляганням ґрунтових вод. Широко використовується не лише в зеленому будівництві, але й в лісокультурі, наприклад, в умовах Північного Казахстану. В заплавах річок висота 20-річних дерев сягала 24 м з діаметром стовбура до 36 см, а на бідних і сухих ґрунтах у віці 25 років – відповідно 13,4 м і 10,6 см (Щепотьев, Павленко, 1975).

На сьогоднішній день існуючі насадження тополь в більшості досягли критичного віку і не в змозі виконувати захисні та декоративні функції. При цьому трапляються аварійні дерева, часто уражені кореневою губкою (наприклад *P. italica*), у яких відбувається всихання гілок та верхівок стовбурів. Багато років через фінансову кризу насадження тополь не доглядалися, зокрема, не проводили санітарну і формуючу обрізки, агротехнічні заходи з підживлення дерев, рихлення пристовбурних лунок, боротьбу зі шкідниками та хворобами. У зв'язку з незадовільною експлуатацією насаджень в умовах міста скоротився вік дерев, і частина їх випала з насаджень, про що свідчить наявність у парках фаутих пнів.

В останні роки з метою покращення фітосанітарного стану тополевих насаджень в місті стали проводити санітарну, формуючу і омолоджуючу обрізку. У більшості випадків замість санітарної активно проводиться радикальна обрізка крон, що передбачає повне видалення крони і верхньої частини стовбура дерева. Такий метод омолодження є найбільш травматичним і малоестетичним з усіх відомих способів, і в усьому світі вважається варварством (Горышина, 1991). Видалення крони у дерев значно знижує їх середоперетворююче і декоративне значення. Крім того, радикальна обрізка крони дорослих дерев згубно позначається на їхньому життєвому стані, призводить до передчасного старіння і загибелі насаджень (Бакулин, 2005; Кучерявий та ін., 2003).

Оцінюючи наслідки радикальної обрізки крон тополь, зокрема, *P. bolleana*, *P. italica* і *P. simonii*, виявлено зниження їх життєвого стану, а також основних морфометричних показників дерев, що характеризують їх загальний габітус. Вік дерев, що зазнали омолоджуючої обрізки, становить 40–45 років. Висота обрізаних дерев становить 5–7 м.

Відростання пагонів у наступний після обрізки вегетаційний період відбувається пучками, проте діаметр крони у обрізаних дерев значно менший. Також у обрізаних дерев в рази менша загальна асимілююча площа крони дерева, незважаючи на збільшення площі листка.

В цілому радикальна обрізка крон знижує загальну життєздатність дерев, призводить до їх ослаблення і навіть передчасної загибелі внаслідок зменшення асиміляційної поверхні крони та нестачі поживних речовин. Такі дерева частіше уражуються різними хворобами та шкідниками (Мингалева, Пестов, 2011). Через значні рани внаслідок зрізу стовбура та гілок на деревині поселяються руйнівні гриби. Гниль деревини призводить до ще більшого ослаблення дерев, збільшується дефоліація крон та дехромація листя, відбувається всихання навіть молодих пагонів.

Таким чином, виконані дослідження показали, що в паркових насадженнях м. Кривий Ріг домінуючими є *P. nigra*, *P. italica* і *P. bolleana*, на долю яких припадає 61 % від загальної кількості тополь у парках. Найменше представлені в паркових насадженнях міста *P. alba*, *P. balsamifera* і *P. tremula*.

Дерева віком понад 40 років характеризуються нижчим балом життєвого стану, ніж відносно молоді насадження. Основними причинами зниження життєвого стану рослин є незадовільна агротехніка або її повна відсутність, висока щільність посадок, сухість повітря в осінньо-літній період, техногенне та рекреаційне навантаження, а також ушкодження дерев, викликані шкідниками і хворобами. Найбільш ослаблені та з ознаками відмирання дерева ростуть в насадженнях, розташованих біля автодоріг, а також в зоні впливу металургійних підприємств.

У тополь віком 40–45 років після кардинальної обрізки збільшується площа листка, зменшується асиміляційна площа крони, а життєвий стан насаджень суттєво погіршується. Отримані дані слід враховувати при плануванні та обґрунтуванні необхідності кардинальної обрізки дерев в міських насадженнях з метою збереження екологічної функції дерев в умовах промислового забруднення.

3.2. Розповсюдженість тополь на поверхнях техногенних новоутворень Криворіжжя

Дослідження особливостей поселення рослин на породних відвалах має велике значення для удосконалення методів їхньої фітооптимізації. Особливий інтерес представляють піонерні види деревних рослин, які здатні першими колонізувати ділянки відвалів, створюючи більш сприятливі умови для поселення інших видів рослин.

Видовий склад піонерних рослинних угруповань тісно пов'язаний зі ступенем вивітреності ділянки, крутизною схилу, його експозицією, наявністю трав'яної рослинності, висотою, особливостями рельєфу. Лімітуючими факторами щодо поселення і росту рослин на відвалах є надмірна щільність субстратів, дефіцит поживних речовин тощо. Проте вже на другий-третій рік після припинення їх відсіпки відбувається заростання їх поверхонь видами деревних рослин (Коршиков, Красноштан, 2012).

Беручи до уваги той факт, що едафотопи відвалів сформовані з гірської породи, яка потенційно може бути збагачена сполуками важких металів, негативний вплив яких на рослинність важко переоцінити, нами було проведено визначення вмісту рухомих форм деяких елементів I–II класів небезпеки для оцінки їх можливого впливу на процеси росту та розвитку видів роду *Populus* L. в умовах залізорудних відвалів. Також було проведено визначення кислотності субстрату (рН), вміст органічної речовини та елементів мінерального живлення (табл. 3.2, 3.3)

Таблиця 3.2

Вміст рухомих форм важких металів в субстраті відвалів, мг/кг субстрату

Глибина відбору, см	Ферум	Цинк	Купрум	Кобальт	Кадмій	Плюмбум
Плато верхньої берми відвалу						
0–10	1047,8	1,06	0,47	0,66	0,32	5,51
10–20	938,3	0,63	0,28	0,39	0,19	4,45
20–30	634,1	0,50	0,22	0,31	0,15	3,55
30–40	319,1	0,25	0,17	0,17	0,15	3,10
Перша берма відвалу						
0–10	947,2	0,93	0,42	0,58	0,28	5,62
10–20	826,2	0,61	0,27	0,38	0,18	4,36
20–30	621,4	0,26	0,23	0,16	0,16	3,88
30–40	219,5	0,17	0,17	0,17	0,18	3,19

Показано, що найбільші концентрації важких металів в субстраті відвалів характерні для плато верхньої берми, особливо для верхнього шару 0–10 см, знижуючись поступово до глибших шарів субстрату.

Кислотність субстратів коливається від слабокислої до майже нейтральної на верхньому плато відвалу. Субстрати першої (нижньої) берми є слаболужними (табл. 3.3). Забезпеченість субстрату елементами мінерального живлення знижується до низу за профілем ділянки, а також за висотою берм. Проте досліджені ділянки відвалів мають достатній для зростання деревних порід рівень забезпеченості азотом, фосфором та калієм.

Отже розкриті породи залізорудних відвалів не є фітотоксичними. Крім того, в субстратах наявна достатня кількість дрібнозему, в якому акумулюються поживні речовини і доступна для рослин волога. Окрім атмосферних опадів, скельні породи досить активно конденсують атмосферну вологу. Породи містять в своєму складі практично всі хімічні елементи, необхідні рослинам.

Таблиця 3.3

Агрохімічна характеристика відвальних едафотопів

Глибина відбору, см	Ca ммоль/100 г	Mg ммоль/100 г	Na ммоль/100 г	pH	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/кг	K ₂ O мг/кг
Плато верхньої берми відвалу							
0–10	12,63	3,87	0,71	6,8	4,5	20	139
10–20	8,92	2,41	0,60	6,7	3,8	7	100
20–30	11,19	3,02	0,75	6,6	3,0	10	111
30–40	9,05	2,44	0,61	5,8	2,1	11	92
Перша берма відвалу							
0–10	12,42	4,81	0,70	6,9	3,0	12	288
10–20	10,24	2,77	0,69	7,4	3,1	6	260
20–30	9,17	2,48	0,61	7,5	2,6	2	258
30–40	11,16	3,01	0,75	7,5	1,1	1	170

Природне заростання відвалів, в свою чергу, залежить в основному від біологічних властивостей рослин, які в цьому відношенні можна поділити на кілька груп (Комісар, 2003). Вихідною групою піонерних рослин на відвалах є рослини, що мають досить крупне насіння з тривалим періодом схожості, посухостійкі та мало вибагливі до трофності, анемохори, наприклад, *Acer negundo* L.

Другу групу становлять рослини з дрібним насінням, яке відзначається нетривалим періодом спокою і швидкою втратою схожості. Їх поселення на відвалах співпадає з часом заносу насіння і спорадичними літніми дощами. Локалізуються вони в місцях підвищеного зволоження (западини, низини тощо) – *P. deltoides*.

До третьої групи віднесені рослини з крупним насінням, що проростає лише весною наступного року після тривалої природної стратифікації, можливої

у відносно пухкому субстраті – *Robinia pseudoacacia*, *Elaeagnus angustifolia*, *Armeniaca vulgaris*.

Серед листяних порід тополя є однією з найбільш стійких до техногенного забруднення (Седых и др., 2003). Різні види тополь та їх гібриди добре адаптуються до дії навколишнього середовища, зокрема, до посухи, підтоплення, надмірної засоленості тощо (Blake et al., 1996; Neuman et al., 1996). На техногенних новоутвореннях Криворізького залізорудного басейну тополі є найбільш поширеними у порівнянні з іншими видами листяних деревних порід. На даний час на поверхнях відвалів виявлено 6 видів і 1 гібрид роду *Populus*: *P. italica*, *P. bolleana*, *P. deltoides*, *P. simonii*, *P. tremula*, *P. alba* і *P. x berolinensis*. Одні види були висаджені на розрівнених ділянках відвалів в межах їх біологічної рекультивації, інші – оселилися спонтанно внаслідок заносу насіння з прилеглих до відвалів насаджень. Більшість видів тополь активно поширюються по поверхні відвалів та кар'єрів, за винятком найглибших ділянок виїмки, де проводяться регулярні вибухові роботи. В умовах залізорудних відвалів Криворіжжя тополі виступають піонерними породами, які першими поселяються на техногенно-порушених територіях.

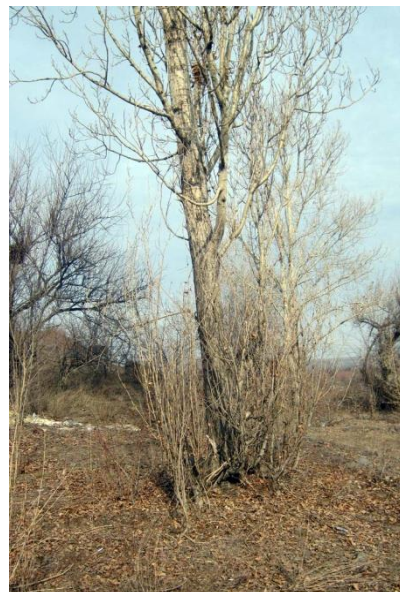
За ступенем розповсюдження на поверхнях відвалів досліджені види тополь розташовані в наступному порядку: *P. deltoides* → *P. italica* → *P. alba* → *P. tremula* → *P. x berolinensis* → *P. simonii* → *P. bolleana*. При цьому дерева *P. deltoides*, *P. x berolinensis*, *P. simonii* і *P. bolleana* є залишками рекультиваційних насаджень минулих років, які на сьогоднішній день майже досягли свого критичного віку і знаходяться у вкрай пригніченому стані (рис. 3.1). Певним чином на процеси розселення тополь в умовах техногенних ґрунтів також впливає наявність на них трав'янистої та деревної рослинності.



А



Б



В



Г



Д



Є

Рис. 3.1. Залишки рекультиваційних насаджень видів роду *Populus* L. на залізорудних відвалах: А, Б – *P. bolleana*; В – *P. x berolinensis*; Г, Д – *P. deltoides*; Є – *P. simonii*

Поширеність того чи іншого виду тополь на відвалах залежить, перш за все, від наявності дорослих генеративних рослин поблизу відвалу або безпосередньо на його поверхні, а також від асортименту деревних рослин, використаних для біологічної рекультивації (Временные рекомендации по озеленению..., 1977).

P. italica – найбільш поширений вид на техногенних новоутвореннях (табл. 3.2). Дорослі материнські особини анемохорного походження. Зростає на всіх типах субстратів, незалежно від наявності травостою та великих уламків породи. На скельних схилах відвалів в місцях змиву ґрунту відмічене насіннєве відновлення даного виду.

Таблиця 3.4

Види роду *Populus* L. з різною частотою трапляння на відвалах
північної частини м. Кривий Ріг

Вид	Першотравневий відвал ПівнГЗК	Ганнівський відвал ПівнГЗК	Петрівський відвал ЦГЗК
<i>P. alba</i>	+	++	+++
<i>P. bolleana</i>	Не зростає	++	+
<i>P. deltoides</i>	+++	++	++
<i>P. italica</i>	+++	+++	+++
<i>P. simonii</i>	+++	+	Не зростає
<i>P. tremula</i>	++	+	Не зростає
<i>P. x berolinensis</i>	++	Не зростає	Не зростає

Примітка: «+» – трапляються поодинокі екземпляри; «++» – часто трапляються; «+++» – численні особини

Особини віком понад 15–20 років інтенсивно розмножуються кореневими паростками. Висота таких дерев 8,5–17 м, діаметр стовбура 22,5–28 см. Щорічне утворення нових вегетативних пагонів спричинює дифузне розростання материнської особини по поверхні субстрату. Локальна щільність зростання пагонів в куртині, або клоні, на кам'янистому субстраті становить 12–15 шт./м². Життєвий стан майже всіх різновікових особин становить 1–2 бали, мають місце незначні ушкодження асиміляційного апарату здебільшого хлорозами або некрозами. Крона таких рослин не характерна для дерев з природних місцезростань, дорослі особини мають вигляд багатостовбурних чагарників або невисоких дерев з різною кількістю стовбурів.

На суглинкових і щебенистих ділянках відвалів відбувається активне поширення тополь за рахунок корневих паростків. Максимальна щільність зростання молодих особин в таких умовах становить 20-25 шт./м². Також часто відмічене відновлення на кам'янистих схилах в щілинах між уламками породи. При цьому всі особини, що складають куртину, зростають на різних відстанях одне від одного – від 0,5 до 1,5 м (рис. 3.2).



А



Б

Рис.3.2. *P. italica* на техногенних новоутвореннях: А – верхнє плато Першотравневого відвалу ПівнГЗК, Б – верхнє плато Петрівського відвалу ЦГЗК

Дерева 25–30 років і більше, що зростають біля підніжжя відвалу, та є джерелом насіння, мають гірший життєвий стан, у них наявні ознаки відмирання: часткове всихання крони, відсутність процесів відновлення. Для більшості дерев в умовах відвалів цей вік часто є критичним, у дерев процеси відмирання

перважають над процесами поновлення, а тому такі дерева не можуть виконувати функції з очищення повітря та закріплення субстратів від змивів і зсувів. Висота та діаметр стовбура таких дерев становлять 18–22 м та 21–37 см відповідно.

На кам'янистих схилах розселення молодих особин відбувається в напрямку від верхньої частини відвалу або берми до нижніх берм та підніжжя. На схилах у більшості випадків утворення куртин не відбувається, молоді екземпляри, що утворюються на підземно розташованих коренях, часто гинуть внаслідок розриву коріння та відокремлення їх від материнської особини. Рослини анемохорного походження *P. italica* характеризуються досить високим балом життєвого стану, при цьому мають видозмінену життєву форму багатостовбурного невисокого дерева.

P. alba заноситься на відвали в результаті розлету насіння з близько розташованих насаджень. Зростає на різних за географічним та висотним профілем ділянках відвалів в більшості випадків на пухких субстратах (рис. 3.3).

Локальне зростання цього виду на відвалах найчастіше обумовлене специфікою його насінневого розмноження. Проростання насіння відбувається впродовж 10–15 годин, але за умови достатньої вологості субстрату зберігається до 10 днів (Богданов, 1965; Павленко, 1960). Такі умови в окремі дощові роки на відвалах створюються на локальних ділянках. На схилах відвалів і крупних форм мікрорельєфу уміст вологи значно нижчий, ніж на горизонтальних ділянках.

Найчастіше закріплення насіння та його розвиток у субстраті відмічається в пониженнях, поглибленнях, невеликих виїмках на бермах або вершині відвалу. На схилових ділянках *P. alba* трапляється дуже рідко.

Життєвий стан всіх досліджених дерев *P. alba* на відвалі становить 1–2, іноді – 3 бали. Для дерев зі зниженим життєвим станом характерне відмирання верхівки крони і часто – наявність в кроні сухих гілок до 60 %. Крім того, спостерігається тенденція скорочення загальної асиміляційної поверхні. Здебільшого це дерева віком 15–20 років, зламані вітром або в результаті зсувів уламків породи.

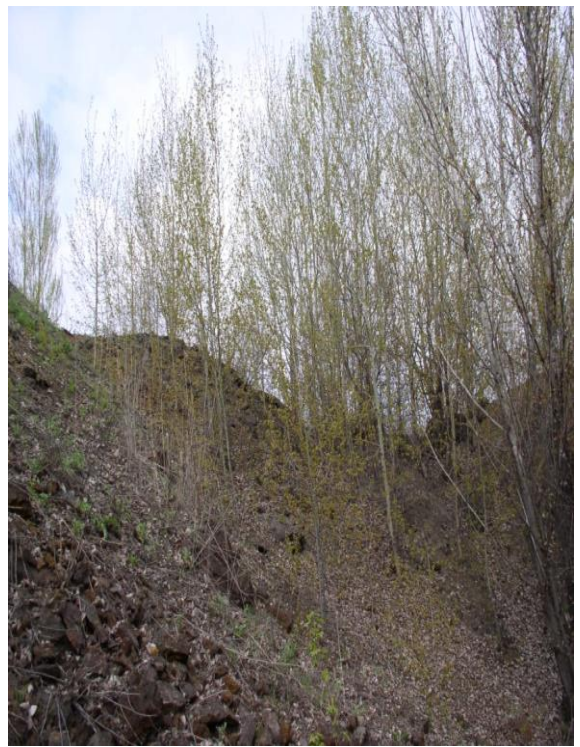


Рис 3.3. *P. alba* на верхній бермі Петрівського відвалу

Умовно материнські дерева 10–11-річного віку без явних ознак ушкоджень. Навколо них відбувається інтенсивне утворення кореневих паростків, внаслідок чого збільшується площа поширення виду на відвалі. Наявність травостою не чинить перешкод для утворення кореневих паростків, особливо при зростанні на субстраті з суглинку з домішками кам'яних уламків породи різного розміру.

Крім того, трапляються поодинокі особини 7–10 років, навколо яких відбувається слабе або помірне коренепаросткове відновлення. Такі особини представляють собою одностовбурне низькоштамбове дерево зі слабким галушенням. Асиміляційний апарат їх не ушкоджений, життєвий стан на рівні 1–2 бали. В таких куртинах складно чітко виділити материнську особину, а кореневі паростки утворюються вже навколо 5–7-річних рослин.

P. deltoides також досить поширений вид на відвалах, який природним шляхом поселяється, перш за все, на відкритих ділянках відвалу з дрібною фракцією породи. Вік найстаріших генеративних особин цього виду становить 20–25 років. В більшості випадків такі дерева зростають біля підніжжя відвалів

або поблизу них та відіграють роль джерела насіння. Висота їх становить 15–18 м, діаметр стовбура – 23–26 см. Життєвий стан таких дерев на рівні 2–3 бали, дерева ослаблені, відзначається часткове вихання крони або окремих гілок.

На бермах та схилах відвалів зростають екземпляри *P. deltoides* віком 11–15 років, навколо яких відбувається утворення порості. Життєвий стан умовно материнських особин становить 3–4 бали. Це сильно ушкоджені (ослаблені) або навіть з ознаками відмирання дерева. Крім того, більшість з них зростають у вигляді куща висотою 1,5–2,5 м та діаметром крони до 2 м. Часто екземпляри *P. deltoides* елімінують, не досягши генеративної фази розвитку та не утворюючи вегетативних поростевих пагонів.

P. deltoides також зростає на бортах кар'єрів і ділянках шламосховищ, проте трапляється значно рідше, ніж *P. italica*. Дерев цього виду в таких умовах зростання характеризуються низьким балом життєвого стану та тривалістю життя. В більшості випадків, вік дерев становить 5–7 років, але це вже дерева, для яких характерні ознаки сенільного та субсенільного станів.

P. tremula на залізорудних відвалах Криворіжжя мало поширений. Виключенням є Петрівський відвал ЦГЗК, що знаходиться в Кіровоградській області, де кліматичні умови, зокрема, вологість повітря, більш сприятливі для зростання цього виду. Перші екземпляри осики виростили з насіння, принесеного з прилеглих насаджень. Вік материнських особин 10–15 років, життєвий стан – 1 бал. Дерев *P. tremula* мають висоту 2,5–3 м, діаметр стовбура на рівні субстрату 10–13 см і характеризуються низьким прикріпленням крони – від 5 до 17 см. При цьому крона дерева становить 1,5–2,2 м (рис. 3.4). Типове місце зростання цього виду на відвалі – верхня берма, майже не зайнята травяною рослинністю, особливо відкриті сонячні ділянки максимально наближені до кар'єру.



Рис. 3.4. *P. tremula* на верхньому плато Петрівського відвалу ЦГЗК

На відвалах *P. tremula* також відрізняється вегетативною рухливістю, утворюючи щорічно кореневі паростки. Життєвий стан молодих рослин, що виникли внаслідок вегетативного поширення, становить 1 бал.

На схилових ділянках відвалу зростає дуже рідко, але в місцях спонтанного поселення осики також відбуваються процеси формування куртиноутворюючих дерев. При цьому куртини невеликі за розміром, чітко виділяється материнська особина, а щільність зростання корневих паростків становить 5–17 шт./м². Життєвий стан всіх складових в куртині становить 1–2 бали, особини пов'язані між собою горизонтальними шнуроподібними коренями.

P. x berolinensis раніше був використаний в рекультиваційних посадках на відвалах. На сьогоднішній день на одному з досліджених відвалів збереглися рядові посадки цього гібриду. Висота дерев становить 12–15 м, діаметр стовбура – 12–23 см. Життєвий стан дерев суттєво знижений, у більшості з них відмічене всихання верхівки крони, а у деяких – всихання 90 % крони. Крім того, пошкодження листового апарату становить близько 50–60 %. Вегетативного відновлення цього гібриду в умовах відвалів не відбувається.

P. bolleana свого часу був використаний для біологічної рекультивації відвалів. Залишки рекультиваційних насаджень на сьогоднішній день мають життєвий стан на рівні 2 балів, тобто у дерев відмічене зниження густини крони, наявність в кроні сухих гілок, а також хлоротичність листків і наявність на них некротичних плям. На відвалах, а частіше біля їх підніжжя, зростає у вигляді одностовбурних добре розвинутих дерев. В місцях оголення коренів внаслідок обвалу або зсуву породи відбувається незначне утворення з них ортотропно спрямованих пагонів. Дорослі особини мають висоту 12 м, діаметр стовбура 18 см.

Природного заселення *P. bolleana* на відвалах майже не відбувається, оскільки в близько розташованих до відвалів насадженнях цей вид не зростає. На одному з відвалів на локальних ділянках з неущільненим субстратом відмічені особини насінневого походження, навколо яких відбувається кореневе відновлення. Умовно материнські екземпляри невеликі за розмірами, зі слабким галузненням; їх висота 2,5–3,5 м, діаметр стовбура на рівні субстрату 3,5–6 см. Крона дуже вузька – всього до 0,5 м. Кореневі паростки, пов'язані з материнською особою, знаходяться від неї на відстані 1–3 м. Їх зазвичай дуже мало (3–7 пагонів на одне умовно материнське дерево), висота їх 0,4–1,2 м, діаметр стовбура на рівні субстрату варіює в межах 0,5–1,1 см. Життєвий стан особин знижений до 2–3 балів.

P. simonii на відвалах природним шляхом поселяється дуже рідко. На окремих ділянках з дрібним уламковим матеріалом з домішками суглинку зростають поодинокі особини насінневого походження. Життєвий стан молодих дерев становить 1–2 бали, з віком він значно знижується. На невеликому за площею автовідвалі присутні рекультиваційні насадження цього виду віком 25–30 років. Висота дерев становить 1,8–2 м. Життєвий стан дерев знижений, більшість з них навіть знаходяться в сенільному або субсенільному станах. Вегетативне та насінневе відновлення цього виду на відвалі відсутнє.

В ході свого росту та розвитку в складних екологічних умовах відвалів тополі все більше пристосовуються до впливу несприятливих факторів

середовища, наслідком чого є видозмінена життєва форма. Замість характерної для дерев одностовбурної форми, тополі зростають у вигляді куща з різною кількістю скелетних пагонів. Кущі за морфометричними показниками значно поступаються деревам. Їх висота і діаметр крони в 2–4 рази менше, ніж у особин відповідних вікових станів на тих же ділянках з чітко вираженим головним пагоном.

На територіях відвалів тополі представлені майже всіма віковими станами від ювенільного до субсенільного. Проте дуже складно простежити перехід від одного стану до іншого. Тривалість онтогенезу у більшості видів деревних рослин в умовах техногенних екотопів скорочена в порівнянні з рослинами непорушених місцезростань. В той же час має місце неповний або незавершений онтогенез, тобто часто в ході індивідуального розвитку деревні рослини не проходять всі вікові етапи і відмирають у тому віковому стані, якого вони досягли. В інших випадках можливе переривання нормального перебігу онтогенезу з випаданням окремого вікового стану.

Слід підкреслити, що тривалість онтогенезу рослин значно варіює на різних схилах відвалів і особливо за їх профілем. Так, наприклад, біля підніжжя відвалу рослини *P. deltoides* досягли генеративної фази розвитку, на схилах – субсенільної, а на вершині – сенільної. При цьому рослини біля підніжжя відвалу мали зріст 11–13 м, а на його схилах та платоподібній вершині сформувалися кущоподібні форми висотою 0,5–2 м.

Деякі види тополь, наприклад, *P. deltoides* та *P. simonii*, часто не досягають репродуктивної фази розвитку і відмирають, не даючи ні насіннєвого ні вегетативного потомства, тому їх онтогенез є неповним, або незавершеним. Крім того, цим видам також властиве виключення репродуктивної фази розвитку і перехід від віргінільного до субсенільного вікового стану.

Висновки по розділу:

1. В паркових насадженнях м. Кривий Ріг домінуючими серед використаних видів тополь є *P. nigra*, *P. italica* і *P. bolleana*, на долю яких

припадає 61 % від загальної кількості тополь у парках. Найменше представлені в паркових насадженнях міста *P. alba*, *P. balsamifera* і *P. tremula*.

2. Древа віком понад 40 років характеризуються зниженням показника життєвого стану, ніж відносно молоді насадження. Основними причинами пригнічення, а часто і передчасного відмирання рослин є незадовільна агротехніка або її повна відсутність, висока щільність посадок, сухість повітря в осінньо-літній період, техногенне та рекреаційне навантаження, а також ушкодження дерев, викликані шкідниками і хворобами. Найбільш ослаблені та з ознаками відмирання дерева ростуть в насадженнях, розташованих біля автодоріг, а також в зоні впливу металургійних підприємств.

3. Субстрати залізорудних відвалів не є фітотоксичними та мають достатній для зростання деревних порід рівень забезпеченості азотом, фосфором та калієм. Крім того, в субстратах наявна достатня кількість дрібнозему, в якому акумулюються поживні речовини і доступна для рослин волога. Окрім атмосферних опадів, скельні породи досить активно конденсують атмосферну вологу. Породи містять в своєму складі практично всі хімічні елементи, необхідні рослинам.

4. Тополі є піонерними видами в залісненні породних промислових відвалів Криворіжжя, і на сьогодні є найбільш поширеними на техногенних новоутвореннях Криворізького залізорудного басейну. На даний час на поверхнях відвалів виявлено 6 видів і 1 гібрид роду *Populus*: *P. italica*, *P. bolleana*, *P. deltoides*, *P. simonii*, *P. tremula*, *P. alba* і *P. x berolinensis*, більшість з яких заселилися на поверхні відвалів спонтанно внаслідок заносу насіння з прилеглих насаджень.

5. Для *P. italica*, *P. tremula* і *P. alba* на поверхнях відвалів характерне щорічне рясне утворення корневих паростків і, як наслідок, збільшення фітогенного поля та охопленої коренями площі, що сприяє закріпленню субстрату відвалів, захищаючи його від пиління та обвалів і зсувів.

6. За ступенем розповсюдження на поверхнях відвалів досліджені види тополь розташовані в наступному порядку: *P. deltoides* → *P. italica* → *P. alba* →

P. tremula → *P. x berolinensis* → *P. simonii* → *P. bolleana*. При цьому дерева *P. deltoides*, *P. x berolinensis*, *P. simonii* і *P. bolleana* є залишками рекультиваційних насаджень минулих років, які на сьогоднішній день знаходяться на межі свого критичного віку і не здатні в повній мірі виконувати лісомеліоративну функцію.

РОЗДІЛ 4. ВЕГЕТАТИВНА РУХЛИВІСТЬ ТОПОЛЬ НА ВІДВАЛАХ ТА У МАЛОПОРУШЕНИХ ПРИРОДНИХ ЕКОТОПАХ

Відвали залізорудних кар'єрів Криворіжжя знаходиться у безпосередній близькості від житлових районів м. Кривий Ріг і є екологічно небезпечними. Відвали важко піддаються рекультивації, а природне відновлення рослинного покриву відбувається досить повільно.

З часом залізорудні відвали на Криворіжжі поступово заростають і на деяких з них локально сформувався покрив із трав'янистих і деревних рослин (Коршиков, Красноштан, 2012). Нерідко деревні рослини відновлюються на відвалах за рахунок насіння, занесеного з насаджень прилеглих територій. Важливу роль у природному залісненні відвалів відіграють вегетативно рухливі види і, зокрема, види роду *Populus*. Переважний розвиток тополь можна пояснити здатністю цієї породи розвивати потужну кореневу систему у поверхневому шарі технозему глибиною до 20-30 см.

4.1. Адаптивні зміни у морфоструктурі кореневої системи вегетативно рухомих тополь в умовах залізорудних відвалів

Дослідженням корневих систем деревних рослин у специфічних умовах зростання присвячено мало робіт, хоча саме від особливостей формування та будови коренів залежить ріст та стійкість рослин (Рахтеенко, 1953, 1963; Ахмадуллин, Зайцев, 2013). Коренева система деревних рослин у несприятливих умовах зростання може змінювати свою морфоструктуру за дії різних екологічних факторів: кліматичних умов, фізико-хімічних властивостей субстрату, рівня його зволоженості та вмісту токсичних сполук (Грабовская, 1952; Калинин, 1991; Колесников, 1974; Leaf photosynthetic characteristics ..., 2005; Гиниятуллин, Кулагин, 2012).

Тополі складають основу деревних насаджень на відвалах і за певних умов можуть утворювати суцільні зарості (Данильчук и др., 2006). Досліджуючи

кореневу систему видів роду *Populus* на відвалах, встановили, що їй властива висока екологічна пластичність, тобто вона здатна змінювати свою будову під впливом певних чинників навколишнього середовища. Це добре узгоджується з даними, отриманими при дослідженнях корневих систем деревної рослинності на дослідних ділянках лісової рекультивації в Західному Донбасі (Масюк, 2008). Виявлено, що коренева система *P. alba*, як на бермах Ганнівського, так і Петровського відвалів була поверхневого типу, основна її маса сформована крупними скелетними коренями, що розташовані у верхньому 30-сантиметровому шарі відвального субстрату.

Потрібно відмітити, що в малопорушених природних екотопах *P. alba* відрізняється невисокою вегетативною рухливістю. Лише окремі особини цього виду в природних і паркових насадженнях на зволжених територіях утворюють кореневу порось, яка формується не кожний рік і займає невелику площу в декілька десятків квадратних метрів навколо материнської особини. На слабо порушених територіях, таких як, наприклад, великі рекреаційні і придорожні насадження, *P. alba* частіше зустрічається у вигляді одноствовбурного дерева, а якщо і проявляє вегетативну рухливість, то набагато меншу, ніж на відвалах. У переважній більшості випадків найбільш поширена життєва форма *P. alba* в паркових і міських деревостанах – одноствовбурне дерево.

В цілому, можна констатувати, що будова кореневої системи та характер її розповсюдження на досліджених відвалах відрізняється від такої у природних умовах. Здебільшого на відвалах у рослин розвивається поверхнева коренева система, зосереджена в шарі 0–0,7 м з довгими горизонтальними коренями. Розповсюдження коренів за профілем має нерівномірний характер, зустрічаються загини та переплетіння.

Розвиток потужної кореневої системи рослин в умовах промислових відвалів є однією з основних умов адаптації до неоекотопів (Грешта, 1970). Корені тополь активно і досить швидко проникають в субстрат, формуючи при цьому добре розгалужену кореневу систему. Основна її маса сформована крупними скелетними додатковими кореннями, що простягаються в

горизонтальному напрямку далеко за межі проєкції крони. Активна частина коревої системи у верхній частині рекультиваційного шару представлена добре розвинутими бічними коренями другого, третього і більших порядків, різного діаметру, зростаючих в різних напрямках і утворюючих щільні переплетіння. Головний корінь припиняє свій ріст на глибині 25 см. Аналіз морфологічних особливостей кореня вказує на те, що його спеціалізація як органу поглинання речовин і закріплення в субстраті пов'язана перш за все зі збільшенням поверхні, яка безпосередньо контактує з субстратом. Це досягається галуженням, що збільшує потужність кореневої системи, та утворенням безлічі кореневих волосків (Коршиков и др., 2014).

Слід зазначити, що у природних, мало порушених екотопах тополям властиве глибоке залягання коріння з добре розвиненим головним коренем, хоча формується і поверхнева, або якірна, коренева система, на якій і утворюються паростки (Редько, 1975; Павленко, 1960).

В результаті поверхневого залягання коренів та здатності до утворення кореневих паростків види роду *Populus* L. в умовах відвалів характеризуються високою вегетативної рухливістю. Кореневі паростки виникають з поверхневих коренів, на вигинах яких часто розташовані додаткові бруньки. Горизонтальне розташування коренів, одна з головних функцій яких – закріплення рослин в рихлому субстраті, близько до поверхні ґрунту є результатом пристосувальної еволюції тополь в умовах промислових відвалів. Крім того, формування кореневої порослі розглядається як пристосувальна реакція рослин із заселення нових територій.

У екологічно несприятливих екотопах, а також в угрупованнях, що зазнають антропогенних дій, змінюються формотворчі процеси у рослин, і зростає різноманітність життєвих форм у пластичних в ростовому відношенні видів (Жукова, 2001; Чистякова, 1988; Гетманец, 2010). У стійких видів, схильних до вегетативного відновлення на ранніх етапах онтогенезу, може істотно змінюватися поведінкова стратегія, не властива таким видам в типових умовах природного середовища. Так, впродовж життєвого циклу на відвалах у

тополь змінюються процеси формоутворення і зростає різноманітність життєвих форм. *P. italica*, *P. alba*, і в меншій мірі – *P. tremula* впродовж онтоморфогенезу формують, згідно з класифікацією Чистякової (1988), життєві форми одностовбурного дерева, мало- і багатостовбурного дерева або куща, куртиноутворюючого, або довгоксилоризомного дерева. Найбільш мінливими є життєві форми *P. italica*, які залежать від умов місцезростання, особливо складу і якості субстрату, внаслідок чого відбувається відхилення життєвої форми від основної, характерної для оптимальних умов зростання виду.

Одностовбурні дерева вказаних видів тополь становлять лише 10–15 % від загальної кількості досліджених особин. В більшості випадків це дерева насіннєвого походження на скельних схилах відвалів в місцях змиву ґрунту або на пологих ділянках в поглибленнях. У таких особин відзначена менша висота, габітус крони в порівнянні з рослинами міських насаджень, а також більш суттєві ушкодження листового апарату. Крім того, часто такі екземпляри гинуть внаслідок зсувів субстрату або обвалу великих уламків породи, що спричинює вивертання дерева з коренем.

Малостовбурне та багатостовбурне дерева формуються внаслідок утворення ортотропних пагонів зі сплячих бруньок при основі головного стовбура (рис. 4.1). Додаткові бруньки на коренях з'являються весною, в меншій мірі – влітку та восени. Кореневі паростки, що виникли з таких бруньок, лишаються певний час поєднаними з материнською рослиною, не утворюючи при цьому власної системи коренів. Активному розвитку додаткових бруньок сприяють поранення кореня, що часто відбувається на відвалах при наявності гострих уламків породи внаслідок зсувів відвальних субстратів, викликаних технологічними вибухами у близько розташованих кар'єрах.



А



Б

Рис. 4.1. Малостовбурне (А) та багатостовбурне дерево (Б) *P. italica*

Між собою ці форми відрізняються кількістю скелетних осей і їх основними характеристиками. Малостовбурні форми складаються з 2–3 близьких за діаметром стовбурів, багатостовбурні – з 7–15. Впродовж життєвого циклу кількість пагонів у багатостовбурних форм, як правило, дещо зменшується.

В залежності від походження скелетних пагонів мало- і багатостовбурні дерева належать до аероксильного або геоксильного типу (рис. 4.2).



А



Б

Рис. 4.2. *P. italica*: А – аероксильне дерево-кущ, Б – геоксильне дерево-кущ

Геоксильні дерева або кущі формуються внаслідок утворення нових пагонів зі сплячих бруньок, що знаходяться нижче рівня субстрату (Недосеко, 2017; 2014). Кожне окремо взяте геоксильне дерево може утворювати власну систему додаткових коренів, що сприяють вегетативній рухливості таких дерев. У особин аероксильного типу нові скелетні пагони утворюються зі сплячих бруньок материнського стовбура, розташованих вище рівня субстрату. У таких особин стовбурці розташовані компактно і майже не утворюють додаткових коренів. Часто розвиток нових ортотропних пагонів в процесі формування багатостовбурних дерев відбувається з калюса, який утворюється в результаті жорсткого поранення кореня або його розриву (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Утворення додаткових пагонів тополь з калюса пораненого (розірваного) кореня

Калюс – це реакція-відповідь організму на поранення (Іванова, 1982). Активування процесів регенерації в такому випадку призводить до одночасного розвитку 10 або більше пагонів.

В ході розвитку вегетативних органів тополь в техногенних рихлих субстратах відбувається перетворення ділянки кореня на здерев'яніле кореневище – ксилоризом, на якому в наступні роки закладаються нові вегетативні бруньки (Дервиз-Соколова, 1982). Зі сплячих бруньок ксилоризома

утворюються як ортотропно- так і плагіотропно зростаючі пагони. В останньому випадку формується потужний розгалужений ксилоризом (рис. 4.4). При розвитку ортотропних пагонів на ксилоризомі, які часто розміщені на відстані до 1,5 м один від одного, формується довгоксилоризомне дерево, що найчастіше характерне для *P. italica*.



Рис. 4.4. Потужний ксилоризом *P. italica* на поверхні відвалу

Складні індивіди відрізняються між собою ступенем своєї компактності, тобто розмірами ксилоризомів, які зв'язують парціальні утворення і материнський організм. Короткоксилоризомне багатостовбурне дерево фактично представляє собою багатостовбурне дерево-кущ: довжина ксилоризомів між стовбурами становить від 7–10 см до 0,3–0,5 м. Довгоксилоризомне дерево є куртиноутворюючим деревом.

Дуже рідко на відвалах трапляються складні ксилоризомні індивіди насіннєвого походження (рис. 4.5). Парціальні утворення в складі таких куртин пов'язані між собою здерев'янілими кореневищами-ксилоризомами і можуть представляти собою нерозгалужений ортотропний пагін або розгалужену систему пагонів. Крім того, часто вони можуть не мати власного коріння, а тому їх онтогенез закінчується доволі рано, у віці 15–20 років. Як правило, діаметр ксилоризому збільшується в місці відходження парціального утворення і

зменшується після нього. На нашу думку, у ксилоризомі відбувається накопичення води та поживних речовин для розвитку нових пагонів.

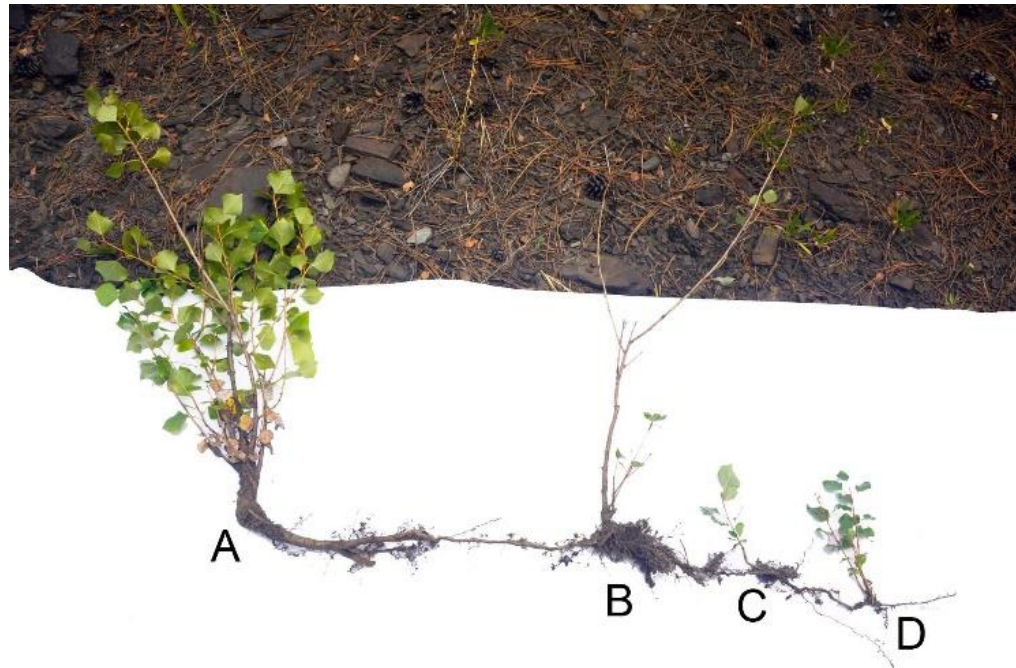


Рис. 4.5. Ксилоризомний індивід *P. italica* насіннєвого походження: А, В, С, D – парціальні утворення

У *P. alba* ксилоризом менш потужний, менший в діаметрі та більш гнучкий, а куртини більш щільні (рис. 4.6). Структурні елементи куртини досить різновікові і не утворюють постійного кількісного поєднання одновікових парціальних утворень, тому практично неможливо визначити вік куртиноутворюючого дерева в цілому.

Площі куртин, що утворені найбільш стійкими *P. alba* і *P. italica* на відвалах досить різні і варіюють в залежності від місця розташування на відвалі та субстрату. Кількість парціальних утворень в складі куртиноутворюючого дерева збільшується з кожним роком внаслідок активних процесів пагоноутворення. У жодного куртиноутворюючого або ксилоризомного дерева на відвалах не виявлено ознак дезінтеграції або роз'єднання на окремі частини. Встановлено, що такі життєві форми тополь на відвалах становлять близько 90 % від загальної кількості досліджених дерев.



А



Б

Рис. 4.6. Куртиноутворююче дерево *P. italica* (А) і *P. alba* (Б)

В усіх виявлених складних індивідів *P. alba* найбільш багаточисельні одно- і дворічна коренева порость (Коршиков и др., 2008). І це притому, що останні роки були найбільш жаркими і посушливими за тривалий період метеорологічних спостережень. Можливо, це ті екологічні чинники, які сприяють вегетативній рухливості *P. alba* на залізорудних відвалах.

Уся коренева порость відрізняється добрим розвитком. Так, однорічна сягає у висоту 0,8–1 м, дворічна – 1,7–2,2 м, трирічна – 2,9–3,1 м, п'ятирічна – 4,4–5,3 м і восьмирічні – 5,7 м, з діаметром стовбура у останньої вікової групи 7,4 см. Коренева порость у *P. alba* на залізорудних відвалах, яка поширюється у всіх напрямках від материнської особини, може утворюватися на відстані 15 і більше метрів від неї. Куртиноутворююче дерево *P. alba* як складний індивід має парціальні утворення, які виникають в результаті галуження коренів 3–5-річної кореневої порості з подальшим утворенням 1–2-річної порості.

P. italica на відвальних субстратах формує переважну кількість куртин у порівнянні з іншими видами тополь (табл. 4.1). Життєвий стан куртиноутворюючого дерева в цілому та окремих його складових досить високий і становить 1–2 бали, за винятком простих утворень віком понад 5–7 років, у яких часто відмічені опіки на листях. На відвалах у *P. italica* кореневі паростки утворюються на ксилоризомах, які у трирічних особин досягають у

довжину 30–50 см, а в товщину – 3–5 см. Вони сприяють подальшому поширенню плагіотропних коренів, забезпечуючи їх необхідними поживними речовинами і водою. На ксилоризомах 3–5-річної порості починають утворюватися тонкі бічні корені першого і другого порядку (рис. 4.1).

Таблиця 4.1

Морфоструктурна характеристика куртиноутворюючого дерева *P. italica* на залізорудних відвалах Криворіжжя

Кореневі паростки				Життєвий стан, бал	Загальна площа зростання, м²
Вік, років	Кількість особин, шт.	Висота рослин, м	Діаметр стовбура, см		
1 куртина суглинок					
5	2	3,4 ± 0,1	3,4 ± 0,1	2-3	220
3	4	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2	
2	16	1,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1-2	
1	23	0,8 ± 0,1	0,5 ± 0,1	1	
2 куртина суглинок					
5	17	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,1	1-2	300
3	32	3,0 ± 0,1	2,7 ± 0,1	1	
2	43	1,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1	
1	54	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1	
1 куртина кварцит					
5	5	2,7 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3	110
3	3	2,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1	2	
2	11	1,2 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1	
1	9	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1	1	
2 куртина кварцит					
5	3	2,5± 0,1	2,6± 0,1	2	90
3	3	1,9 ± 0,2	0,9 ± 0,2	2	
2	4	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1	
1	5	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	1	

P. alba показав себе як найбільш стійкий вид в умовах відвалів. Проте кількість куртин цього виду на відвалах значно менша, незважаючи на більші їх розміри (табл. 4.2). Мала поширеність цього виду на відвалах, ймовірно, пов'язана із специфікою його насіннєвого розмноження.

Таблиця 4.2

Морфоструктурна характеристика куртиноутворюючого дерева *P. alba* на залізорудних відвалах Криворіжжя

Кореневі паростки				Життєвий стан, бал	Загальна площа зростання, м²
Вік, років	Кількість особин, шт.	Висота рослин, м	Діаметр стовбура, см		
1 куртина суглинок					
7-8	8	5,7 ± 0,4	7,4 ± 0,3	2-3	450
5	26	4,4 ± 0,1	3,8 ± 0,1	1-2	
3	43	2,9 ± 0,1	2,9 ± 0,1	1	
2	61	2,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1	
1	57	1,1 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1	
2 куртина суглинок					
5	15	5,1 ± 0,2	3,8 ± 0,1	1-2	420
3	29	3,1 ± 0,1	2,9 ± 0,1	1	
2	36	2,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1	
1	41	1,2 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1	
1 куртина кварцит					
5	12	3,7 ± 0,2	3,8 ± 0,2	2	200
3	4	2,9 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1-2	
2	20	1,5 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1	
1	19	0,7 ± 0,1	0,4 ± 0,1	1	
2 куртина кварцит					
5	3	3,3± 0,1	3,8	1	150
3	7	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,2	1	
2	15	1,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1	
1	22	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,1	1	

Насіння *P. alba* проростає досить швидко – через 10–15 годин, проте лише у разі попадання на поверхню вологого ґрунту, а проростки виживають, якщо поверхня ґрунту залишається вологою впродовж 10–15 діб (Богданов, 1965; Павленко, 1960). Ймовірно, що такі сприятливі для проростання насіння умови в літній період на відвалах можуть створюватися тільки в окремі роки щедрих дощів і тільки на локальних, дрібних за розмірами, ділянках. Загальний життєвий стан *P. alba*, незалежно від біоморфи та віку, цілком задовільний, лише у окремих, найбільших за віком, екземплярів відмічено крайовий або точковий некроз листя (до 50 %).

P. deltoides в техногенних умовах відрізняється низькою екологічною стійкістю, формуючи життєву форму аероксильне низькоштамбове дерево або кущ з прорідженою, частково всихаючою кроною і характерним дрібним листям. Висота прикріплення крони у аероксильного дерева знаходиться на рівні 5–11 см. Характерними ознаками цього виду на відвалах є зниження біометричних параметрів, низька пагоноутворююча здатність, дрібнолистість, спотворення форми крони та недовговічність. Максимальна тривалість життя особин *P. deltoides* в умовах відвалів становить не більше 20 років, проте часто спостерігається відмирання рослин віком 10–15 років, висота яких становить 1,8–2,5 м.

Для всіх куртиноутворюючих дерев характерне варіювання чисельності простих індивідів в різних за розмірами куртинах в залежності від субстрату. На ділянках з кварцитом, а особливо з включеннями великоуламкового матеріалу, у складі великих куртин кількість кореневих паростків в середньому у 4,7 рази менша, ніж в аналогічних куртинах на суглинистих або змішаних субстратах (рис. 4.7). Особливо ця різниця помітна у *P. italica*, де на кам'янистому субстраті кількість пагонів у 5 разів менша, ніж на суглинистому. У складі менших за площею куртин простежується аналогічна закономірність утворення кореневих паростків. Для всіх досліджених видів тополь характерне утворення у 2,5 рази більше паростків на рихлих неуцільнених субстратах, ніж на ділянках з

кварцитом. На відвалах кореневі системи рослин переважно розвиваються в південно-східному, південному і західному напрямках.

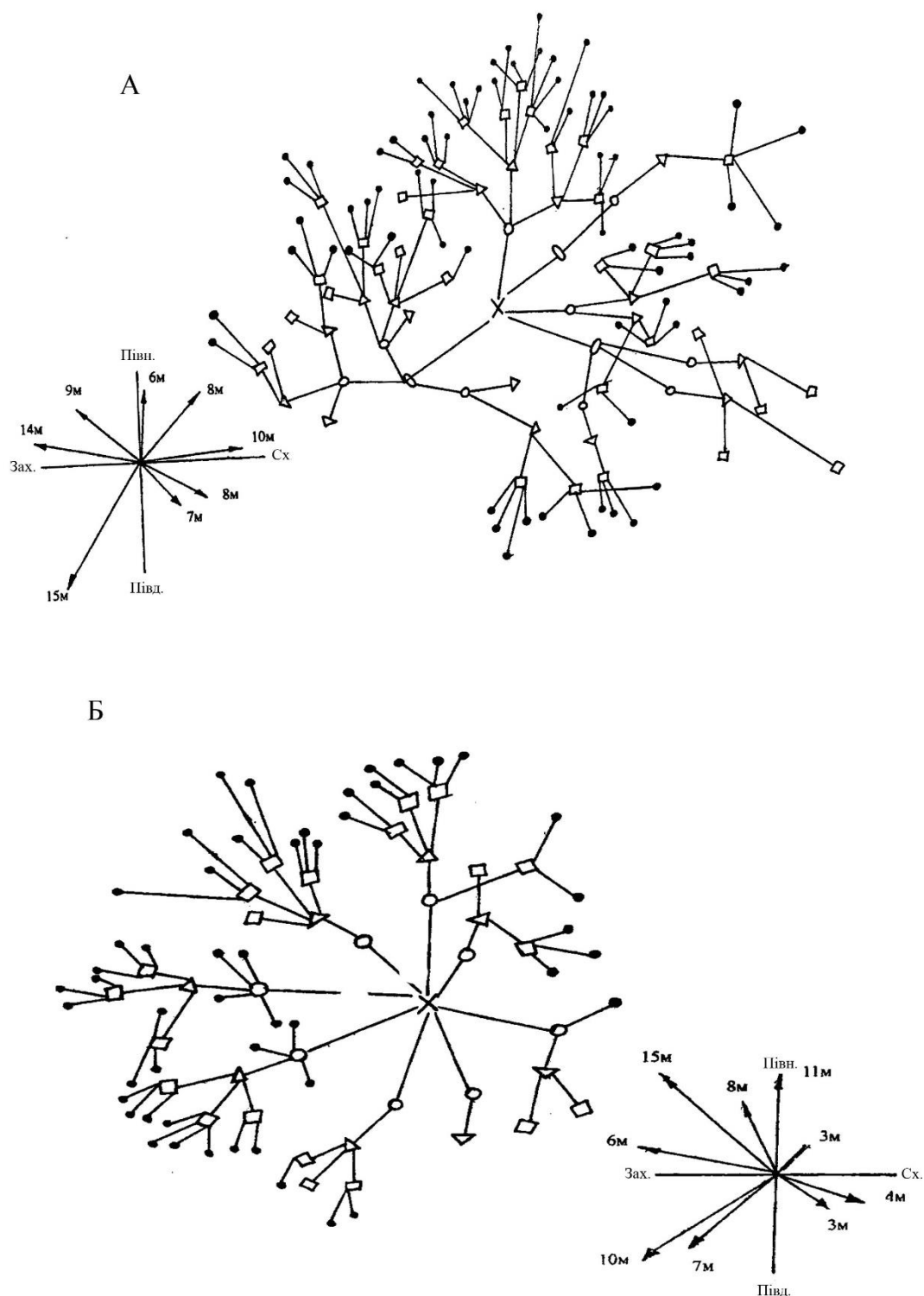


Рис. 4.7. Схема поширення корневих паростків навколо материнського дерева у складі куртиноутворюючих дерев на залізорудних відвалах Криворіжжя: А – *P. alba*, Б – *P. italica*

Примітка. × – материнська особина насінневого походження; кореневі паростки: – 8-ми річні, ○ – 5-ти річні, Δ – 3-х річні, □ – дворічні, ● – однорічні; Півн., Півд., Зах., Сх. – сторони світу, 3, 6, 7, 10 15 м – віддаленість корневих паростків від материнської особини.

Внаслідок потужного розвитку кореневої системи тополь в умовах відвалів відбувається надійне закріплення рослин від вітровалу, а самої поверхні відвалів – змивів і зсувів. Вегетативне розмноження тополь в едафотопях відвалів компенсує низьку ефективність генеративного розмноження або повну його відсутність в умовах промислових відвалів, що забезпечує довговічність існування особин і підвищує чисельність особин, здатних в повній мірі виконувати меліоративні функції. Крім того, морфологічна поліваріантність життєвих форм видів роду *Populus* на залізородних відвлах є адаптаційним механізмом пристосувань до несприятливих абіотичних чинників.

У березні 2015 року була проведена ізоляція, або штучна партикуляція за допомогою обкопування 1–3-річної порості навколо материнських дерев *P. alba*, що зростали на Петрівському відвалі. Однорічна ізольована порость вся загинула в першій половині вегетації. В середині літа близько 80 % 2–3-річної ізольованої порості збереглося, і вона мала 10–20 см приросту. В середині осені вижило від 30 до 50 % ізольованої порості. У такої ізольованої порості відмічено розвиток тонких коренів на основному материнському корені. Слід зазначити, що експеримент проводився за несприятливих погодних умов: у липні-жовтні не було жодного дощу. Тобто ізоляція кореневої порості або штучна партикуляція навіть у екстремальних кліматичних умовах, в несприятливих едафічних умовах відвалу призводить до розвитку автономної кореневої системи ізолянтів, що забезпечує їх виживання. Такі ізолянти є найбільш перспективними для подальшого їх використання в озелененні залізородних відвалів.

Весняні посадки саджанців *P. alba* на Петрівському залізородному відвалі призвели до їх загибелі на початку осені. Були проведені осінні посадки саджанців, які проводилися нами й раніше. Кінець осені (листопад) є найбільш

сприятливим терміном для висадки саджанців *P. alba*. Виходячи з високої вегетативної рухливості *P. alba*, що підтверджено впродовж наших багаторічних досліджень, починаючи з 2005 р., не потрібно на залізрудних відвалах проводити будь-які роботи, пов'язані з технічним етапом рекультивації. Посадки у дрібнозем із кварцового або сланцевого піску достатньо для приживання саджанців з розвиненою кореневою системою. Враховуючи високу вегетативну рухливість *P. alba* з молодого віку, недоцільно проводити посадки саджанців по всій поверхні відвалу. Достатньо це зробити групами на такій відстані, щоб через 15–20 років куртини дерев зімкнулись за рахунок утворення кореневої порості. На основі цих досліджень було розроблено і запатентовано «Спосіб використання тополі білої для рекультивації залізрудних відвалів Криворіжжя» (отримано затвердження патенту від 22.09.2015 № 16550/ЗУ/15 згідно заявки № 201508884).

У складних ксилоризомних утвореннях *P. italica* на відвалах природної партикуляції окремих складових також не відбувається. Проте, її можна викликати штучно – штикуванням лопатою породи навколо 3–5-річної порості. Такі експерименти нами були проведені, і всі відокремлені від коренів материнської особини індивіди вижили. Це реальний шлях сприянню природного заростання залізрудних відвалів Криворіжжя.

У березні 2015 року була проведена за допомогою обкопування по колу порості на периферії куртини ізоляція 1–4-річної кореневої порості від 20-річних дерев *P. italica*. Однорічна ізольована порость загинула уже в червні 2015 р., а частина 2-4-річної зберіглася до кінця вегетаційного сезону (вижило 30-50%). Однорічний приріст у цих рослин становив 10-30 см; на материнському корені у них почала розвиватися автономна коренева система.

Як правило, порость виникає із ксилоризома, який має значно більшу товщину, ніж материнський корінь. На одному шнуровидному корені може утворитися 2–3 ортотропних пагони на відстані 50–70 см один від одного (рис. 4.8). Саме така порость, на якій розвивається автономна коренева система, є найбільш придатною для подальшого використання в озелененні залізрудних

відвалів. Поросьть, відокремлена від рослин на малопорушених територіях, не завжди для цього підходить, про що свідчать проведені нами весняні посадки.



Рис. 4.8. Розвиток кореневої порослі (А) та ортотропних пагонів (Б) у *P. italica* на тонкому ксилоризомі материнського дерева (Петрівський відвал, глинозем)

Враховуючи те, що всі дерева *P. italica*, вік яких перевищує 7–8 років, утворюють поросьть навіть у тих локалітетах, де окрім них нічого не росте, слід віднести цей вид до найперспективніших щодо озеленення відвалів. Як і у випадку з *P. alba*, недоцільною є висадка відокремленої порослі по всій поверхні відвалу. Посадки слід робити окремими групами по 15–20 саджанців, враховуючи те, що ці групи утворять зімкнуте насадження у найближчі роки.

4.2. Особливості анатомічної будови кореня тополь, зростаючих на відвалах гірничозбагачувальних комбінатів

Корінь є одним з основних органів вищих рослин, основні функції якого – закріплення рослини в субстраті, поглинання води і органо-мінеральних сполук, транспортування їх до інших частин рослини, участь в синтезі амінокислот, нуклеотидів, алкалоїдів, гормонів росту та інших фізіологічно активних речовин,

а також виведення метаболітів з рослинного організму (Лотова, 2001; Рожков и др., 2008).

На поперечному зрізі кореня тополі виділено три основні зони: покривно-всмоктувальну тканину, первинну кору і центральний осьовий циліндр. Покривно-всмоктувальна тканина, або ризодерма, виконує покривну, всмоктувальну, а також частково опорну функції. Вона представлена одним шаром клітин епіблеми.

Найбільш розвиненою є первинна кора кореня, яка складається з екзодерми, мезодерми, паренхіми первинної кори і ендодерми (рис. 4). Клітини екзодерми багатокутні, щільно прилягають одна до одної, розташовуються в кілька рядів. Їх клітинні стінки просякнуті суберіном і лігніном. Суберін забезпечує непроникність клітин для води і газів, а лігнін надає їм міцності (Егорова, Кулагин, 2008). Поглинені ризодермою вода і мінеральні солі проходять через тонкостінні клітини екзодерми (провідні клітини), що розташовані під кореневими волосками. У міру відмирання клітин ризодерми, екзодерма також виконує і покривну функцію.

Мезодерма розташовується під екзодермою і складається з живих паренхімних клітин, виконуючих запасуючу функцію, а також функцію проведення води і розчинених в ній солей від корневих волосків до центрального осьового циліндру. Внутрішній однорядний шар первинної кори представлений ендодермою, яка, в залежності від гідрологічного режиму рослин, може бути з пасками Каспарі або з підковоподібними потовщеннями.

Центральний осьовий циліндр складається з однорядного перициклу, з клітин якого утворюються додаткові корені, і радіального судинно-волокнистого пучка, що складається з 1–5 променів ксилеми. Серцевина в анатомічній будові кореня відсутня.

В анатомічній будові кореня тополь спостерігається перехід від первинної будови до вторинної. Процес вторинних змін починається з появи прошарків камбію під ділянками первинної флоєми, всередину від неї. Камбій виникає зі слабо диференційованої паренхіми центрального циліндру (рис. 4.9).

Між променями первинної ксилеми з клітин прокамбію утворюються дуги камбію, що замикаються на перициклі. Перицикл частково формує камбій і феллоген. Камбіальні ділянки, що виникли з перициклу, утворюють паренхімні клітини серцевинних променів. Клітини камбію до центру відкладають вторинну ксилему, а назовні – вторинну флоему. В результаті діяльності камбію між променями первинної ксилеми формуються відкриті бічні судинно-волокнисті пучки, кількість яких дорівнює кількості променів первинної ксилеми.

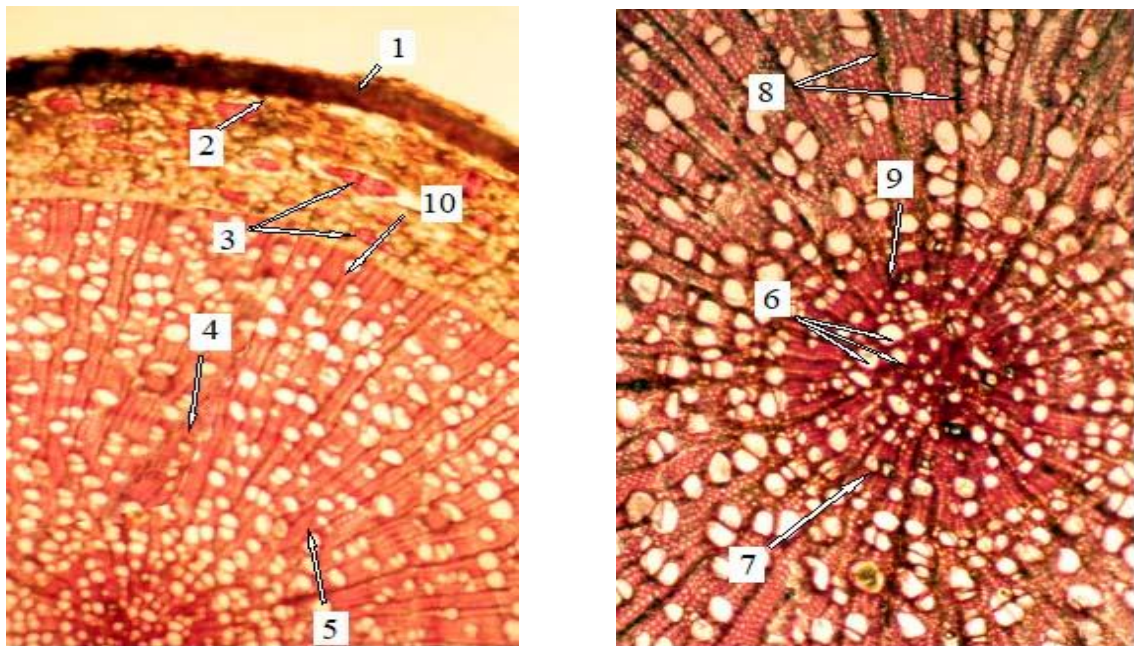


Рис. 4.9. Поперечний зріз кореня 4-річного проростку *P. alba* зі здатністю до вторинного росту: 1 – кора, 2 – перидерма, 3 – метамери твердого лубу, 4 – камбій, 5 – деревина, 6 – метаксилема, 7 – центральний осьовий циліндр, 8 – промені первинної ксилеми, 9 – протофлоема, 10 – перицикл

На місці перициклу відбувається закладання коркового камбію (фелогену), що дає початок перидермі – починається розвиток вторинних покривних тканин. Корок ізолює первинну кору від центрального осьового циліндру. Кора відмирає і скидається. Покривною тканиною стає перидерма, і корінь фактично представлений центральним осьовим циліндром, в центрі якого збережені

промені первинної ксилеми, а між ними розташовуються судинно-волокнисті пучки. Комплекс тканин зовні від камбію і є вторинною корою. Отже, основними тканинами в анатомічній будові кореня є ксилема, камбій, вторинна кора і пробка.

4.3. Особливості анатомічної будови ксилоризому куртиноутворюючого дерева тополь на відвалах гірничо-збагачувальних комбінатів

Ксилоризом – перехідна форма між коренем та стовбуром – є адаптивно важливим утворенням у *P. alba* та *P. italica* на залізородних відвалах Криворіжжя. У *P. italica* на відвалах потужний ксилоризом довжиною до 5 м може розвиватися у низькорослих рослин, висотою не більше 0,8–1,5 м (рис. 4.10).

В умовах залізородних відвалів *P. italica*, *P. alba*, як найбільш стійкі види, формують поверхневу кореневу систему, яка поширюється за межі проекції крони рослин. У переважній більшості навколо материнської рослини формується коренева поросль. З часом частина підземного кореня дерев'яніє, потовщується, накопичуючи воду та поживні речовини. Саме на таких ділянках з додаткових бруньок відбувається утворення нових пагонів, внаслідок чого відбувається збільшення площ субстрату, що утримуються коренями.

Щорічне формування кореневої порослі є пристосувальною реакцією тополь, що пов'язано з життєвою формою рослин, їх життєздатністю і залежить від екологічних умов місця зростання. Біологія і анатомічні аспекти утворення додаткових пагонів на коренях тополь недостатньо вивчені. На думку М. Рєви (1965), додаткові бруньки на коренях деревних рослин і бічні корені мають спільне походження, утворюючись з однакових груп клітин меристематичних тканин. При цьому додаткові бруньки на коренях деревних рослин нерідко виникають з камбію в безпосередній близькості від місця поранення кореня.

Анатомічна будова ксилоризому, що розвивається у верхньому шарі породи, дуже схожа з будовою надземних пагонів.

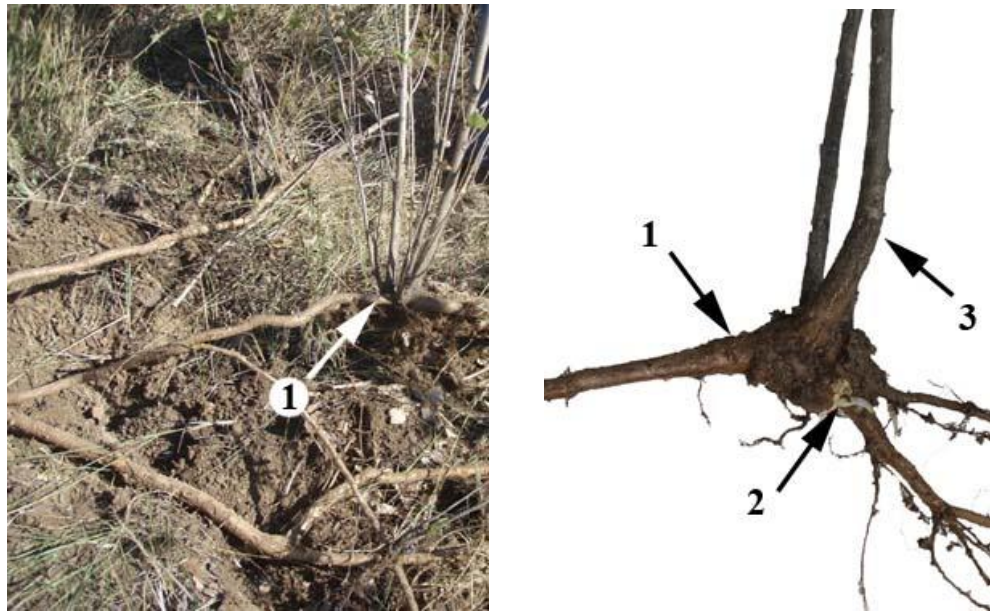


Рис. 4.10. Розгалужений ксилоризом *P. italica*: 1 – місце утворення нових пагонів на ксилоризомі; 2 – додаткові бруньки; 3 – ортотропний пагін

У ксилоризомі виявлені різновікові елементи деревини і серцеподібні перимедулярні волокна, які також властиві серцевині стебла. Острівці меристематичних тканин, з яких в результаті поділу та диференціації утворюються додаткові бруньки, локалізовані в перикамбії коренів. За допомогою анатомічних досліджень дворічного ксилоризому *P. italica* встановлено, що додаткові бруньки його формуються в перициклі кореня (рис. 4.11).

Ксилоризом має ділянку меристематичної активності, де і відбувається органогенез: ризоренез і утворення вегетативних пагонів. Додаткові кореневі бруньки виникають в середині в перициклі з клітин прокамбію, розвиваючись ендогенно, тобто усередині тканин кореня. Розростаючись усередині кореня, вони розривають його кору і виходять на поверхню. У разі пошкодження чи загибелі деяких пагонів, апікальні бруньки на потовщеннях ксилоризомів, що виникають в місцях розриву первинної кори за дії механічних пошкоджень, здатні до активного відновлення і росту вегетативних пагонів.

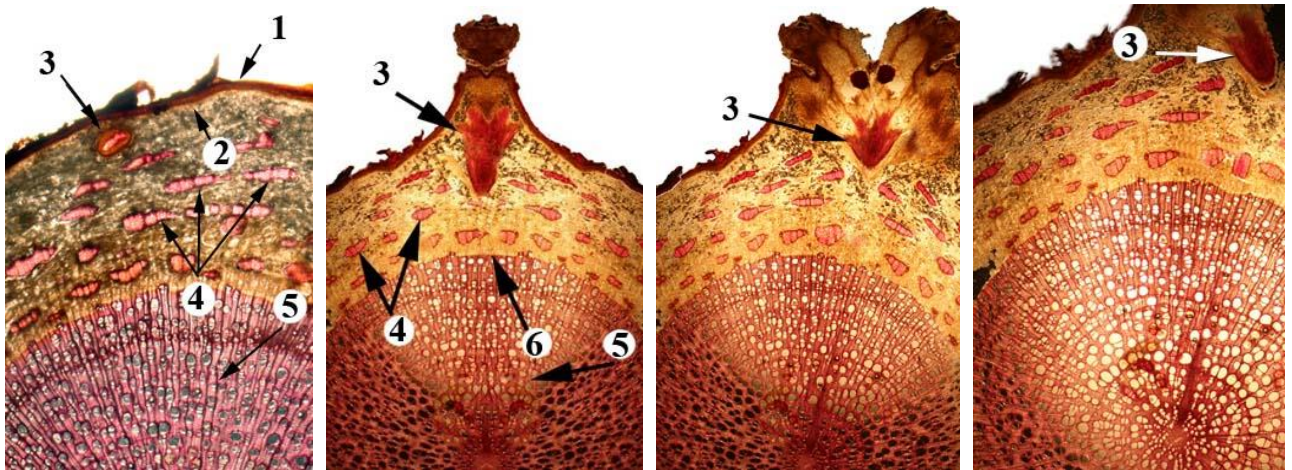


Рис. 4.11. Анатомічна будова ксилоризому *P. italica*: а – місце закладання придаткової бруньки; б – розвиток придаткової бруньки; в – місце виходу придаткової бруньки; г – прорив придаткової бруньки; 1 – кора, 2 – перидерма, 3 – додаткова брунька, 4 – метамери твердого лубу, 5 – центральний осьовий циліндр, 6 – перицикл.

В результаті досліджень анатомічної будови кореня і ксилоризому тополь виявлені певні особливості в анатомічній будові тканин епідермісу, первинної кори і центрального циліндра. Встановлено, що в апікальній ділянці ксилоризому відбувається збільшення кількості клітин в коленхімі і серцевинних променях та утворення зони меристематичної активності, що сприяє закладанню додаткових бруньок і підвищення регенераційної здатності досліджуваних видів роду *Populus* L. в умовах залізородних відвалів Криворіжжя.

Саме ця особливість здерев'янілого кореневища може бути використана для сприяння процесам самозаростання техногенно порушених земель.

Висновки по розділу:

1. Коренева система тополь на відвалах здатна змінювати свою будову під впливом чинників навколишнього середовища. На бермах відвалів коренева система тополь поверхневого типу, основна її маса сформована крупними

скелетними коренями, розташованими у верхньому 30-сантиметровому шарі відвального субстрату. Корені тополь активно і досить швидко проникають в субстрат, формуючи при цьому добре розгалужену кореневу систему. Основна її маса сформована крупними скелетними додатковими кореннями, що простягаються в горизонтальному напрямку далеко за межі проекції крони.

2. В результаті поверхневого залягання коренів та здатності до утворення корневих паростків види роду *Populus* L. в умовах відвалів характеризуються високою вегетативної рухливістю. Кореневі паростки виникають з поверхневих коренів, на вигинах яких часто розташовані додаткові бруньки. Горизонтальне розташування коренів, одна з головних функцій яких – закріплення рослин в рихлому субстраті, близько до поверхні ґрунту є результатом пристосувальної еволюції тополь в умовах промислових відвалів.

3. Впродовж життєвого циклу на відвалах у тополь змінюються процеси формоутворення і зростає різноманітність життєвих форм. *P. italica*, *P. alba*, *P. tremula* формують життєві форми одностовбурного дерева, мало- і багатостовбурного дерева або куща, куртиноутворюючого, або довгоксилоризомного дерева. Найбільш мінливими є життєві форми *P. italica*, які залежать від умов місцезростання, особливо складу і якості субстрату, внаслідок чого відбувається відхилення життєвої форми від основної, характерної для оптимальних умов зростання виду.

4. Одностовбурні дерева вказаних видів тополь становлять лише 10–15 % від загальної кількості досліджених особин. В більшості випадків це дерева насіннєвого походження на скельних схилах відвалів в місцях змиву ґрунту або на пологих ділянках в поглибленнях. У таких особин відзначена менша висота, габітус крони в порівнянні з рослинами міських насаджень, а також більш суттєві ушкодження листового апарату.

5. Малостовбурне та багатостовбурне дерева формуються внаслідок утворення ортотропних пагонів зі сплячих бруньок при основі головного стовбура. Кореневі паростки, що виникли з таких бруньок, певний час лишаються поєднаними з материнською рослиною, не утворюючи при цьому

власної системи коренів. Між собою ці форми відрізняються кількістю скелетних осей і їх основними характеристиками.

6. В ході розвитку вегетативних органів тополь в техногенних рихлих субстратах відбувається перетворення ділянки кореня на здерев'яніле кореневище – ксилоризом, на якому в наступні роки закладаються нові вегетативні бруньки. При розвитку ортотропних пагонів на ксилоризомі, які часто розміщені на відстані до 1,5 м один від одного, формується довгоксилоризомне дерево, що найчастіше характерне для *P. italica*.

8. Складні індивіди відрізняються між собою ступенем своєї компактності, тобто розмірами ксилоризомів, які звязують парціальні утворення і материнський організм. Короткоксилоризомне багатостовбурне дерево фактично представляє собою багатостовбурне дерево-кущ: довжина ксилоризомів між стовбурами становить від 7–10 см до 0,3–0,5 м. Довгоксилоризомне дерево є куртиноутворюючим деревом.

9 Площі куртин, що утворені найбільш стійкими *P. alba* і *P. italica* на відвалах варіюють в залежності від місця розташування на відвалі та субстрату. Кількість парціальних утворень в складі куртиноутворюючого дерева збільшується з кожним роком внаслідок активних процесів пагоноутворення. У жодного куртиноутворюючого або ксилоризомного дерева на відвалах не виявлено ознак дезінтеграції на окремі частини. Такі життєві форми тополь на відвалах становлять близько 90 % від загальної кількості досліджених дерев.

10. *P. deltoides* в техногенних умовах відрізняється низькою екологічною стійкістю, формуючи життєву форму аероксильне низькоштамбове дерево або кущ з прорідженою, частково всихаючою кроною і характерним дрібним листям. Висота прикріплення крони у аероксильного дерева знаходиться на рівні 5–11 см. Характерними ознаками цього виду на відвалах є зниження біометричних параметрів, низька пагоноутворююча здатність, дрібнолистість, спотворення форми крони та недовговічність.

11. В анатомічній будові кореня тополі виділено три основні зони: покривно-всмоктувальну тканину, первинну кору і центральний осьовий

циліндр. Найбільш розвиненою є первинна кора кореня, яка складається з екзодерми, мезодерми, паренхіми первинної кори і ендодерми. Центральний осьовий циліндр складається з однорядного перициклу, з клітин якого утворюються додаткові корені, і радіального судинно-волокнистого пучка, що складається з 1–5 променів ксилеми. Серцевина в анатомічній будові кореня відсутня. Також в анатомічній будові кореня тополь спостерігається перехід від первинної будови до вторинної, внаслідок чого покривною тканиною стає перидерма, і корінь фактично представлений центральним осьовим циліндром, в центрі якого збережені промені первинної ксилеми, а між ними розташовуються судинно-волокнисті пучки.

12. Ксилоризом – перехідна форма між коренем та стовбуром – є адаптивно важливим утворенням у *P. alba* та *P. italica* на залізорудних відвалах Криворіжжя. Анатомічна будова ксилоризому, що розвивається у верхньому шарі породи, дуже схожа з будовою надземних пагонів: у ксилоризомі виявлені різновікові елементи деревини і серцеподібні перимедулярні волокна, які також властиві серцевині стебла. Острівці меристематичних тканин, з яких в результаті поділу та диференціації утворюються додаткові бруньки, локалізовані в перикамбії коренів. Додаткові бруньки ксилоризому формуються в перициклі кореня. Розростаючись усередині кореня, додаткові бруньки розривають його кору і виходять на поверхню. У разі пошкодження чи загибелі деяких пагонів, апікальні бруньки на потовщеннях ксилоризомів, що виникають в місцях розриву первинної кори, здатні до активного відновлення і росту вегетативних пагонів.

РОЗДІЛ 5. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРИСТОСУВАННЯ ЛИСТКІВ ВИДІВ РОДУ *POPULUS* L. ДО УМОВ ЗРОСТАННЯ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ ВІДВАЛАХ

Адаптація рослин до нових, часто екстремальних, умов зростання пов'язана зі значними перебудовами їх листового апарату, який є досить чутливий до зовнішніх впливів. Зміни морфологічної будови листка є функціональною відповіддю на фактори навколишнього середовища (Zhongqiang, Dan, 2009; Scheepens et al., 2010). Фотосинтетичний апарат рослин, як основне джерело фотосинтезу, досить пластичний, а тому для нього характерні найбільші пристосування до умов зростання. Перш за все, його пластичність проявляється у зміні його пігментного складу і функціональній активності в залежності від комплексу біотопічних умов (Кузнецова и др., 2015). Також залежно від екзогенних умов, що впливають на рослинний організм, проявляються адаптивні зміни на рівні метаболічних процесів та будови тканин (Баландайкин, 2014). З огляду на це важливим є визначення кількісних змін вмісту основних і допоміжних пігментів фотосинтезу у тополь за різних умов зростання.

5.1. Вміст пігментів фотосинтезу у листках тополь за різних умов зростання

Фотосинтез є досить чутливим фізіологічним процесом, який залежить від стану асиміляційного апарату і рослини в цілому (Беликов, Дмитриева, 1992; Белоус, 1991). Техногенні фактори та умови зростання чинять різний вплив на вміст і співвідношення пігментів в асиміляційних органах деревних рослин (Методы изучения лесных сообществ, 2002). В умовах інтенсивного техногенного навантаження відбуваються зміни в пігментному фонді рослин, які можуть виступати індикаторами її толерантності до цього фактору (Гетко, 1989; Илькун, 1978; Сергейчик, 1984, 1994). Також дослідниками відмічено збільшення кількості пігментів за умов промислового забруднення, при цьому загальною реакцією для всіх видів деревних порід є активне руйнування всіх

фотосинтетичних пігментів при появі видимих ознак ураження на листках (Гетко, 1989).

При виконанні досліджень вмісту пігментів в листках тополь встановлено, що вміст хлорофілу *a* в асиміляційному апараті *P. alba* на Ганнівському відвалі зменшується в 1,3 рази, а на Петрівському – в 1,5 рази у порівнянні з умовним контролем (табл. 5.1). Натомість його кількість у *P. deltoides* і *P. italica* на території Ганнівського відвалу знижується більш суттєво – у 2,9 і 3,1 рази відповідно.

Таблиця 5.1

Кількість пігментів в асиміляційних органах видів тополь за різних умов зростання, мг/г сирової речовини

Види	Умовний контроль	Ганнівський відвал	Петрівський відвал
Хлорофіл <i>a</i>			
<i>P. italica</i>	0,223±0,0036	0,072±0,0007*	0,101±0,0025*
<i>P. deltoides</i>	0,313±0,0040	0,108±0,0015*	0,165±0,0022*
<i>P. alba</i>	0,226±0,0049	0,174±0,0031*	0,151±0,0011*
Хлорофіл <i>b</i>			
<i>P. italica</i>	0,271±0,0022	0,093±0,0043*	0,118±0,0028*
<i>P. deltoides</i>	0,204±0,0062	0,102±0,0025*	0,082±0,0068*
<i>P. alba</i>	0,444±0,0061	0,370±0,0063*	0,278±0,0004*
Сума хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>			
<i>P. italica</i>	0,494±0,0017	0,165±0,0057*	0,219±0,0009*
<i>P. deltoides</i>	0,517±0,0032	0,210±0,0041*	0,247±0,0090*
<i>P. alba</i>	0,670±0,0052	0,544±0,0033*	0,429±0,0064*
Сума каротиноїдів			
<i>P. italica</i>	0,150±0,006	0,345±0,0152*	0,300±0,0087*
<i>P. deltoides</i>	0,265±0,0022	0,503±0,0095*	0,451±0,0218*
<i>P. alba</i>	0,092±0,0091	0,147±0,0008*	0,129±0,0031

Примітка: * – різниця достовірна відносно умовного контролю, $p \leq 0,05$

Вміст хлорофілу *a* в асиміляційному апараті цих же видів тополь у 1,9 і 2,2 рази менший на Петрівському відвалі, ніж у рослин, що зростають в парковій зоні. Поверхні відвалів, особливо верхні берми, характеризуються підвищеним рівнем освітлення та сонячної радіації, саме тому певне зниження вмісту пігментів в цих умовах ми розцінюємо як одну з адаптивних ознак. Ці дані добре узгоджуються з результатами досліджень асиміляційного апарату рослин пустелі іншими дослідниками, які також вказують на те, що в умовах високої інсоляції рослинному організму для перебігу фотосинтетичних реакцій і зменшення небезпеки фотодеструкції клітини вистачає невеликої кількості хлорофілу (Попова и др., 1984; Иванов и др., 2013).

Важливу роль у процесі фотосинтезу відіграють також хлорофіл *b* і каротиноїди, які підвищують стійкість рослин до несприятливих зовнішніх впливів (Никитюк, 1999; Зотикова и др., 2001; Усманов и др., 2001; Ладыгин и др., 2004; Ладыгин, 2006). В ході досліджень встановлено, що у *P. alba* на Ганнівському відвалі ПівнГЗК вміст хлорофілу *b* в асиміляційному апараті у 1,2–1,6 разів менший, ніж у рослин умовного контролю, в той час як у *P. deltoides* і *P. italica* на тому ж відвалі кількість його менша, у порівнянні з контролем, у 2 і 2,9 рази відповідно, а на Петрівському – в середньому у 2,4 рази.

Аналогічна динаміка спостерігається і у зменшенні суми хлорофілів *a* і *b*. Так, вміст суми хлорофілів *a* і *b* в листках *P. alba* в умовах Ганнівського і Петрівського відвалів зменшується в 1,2 і 1,6 рази, в той час як у *P. deltoides* і *P. italica* – до 3 разів. Слід зазначити, що у всіх досліджених видів тополь найбільше виражене зниження вмісту хлорофілу *a* у рослин на відвалах, ніж у рослин в паркових насадженнях.

Як зазначалося раніше, каротиноїди, виконуючи протекторну функцію в пігментній системі рослинного організму, на фізіологічному рівні захищають хлорофіли від окиснення, що сприяє нормальному перебігу ростових процесів у тополь за різних екологічних умов зростання.

Загальний вміст каротиноїдів в листках різних видів тополь найменшим був у рослин зони умовного контролю. Їх вміст у видів тополь, що зростають в

умовах залізорудних відвалів, був статистично достовірно більший, ніж в контролі. Проведений аналіз отриманих даних дозволив дійти висновку, що кількість каротиноїдів в асиміляційному апараті *P. alba* на Ганнівському і Петрівському відвалах в середньому в 1,5 рази більша, ніж в умовному контролі. Найбільше – у 1,9 і 2,3 рази відповідно – цей показник зростає у *P. deltoides* і *P. italica*, що зростають на Ганнівському відвалі.

Отже, в результаті виконаних досліджень можна зробити наступні висновки. Кількість основних пігментів фотосинтезу в асиміляційному апараті тополь, зростаючих на залізорудних відвалах, менша, ніж у рослин, що зростають у сприятливих екологічних умовах. Це свідчить про активацію пристосувальних реакцій рослинного організму до зростання в складних екологічних умовах відвалів. Водночас сума каротиноїдів в органах асиміляції тополь, зростаючих на відвалах, збільшується, що вказує на реалізацію протекторних та захисних функцій каротиноїдів.

5.2. Вплив екологічних умов залізорудних відвалів на анатомічну будову листків тополь

Екстремальні фактори середовища існування рослин негативно впливають на процеси їх росту, розвитку, метаболізм та органогенез, що часто супроводжується значними змінами в анатомічній будові органів (Егорова, Кулагин, 2009; Зиятдинова и др, 2012). Зміни в будові тканин листка та особливості розвитку в процесі онтоморфогенезу певною мірою можуть свідчити про стійкість рослинного організму до дії екологічних чинників середовища. Анатомічна будова листка дозволяє судити про ступінь спеціалізації виду, його адаптації до умов існування. Зміни структури листка вважають важливим показником стійкості рослин як до посухи, так і до забруднення (Василевская, 1954; Васильев, 1988; Крохмаль, Пугачова, 2010; Кучма и др., 1999; Овруцька, 2012; Сергейчик, 1994; Ennajen et al., 2010).

В результаті виконаних досліджень встановлено, що в умовах Ганнівського відвалу ПівнГЗК у *P. alba* товщина верхнього епідермісу листків менша у 1,5 рази, тоді як у *P. italica* і *P. deltoides* – у 2,3 і 3,1 рази відповідно у порівнянні з умовним контролем (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Значення показників анатомічної будови листків видів тополь в різних екологічних умовах, мкм

Показник	Умовний контроль	Ганнівський відвал	Петрівський відвал
<i>P. italica</i>			
Товщина верхнього епідермісу	15,4±0,31	6,7±0,3*	7,7±0,31*
Товщина нижнього епідермісу	6,9±0,31	4,1±0,19*	5,3±0,29*
Товщина палісадної паренхіми	76,2±0,6	54,4±0,76*	75,1±0,72
Товщина губчастої паренхіми	64,3±0,79	42,9±0,94*	41,1±0,96*
Товщина листка	178,3±2,59	132,8±1,5*	152,1±1,22*
Кількість продихів**	15,5±0,23	20,0±0,28*	20,1±0,17*
<i>P. deltoides</i>			
Товщина верхнього епідермісу	28,3±0,59	9,1±0,31*	10,5±0,24*
Товщина нижнього епідермісу	6,5±0,31	3,9±0,21*	4,1±0,48*
Товщина палісадної паренхіми	71,2±0,97	44,5±0,46*	63,0±1,28*
Товщина губчастої паренхіми	67,9±0,64	35,7±0,57*	44,8±0,99*
Товщина листка	203,7±1,44	109,8±1,10*	147,6±1,17*
Кількість продихів**	16,3±0,23	24,2±0,24*	15,6±0,22*
<i>P. alba</i>			
Товщина верхнього епідермісу	21,5±0,42	14,3±0,48*	17,9±0,33
Товщина нижнього епідермісу	12,3±0,44	19,7±0,29*	16,8±0,28*
Товщина палісадної паренхіми	109,5±0,73	97,4±0,66*	119,4±0,89
Товщина губчастої паренхіми	67,9±0,62	54,8±0,71*	81,2±0,53*
Товщина листка	243,1±1,37	206,7±1,92*	264,3±1,28*
Кількість продихів**	14,0±0,18	15,9±0,25*	14,2±0,14

Примітка: * – різниця достовірна відносно умовного контролю, $p \leq 0,05$; ** – кількість продихів на нижньому епідермісі в полі зору мікроскопу 10x40, шт.

Для тополь, що зростають на Петрівському відвалі ЦГЗК, суттєве зменшення товщини верхнього епідермісу встановлено також і для *P. deltoides* – у 2,7 рази порівняно з контролем. Товщина верхнього епідермісу листової пластинки *P. alba* на тому ж відвалі, в порівнянні з контролем, зменшується лише у 1,2 рази.

Формування нижнього епідермісу тополь в умовах залізорудних відвалах відбувається дещо інакше. Так, у *P. italica* і *P. deltoides* на Петрівському відвалі товщина нижнього епідермісу листка зменшується на 23 % і 37 % відповідно, тоді як у *P. alba* спостерігається збільшення цього показника майже на 36 % порівняно з умовним контролем. В умовах Ганнівського відвалу товщина нижнього епідермісу листків *P. italica* і *P. deltoides* менша на 40 % порівняно з контролем, а у *P. alba* також відмічене збільшення цього показника на 60 % порівняно з тополями умовного контролю (табл. 5.2).

Зростання в умовах посиленого забруднення викликає у рослин як збільшення, так і зменшення товщини паренхімної тканини (Пономарьова, 2013). В наших дослідженнях простежується чітке зменшення товщини палісадної паренхіми, яка складається з двох витягнутих шарів клітин. Найбільше зменшення товщини палісадної паренхіми порівняно з контролем характерне для *P. deltoides* і *P. italica* на Петрівському відвалі – на 34 і 27 % відповідно, у *P. alba* значення цього показника збільшується на 9 % (табл. 5.2). В умовах Ганнівського відвалу більш суттєве зменшення товщини палісадної паренхіми виявлено у *P. deltoides* і *P. italica* – в середньому у 1,5 рази, тоді як у *P. alba* її товщина зменшується лише на 12 % порівняно з умовним контролем. На нашу думку, отримані результати свідчать про більший адаптивний потенціал та стійкість до напружених умов зростання *P. alba*.

Отримані нами дані добре узгоджуються з результатами дослідження розмірів клітин. Встановлене більш суттєве зменшення довжини клітин верхнього епідермісу у листків тополь на Ганнівському відвалі: на 53 % – у *P. italica* і на 70 % – у *P. deltoides*. У *P. alba* розміри клітин менші лише на 30 % порівняно з рослинами зони умовного контролю (рис. 5.1). Аналогічні

закономірності простежуються і в зміні розмірів клітин нижнього епідермісу та стовбчастого мезофілу.

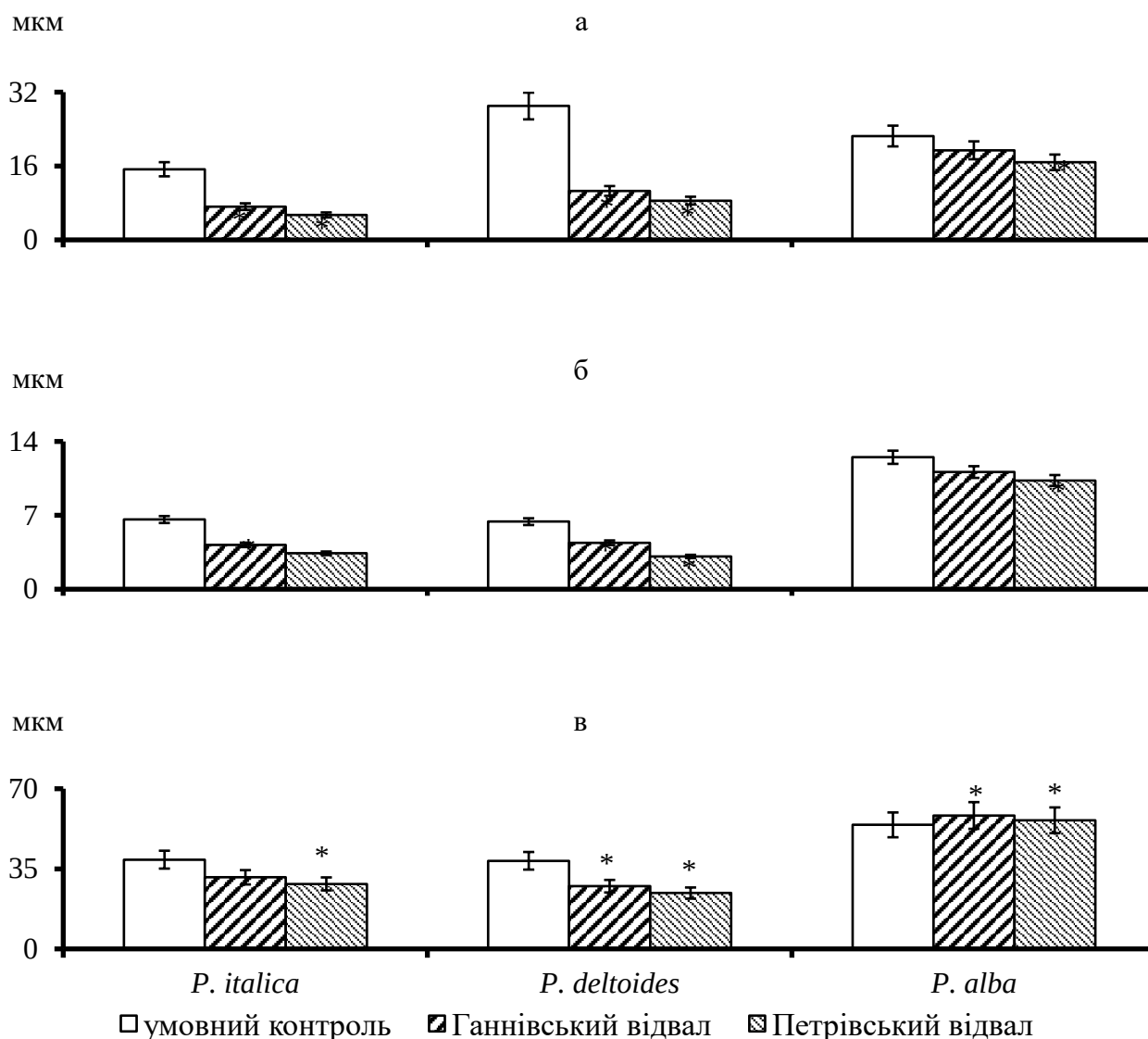


Рис. 5.1. Довжина клітин верхнього епідермісу (а), нижнього епідермісу (б) та палисадної паренхіми (в) листка видів тополь в різних екологічних умовах, * – різниця достовірна відносно умовного контролю, $p \leq 0,05$

Дослідження губчастої паренхіми мезофілу дозволило встановити, що її товщина у досліджених видів тополь також змінюється в залежності від місцезростання. Було встановлено, що у *P. italica* і *P. deltoides* на Петрівському відвалі товщина губчастої паренхіми зменшується в середньому на 34 %, а у

P. alba – навпаки, збільшується, і це збільшення становить 24 % (табл. 5.2). В умовах Ганнівського відвалу у менш стійких *P. italica* і *P. deltoides* товщина губчастої паренхіми зменшується порівняно з контролем у 1,5 і 1,9 рази відповідно, тоді як *P. alba* товщина її зменшується у 1,2 рази, що свідчить про більший адаптивний потенціал та пристосованість *P. alba* до зростання в умовах залізородних відвалів, ніж *P. italica* і *P. deltoides*.

Провідну роль в адаптації рослин до умов середовища, а відповідно, і рівня їх життєвості в нових умовах, відіграють показники анатомічної будови листка. При цьому товщина листової пластинки, кількість продихів та їх розміри є одними з головних адаптивних морфо-анатомічних ознак (Slaton, Smith, 2002; Иванова, 2012; Иванова, Пьянков, 2002; Иванова, 2014).

В результаті виконаних анатомічних досліджень асиміляційних органів тополь максимальне зменшення товщини листка встановлене у *P. deltoides* в умовах Ганнівського відвалу – на 46 %, тоді як у *P. alba* товщина листка зменшується лише на 15 % порівняно з контролем (рис. 5.2). Поряд з цим кількість продихів на нижньому епідермісі листка у всіх видів тополь збільшується в умовах відвалів. Так, у *P. italica* і *P. deltoides* на Ганнівському відвалі кількість продихів зростає в 1,3–1,5 рази, тоді як у *P. alba* – у 1,1 рази відносно дерев на ділянці умовного контролю (табл. 5.5, рис. 5.2). Отримані нами дані добре узгоджуються, наприклад, з результатами проведених раніше досліджень В.М. Кучми та В.М. Гришка, які встановили зменшення товщини листка *Robinia pseudoacacia* в умовах високого рівня забруднення, тоді як у *Tilia cordata* Mill. відмічене збільшення товщини листової пластинки (Кучма, Гришко, 1999).

Інші дослідники також вказують на різноспрямовані тенденції змін товщини листка. Так, у *Parthenocissus quinquefolia* Planch., як стійкого до забруднення повітря виду, а також у *Platanus orientalis* L. спостерігається потовщення листка, у *Lonicera tatarica* L. – зменшення його товщини (Сергейчик, 1994; Капелюш, Бессонова, 2005.).

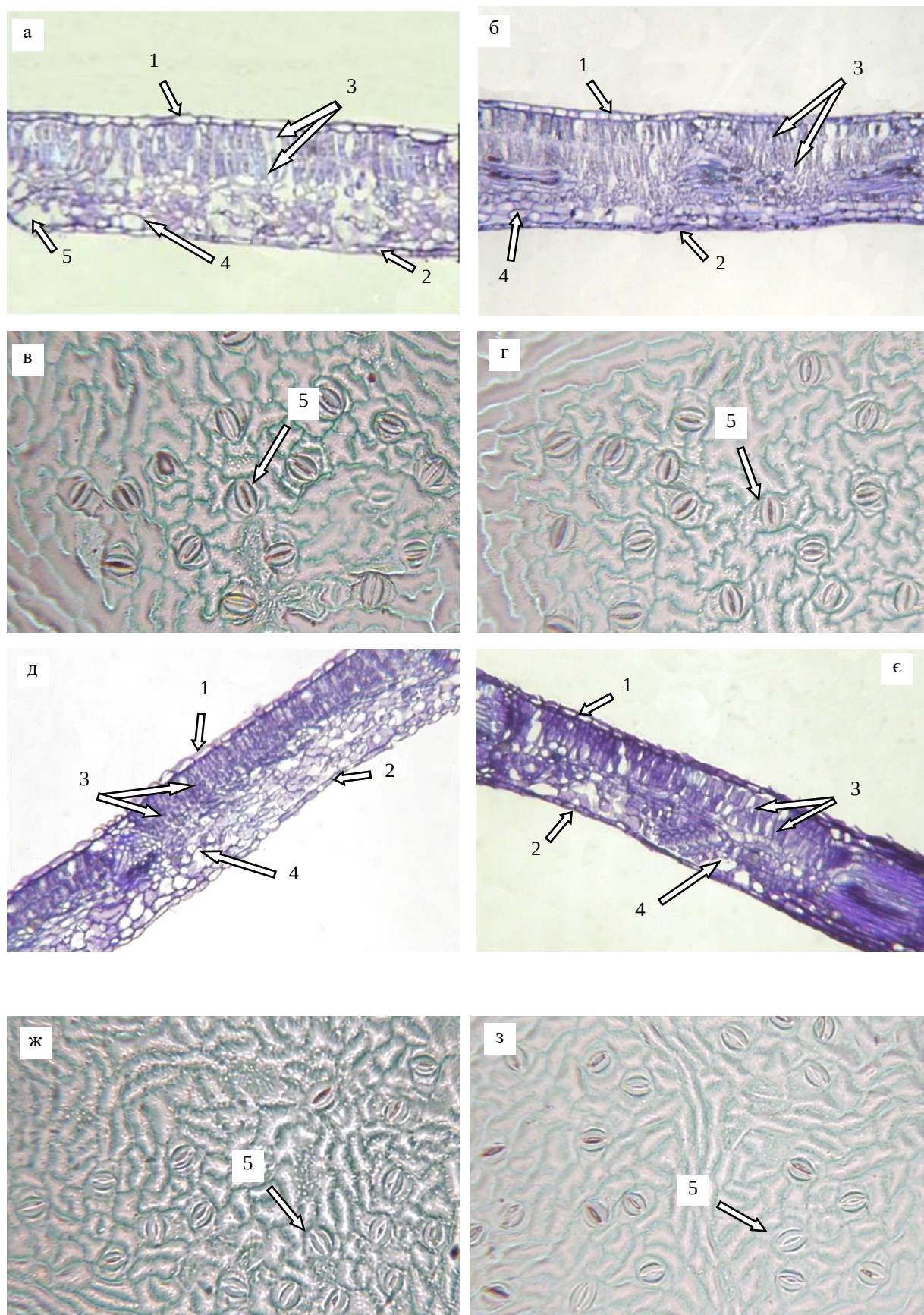


Рис. 5.2 – Анатомічна будова листка (а, б, д, е – х 20; в, г, ж, з – х 40): *P. alba* (а, в) – умовний контроль, (б, г) – Ганнівський відвал і *P. deltoides* (д, ж) – умовний контроль, (е, з) – Ганнівський відвал: 1 – верхня епідерма; 2 – нижня епідерма; 3 – палисадна паренхіма; 4 – губчаста паренхіма; 5 – продих

Тривалий вплив негативних факторів середовища призводить до зменшення товщини листка, внаслідок чого відбувається ущільнення тканин мезофілу і міжклітинників, що в певній мірі нівелює вплив на рослинний організм негативних чинників (Гуменюк, Мусатенко, 2006; Кордюм и др., 2003).

Отже даний факт може бути свідченням активації протекторних механізмів тополь, що зростають на залізорудних відвалах, на анатомічному рівні.

Відомо, що в умовах дії на рослини токсичних газів, а також за умов тривалого водного дефіциту збільшується кількість продихів на поверхні листової пластинки (Николаевский, 1979; Криворучко, Бессонова, 2017). Нашими дослідженнями встановлено, що кількість продихів в листках тополь, зростаючих на залізорудних відвалах, найсуттєвіше збільшується у *P. deltoides* – на 48 % та *P. italica* – 29 %. Крім того, у *P. deltoides* в умовах Петрівського відвалу відзначено зменшення кількості продихів лише до 5 %.

Отже, в результаті виконаних досліджень встановлено, що структурні елементи анатомічної будови листової пластинки тополь характеризуються певним рівнем пластичності в залежності від екологічних умов середовища. Загальною тенденцією пристосування асиміляційних органів тополь до умов забруднення є зменшення розмірів елементів їх анатомічної будови. У виду тополь з високою життєздатністю, яким є *P. alba*, в умовах Ганнівського відвалу в меншій мірі відбувається зменшення товщини мезофілу, а саме клітин палісадної паренхіми, з яких будується тканина, та збільшується кількість продихів, ніж у рослин з меншою життєздатністю. Так, у *P. alba* товщина палісадної паренхіми зменшується до 10 %, а кількість продихів збільшується до 15 %, тоді як у *P. italica* і *P. deltoides* – відповідно в 1,3 та 1,5 рази.

Висновки по розділу:

1. В листках тополь на відвалах встановлено зменшення вмісту хлорофілу *a* в 1,3–1,5 рази у порівнянні з умовним контролем у *P. alba*, тоді як у *P. deltoides*

і *P. italica* на території відвалу зменшення цього показника більш суттєве – у 2,9 і 3,1 рази відповідно.

2. У *P. alba* на кам'янистих субстратах відвалів вміст хлорофілу *b* в асиміляційному апараті у 1,2–1,6 разів менший, ніж у рослин умовного контролю, в той час як у *P. deltoides* і *P. italica* кількість його менша у порівнянні з контролем у 2 і 2,9 рази відповідно. У всіх досліджених видів тополь найбільше виражене зниження вмісту хлорофілу *a* у рослин на відвалах, ніж у рослин в паркових насадженнях.

3. Загальний вміст каротиноїдів в листках різних видів тополь найменшим був у рослин зони умовного контролю. Їх вміст у асиміляційному апараті *P. alba* на відвалах в середньому в 1,5 рази більший, ніж в умовному контролі. Найбільше – у 1,9 і 2,3 рази відповідно – цей показник зростає у *P. deltoides* і *P. italica*, що зростають на поверхнях відвалів.

4. Пристосувальними реакціями листка тополь на умови зростання є зменшення товщини верхнього та нижнього епідермісу листків у *P. italica* і *P. deltoides* у порівнянні з рослинами парку, за виключенням *P. alba*, у якого спостерігається збільшення товщини нижнього епідермісу майже на 50 % порівняно з умовним контролем. Також простежується чітке зменшення товщини палісадної паренхіми у тополь відвалів порівняно з насадженнями паркової зони, і найбільшим зниження цього показника виявилось у *P. deltoides* і *P. italica*. У *P. alba* товщина палісадної паренхіми зменшується несуттєво порівняно з умовним контролем, що свідчить про більший адаптивний потенціал цього виду та стійкість до напружених умов зростання.

5. Зменшення товщини листка також є реакцією рослин на умови зростання. Максимальне зменшення товщини листка встановлене у *P. deltoides* в умовах відвалу – на 46 %, тоді як у *P. alba* товщина листка зменшується лише на 15 % порівняно з контролем. Поряд з цим кількість продихів на нижньому епідермісі листка у всіх видів тополь збільшується в умовах відвалів в середньому в 1,4 рази.

РОЗДІЛ 6. РІСТ ПРЕДСТАВНИКІВ ВИДІВ РОДУ *POPULUS* L. В УМОВАХ КРИВОРІЗЖЯ

Здатність деревних рослин успішно зростати і розвиватися в екстремальних лісорослинних умовах пов'язана з реалізацією адаптивних можливостей і видоспецифічності деревних рослин. Процеси росту та закладання річних пагонів у вегетативних бруньках пов'язані як з внутрішніми факторами (кореляційним співвідношенням між органами рослин), так і екологічними факторами (рівнем освітлення, температурою та вологістю повітря, кількістю опадів, забезпеченням ґрунтів поживними речовинами (Данильчук, Гришко, 2006; Колупаєв, 2007). Однак на залізорудних відвалах всі ці чинники можуть діяти одночасно, що впливає на інтенсивність ростових процесів.

Для з'ясування росту і розвитку тополь в різних субстратах відвалів та на чорноземі звичайному була досліджена зміна приросту річних пагонів та їх облиствленість у *P. italica*, *P. deltoides*, *P. alba*. Для проведення досліджень відбирали однорічні пагони та листки тополь з кожної моніторингової ділянки в серпні після припинення росту і закладання верхівкової бруньки, з середньої частини крони 10 дерев кожного виду другого класу віку.

Результати виконаних досліджень свідчать, що найбільшим приріст річного пагону є у досліджених дерев, що зростають на чорноземі звичайному в парку «Веселі Терни» (рис. 6.1). На суглинках і кварцитах відвалів найбільшим річним приростом характеризується *P. italica*. Хоча на ділянках з кварцитом приріст річного пагону зменшується у 1,5 рази порівняно з рослинами на суглинках.

Аналогічна закономірність відзначена також і для *P. deltoides* та *P. alba*, у яких зниження довжини річного пагону становить відповідно 1,8 та 1,6 рази. На усіх дослідних ділянках, включаючи паркові насадження, довжина приросту річного пагону найменшою була у *P. alba*, який за показниками життєвого стану є найбільш стійким.

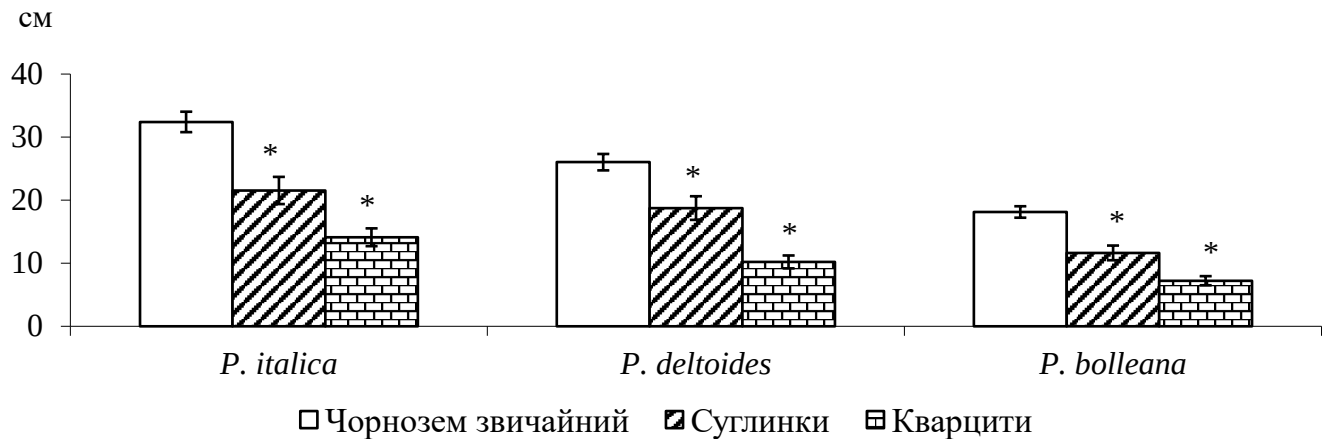


Рис. 6.1. Довжина річних пагонів у видів роду *Populus* в умовах залізорудних відвалів, * – різниця достовірна відносно умовного контролю, $p \leq 0,05$

Найсуттєвіше пригнічення росту (в 1,4–2,5 рази) елементарних пагонів встановлено для всіх досліджених видів роду *Populus* в субстратах відвалів порівняно з деревами, що зростають на чорноземах.

Асиміляційний апарат тополь також зазнає негативного впливу комплексної дії екологічних чинників залізорудних відвалів, відповідно до чого відбувається його ріст та функціонування. В результаті виконаних досліджень встановлено, що загальна кількість листків на пагонах *P. italica*, *P. deltoides* та *P. alba* на суглинках і кварцитах в середньому у 1,1–1,2 рази менша, ніж у тополь на чорноземі звичайному (табл. 6.1).

Для проведення більш детального аналізу змін облиствленості річних пагонів тополь були встановлені 3 градації довжини листків:

- 1 – довжина листка до 5 см;
- 2 – довжина листка від 5 до 10 см;
- 3 – довжина листка більше 10 см.

Крім того, була підрахована кількість листків в кожній з градацій.

Отримані результати свідчать, що зменшення облиствленості пагону у досліджених видів тополь на суглинках і кварцитах пов'язане зі збільшенням кількості дрібних листків (1 градації), тоді як кількість середніх і великих листків зменшується у всіх досліджених видів тополь.

Таблиця 6.1

Облиствленість однорічних пагонів тополь за різних едафічних умов зростання, шт., n = 40

Едафічні умови	Кількість листків на пагоні, шт.			Кількість листків різної градації на пагоні, шт.								
				1 градація (до 5 см)			2 градація (5–10 см)			3 градація (більше 10см)		
	M±m	V,%	t _{st}	M±m	V,%	t _{st}	M±m	V,%	t _{st}	M±m	V,%	t _{st}
<i>P. deltoides</i>												
Чорнозем звичайний	16,4±0,42	16,09	—	3,9±0,19	31,28	—	7,3±0,29	24,86	—	5,2±0,23	28,32	—
Суглинок	14,5±0,38	16,75	3,4	6,3±0,27	27,00	7,1	5,0±0,24	30,39	6,1	3,2±0,11	22,60	7,6
Кварцит	13,6±0,28	12,84	5,5	7,3±0,20	17,59	12,1	4,8±0,16	20,64	7,8	1,6±0,08	32,51	14,8
<i>P. alba</i>												
Чорнозем звичайний	25,4±0,43	10,72	—	9,1±0,32	22,37	—	9,6±0,25	16,54	—	6,8±0,24	22,14	—
Суглинок	23,9±0,46	12,19	2,5	10,4±0,27	16,27	3,2	8,5±0,32	23,53	2,7	5,0±0,12	15,43	6,8
Кварцит	21,4±0,39	11,60	7,0	10,9±0,29	17,07	4,2	7,4±0,24	20,79	6,4	3,1±0,10	20,74	14,2
<i>P. italica</i>												
Чорнозем звичайний	22,4±0,45	12,65	—	2,9±0,13	27,25	—	11,0±0,33	18,84	—	8,6±0,26	19,45	—
Суглинок	19,0±0,34	11,18	6,1	4,0±0,10	16,39	6,7	8,3±0,24	18,34	6,5	6,6±0,16	15,0	6,5
Кварцит	16,3±0,27	10,32	11,7	5,5±0,15	16,89	13,4	6,9±0,19	17,49	10,8	3,9±0,10	17,23	16,4

Разом з цим на субстратах відвалів у *P. alba* кількість найменших листків збільшується лише на 13–17 %, а у *P. italica* і *P. deltoides* – в середньому в 1,7 рази у порівнянні з відповідними видами тополь, що зростають на чорноземі звичайному. Кількість середніх за розміром листків (2 градації) на однорічних пагонах *P. alba* в едофотопах відвалів зменшується на 12–23 %, а у *P. italica* і *P. deltoides* – в 1,3–1,6 рази відповідно. Кількість великих за розмірами листків (3 градація) найсуттєвіше зменшується у *P. deltoides* (у 3,2 рази) на ділянках, складених кварцитами, тоді як у *P. alba* і *P. italica* за аналогічних субстратів – лише в 2,2 рази порівняно з чорноземами парку. З цим добре узгоджуються дані ваги сирої речовини листків річного пагону.

Визначення ваги асиміляційного апарату річних пагонів тополь, зростаючих на різних субстратах відвалів і чорноземі звичайному в парку «Веселі Терни», дозволили встановити наступне. В едафотопах відвалів спостерігається зменшення ваги сирої речовини в усіх досліджених видів роду *Populus*. Так, загальна вага сирої речовини листків у *P. deltoides* і *P. italica*, що ростуть на відсипаних кварцитами відвалах, зменшується найбільше – у 2,2 і 3,2 рази відповідно (табл. 6.2). Тоді як у виду з вищою життєздатністю, яким є *P. alba*, за аналогічних едафічних умов зростання цей показник зменшується лише у 1,8 рази. Аналогічна тенденція спостерігається і на ділянках відвалів, відсипаних суглинками та їх сумішшю.

Зменшення загальної ваги сирої речовини листків тополь відбувається за рахунок зменшення ваги усіх листків різної градації. Так, у *P. deltoides* вага листків першої та другої градацій зменшується на суглинках і кварцитах в середньому у 1,4 рази, тоді як вага сирої речовини листків третьої градації за аналогічних субстратів зменшується на 7 % і 10 % відповідно.

У *P. alba* і *P. italica* зменшення ваги сирої речовини листків відбувається менш суттєво. У *P. alba* на суглинистих ділянках відвалів зменшується вага листків першої градації лише на 10 %, а на кварцитах – на 20 %. У *P. italica*, зростаючих в едафотопах відвалів, вага сирої речовини листків першої градації зменшується на 20 %.

Таблиця 6.2

Вага асиміляційного апарату річних пагонів тополь за різних едафічних умов зростання, г, n = 120

Едафічні умови	Вага сирової речовини листків		Вага сирової речовини листка різної градації					
			1 градація (до 5 см)		2 градація (5–10 см)		3 градація (більше 10 см)	
	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
<i>P. deltoides</i>								
Чорнозем звичайний	5,6±0,15	17,09	0,14±0,003	15,39	0,31±0,002	4,66	0,55±0,003	3,17
Суглинок	3,5±0,09*	15,99	0,10±0,002*	12,06	0,24±0,002*	5,85	0,51±0,003*	3,51
Кварцит	2,5±0,06*	16,07	0,09±0,002*	17,06	0,23±0,003*	7,09	0,49±0,003*	4,37
<i>P. alba</i>								
Чорнозем звичайний	9,7±0,24	15,67	0,23±0,003	8,73	0,33±0,003	6,11	0,61±0,018	19,05
Суглинок	8,3±0,14*	10,61	0,21±0,004*	11,34	0,28±0,003*	6,43	0,56±0,011*	12,16
Кварцит	5,4±0,11*	12,29	0,18±0,004*	14,37	0,25±0,003*	8,34	0,52±0,015*	18,47
<i>P. italica</i>								
Чорнозем звичайний	15,3±0,35	14,48	0,19±0,002	7,32	0,55±0,003	3,27	1,01±0,007	4,06
Суглинок	10,8±0,20*	11,49	0,16±0,003*	9,79	0,51±0,002*	2,92	0,91±0,003*	2,03
Кварцит	4,7±0,21*	28,75	0,15±0,001*	6,28	0,47±0,002*	3,33	0,80±0,004*	2,87

Примітка: * - різниця достовірна відносно умовного контролю, $p \leq 0,05$

Вага листків другої градації у *P. alba* на субстратах з кварцитом зменшується у 1,3 рази, тоді як листків третьої градації за умов зростання дерев на аналогічних субстратах – зменшується лише на 15 %.

У *P. italica* спостерігається дещо інша закономірність. Так, вага листків третьої градації на ділянках з кам'янистим субстратом зменшується в 1,3 рази, а листків другої градації – на 15 %.

Таким чином, при зростанні у специфічних едафотопях відвалів у тополь відбувається зменшення облиствленості однорічних пагонів і ваги листків, що в більшій мірі пов'язане зі зменшенням кількості середніх та великих за розмірами листків. Зменшення ваги сирої речовини листків більш інтенсивно відбувається у *P. deltoides* і *P. italica* – у 2,2 та 3,2 рази відповідно. Зменшення річного приросту та збільшення кількості дрібних листків є ознаками ксерофітизації, що також є проявом пристосувальних змін рослинного організму до екстремальних умов зростання.

Висновки по розділу:

1. Приріст річного пагону найбільшим є у досліджених дерев, що зростають на чорноземі звичайному в парку «Веселі Терни». На відвальних субстратах найбільшим річним приростом характеризується *P. italica*, проте на кварцитових ділянках його приріст у 1,5 рази менший порівняно з рослинами на суглинках. Аналогічна закономірність відзначена також і для *P. deltoides* та *P. alba*, у яких зниження довжини річного пагону на ділянках з кварцитом становить відповідно 1,8 та 1,6 рази. На усіх дослідних ділянках, включаючи паркові насадження, довжина приросту річного пагону найменшою була у *P. alba*, який за показниками життєвого стану є найбільш стійким.

2. Загальна облиствленість *P. italica*, *P. deltoides* та *P. alba* на суглинках і кварцитах в середньому у 1,1–1,2 рази менша, ніж у видів тополь на чорноземі звичайному в насадженнях парку. Зменшення облиствленості пагону у досліджених видів тополь на суглинках і кварцитах пов'язане зі збільшенням кількості дрібних листків (1 градації), тоді як кількість середніх і великих листків

зменшується у всіх досліджених видів тополь. Кількість великих за розмірами листків (3 градація) найсуттєвіше зменшується у *P. deltoides* (у 3,2 рази) на ділянках, складених кварцитами, тоді як у *P. alba* і *P. italica* за аналогічних субстратів – лише в 2,2 рази порівняно з чорноземами парку.

3. Встановлене зменшення загальної ваги сирої речовини листків тополь, що відбувається за рахунок зменшення ваги усіх листків різної градації. Так, у *P. deltoides* вага листків першої та другої градацій зменшується на суглинках і кварцитах в середньому у 1,4 рази, тоді як вага сирої речовини листків третьої градації за аналогічних субстратів зменшується на 7 % і 10 % відповідно. У *P. alba* і *P. italica* зменшення ваги сирої речовини листків відбувається менш суттєво.

4. Зменшення річного приросту та збільшення кількості дрібних листків є ознаками ксерофітизації, що також є проявом пристосувальних змін рослинного організму до екстремальних умов зростання.

ВИСНОВКИ

Багаторічні маршрутні багаторічні дослідження видового різноманіття і життєздатності листяних деревних рослин на залізорудних відвалах Криворіжжя показали, що найбільш поширеними на поверхнях залізорудних відвалів є види роду *Populus*, які повною мірою виконують лісомеліоративні функції.

1. Дослідження видів роду *Populus* L. в паркових насадженнях м. Кривий Ріг показали, що домінуючими є *P. nigra*, *P. italica* і *P. bolleana*, на долю яких припадає 61 % від загальної кількості тополь в парках. На залізорудних відвалах найбільш поширеними виявилися *P. italica*, *P. deltoides* і *P. alba*.

2. З'ясовано, що вміст важких металів та розчинних солей в субстратах відвалів не перевищують ГДК, тому не є лімітуючими екологічними чинниками щодо росту і розвитку тополь на відвалах. На життєздатність, фізіолого-анатомічні та морфологічні показники рослин впливають специфічність субстрату, особливості мікрорельєфу відвалів, а також несприятливі кліматичні умови степової зони.

3. В умовах відвалів 4 види тополь *P. italica*, *P. alba*, *P. deltoides* і *P. tremula* в процесі онтоморфогенезу, пристосовуючись до впливу несприятливих факторів, здатні суттєво змінювати свою життєву форму, що є проявом їх високої екологічної пластичності.

4. Коренева система тополь на відвалах поверхнева і розвивається на глибині 10-20 см, дуже розгалужена і може розповсюджуватися навколо первинної материнської особини в радіусі 20-30 м.

5. Адаптивно важливим новоутворенням у пристосуванні видів роду *Populus* до специфічних умов відвалів є ксилоризом. Встановлено, що в апікальній ділянці ксилоризому відбувається збільшення кількості клітин в коленхімі і серцевинних променях та утворення зони меристематичної активності, що сприяє закладанню додаткових бруньок і підвищення регенераційної здатності тополь.

6. Типовим проявом реакції тополь на умови відвалів є зменшення кількості основних пігментів фотосинтезу в асиміляційному апараті та збільшення суми

каротиноїдів. У *P. alba*, виду з високою життєздатністю, в умовах відвалів товщина палісадної паренхіми зменшується до 10 %, а кількість продохів збільшується до 15 %, тоді як у *P. italica* і *P. deltoides* – відповідно в 1,3 та 1,5 рази.

7. Річний приріст пагонів *P. italica* на кварцитах відвалів зменшується у 1,5 рази порівняно з рослинами на суглинках. Аналогічна закономірність відзначена також і для *P. deltoides* та *P. alba*, у яких зниження довжини річного пагону становить відповідно 1,8 та 1,6 рази. Загальна кількість листків на пагонах *P. italica*, *P. deltoides* та *P. alba* на суглинках і кварцитах в середньому у 1,1-1,2 рази менша, ніж у тополь парку на чорноземі звичайному. Зменшення облиствленості пагону у досліджених видів тополь на субстратах відвалів пов'язане зі збільшенням кількості дрібних листків, тоді як кількість середніх і великих листків зменшується.

8. На основі досліджень було розроблено і запатентовано «Спосіб використання тополі білої для рекультивації залізорудних відвалів Криворіжжя», який значно удешевшує та прискорює процеси заліснення відвалів і передбачає: а) рядову посадку в куртинах 1-3-річних рослин по дві у кожній лунці з інтервалом між ними 5 метрів і таким же – між наступним рядом, який відповідно до першого формується у шаховому порядку з площею куртин 0,05-0,1 га і відстанню між ними в 30 метрів; б) ізоляцію або обрубкування лопатою коренів 3-4-річної кореневої порослі весною на місці її зростання біля материнських дерев.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акимочкин Н.Г. Рост и продуктивность тополей в северной части Центральной лесостепи. *Лесное хозяйство*, 1958. № 2. С. 53-59.
2. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. *Лесоведение*. 1989. № 4. С. 5-57.
3. Ахмадуллин Р.Ш., Зайцев Г.А. Особенности строения корневых систем ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях Уфимского промышленного центра. *Поволжский экологический журнал*, 2013. № 3. С. 354-358.
4. Бабець Є.К. Концепція розробки державної програми комплексного вирішення проблем Кривбасу. *Науч.-техн. сборник МОН України*, 2011. Вып. 94. С. 24-31.
5. Бакланов В.И. Исследования по озеленению отвалов (терриконов) шахт и обогатительных фабрик Донбасса: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук : 03.00.05. Донецк, 1971. 27 с.
6. Бакулин В.Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы. *Сибирский экологический журнал*. 2005. № 4. С. 563-571.
7. Баландайкин М.Э. Динамика и различия в концентрации основных фотосинтетических пигментов листьев березы, произрастающей в неоднородных условиях. *Химия растительного сырья*, 2014. № 1. С. 159-164.
8. Баранник Л.П. Экологическая оценка пригодности древесных и кустарниковых пород для лесной рекультивации в Кузбассе. *Восстановление техногенных ландшафтов Сибири*. Новосибирск, 1977. С. 120-138.
9. Баранник Л.П. Экологическое обоснование и опыт лесной рекультивации техногенных территорий в Кузбассе. *Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов*. М.: Наука, 1978. С. 159-165.
10. Баранов В.І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ «Львівсистеменерго» як об'єкта для озеленення. *Вісн. Львів. ун-ту, сер. Біол.* 2008. Вип. 46. С. 172-178.

11. Баранов В.І., Книш І.Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ «Львівсистеменерго» та їх вплив на проростання насіння. *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку*: матер. V міжнар. наук. конф. Донецьк, 2007. С. 36-37.
12. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Основы микротехнических исследований в ботанике. Справочное рук-во. М.: Изд. каф. высш. растений биол. ф-та Моск. гос. ун-та, 2000. 127 с.
13. Башуцька У.Б. Характеристика флори породних відвалів шахт Червоноградського гірничо-промислового району. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 2002. Вип. 12 (2). С. 84-86.
14. Башуцька У.Б. Біоморфологічна структура флори породних відвалів шахт Червоноградського гірничо-промислового району. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 2002а. Вип. 12 (8). С. 76-79.
15. Башуцька У.Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. Львів: РВВ НЛТУ України, 2006. 180 с.
16. Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т. Возможность создания на рекультивированных участках в степи и сухой степи почв высокого плодородия. *Земельные ресурсы мира, их использование и охрана*. М.: Наука, 1978. С. 108-116.
17. Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т., Сидорович Л.П. К вопросу о плодородии почв и пород. *Освоение нарушенных земель*. М.: Наука, 1976. С. 5-26.
18. Беликов П.С., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: РУДН, 1992. 248 с.
19. Белова Н.А. Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв Степной зоны Украины. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1997. 264 с.
20. Белоус В.К. Фотосинтез древесных растений в условиях токсикации сернистым газом: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. М.: ИФР АН СССР, 1991. 20 с.
21. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. К.: Изд-во КГУ, 1950. 263 с.

22. Бельгард А.Л., Травлеев А.П. О процессах адаптации и сивьватизации искусственных лесных биогеоценозов к условиям степной среды. *Проблемы лесного почвоведения*. М.: Наука, 1973. С. 5-15.
23. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 321 с.
24. Бельгард А.Л. Степное лесоразведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
25. Березкина В.И. Очитки – перспективные растения для рекультивации нарушенных земель. *Растения и пром. среда*. Тез. докл. I Всесоюз. науч. конф. Днепропетровск, 1990. С. 191.
26. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
27. Билонога В.М. Сукцессии растительности на отвалах серных месторождений Предкарпатья: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук. Днепропетровск, 1989. 20 с.
28. Биологическая рекультивация на Севере (вопросы теории и практики). *Труды Коми фил. АН СССР*. Сыктывкар, 1992. Вып. 3. 104 с.
29. Бирюкова О.Н. Содержание и состав гумуса в основных типах почв. *Почвоведение*, 2004. № 2. С. 171-188.
30. Бобкова Е.В. Жизненные формы и онтогенез *Alnus incana* (Betulaceae) в подзоне хвойно-широколиственных лесов европейской части России. *Ботанический журнал*, 2001. Том 86, № 4. С.75-86.
31. Богданов П.Л. Тополя и их культура. М.: Лесн. пром-ть, 1965. 104 с.
32. Борисов А.А. Климат СССР в прошлом, настоящем и будущем. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1975. С. 170-181.
33. Бровко Ф.М. Лісова рекультивация відвальних ландшафтів Придніпровської височини України. К. Арістен, 2009. 264 с.
34. Будина Т.Ю. Рекультивация земель при различных видах работ. *Справочник эколога*, 2013. № 3.

35. Бувеский Н.М., Зорин Л.Ф. Рекультивация земель, нарушенных горными работами. Донецк, 1969. 222 с.
36. Букштынов А.Д., Трофимов Т.Т., Ермаков Б.С. и др. Облепиха. М.: Лесная промышленность, 1985. 183 с.
37. Булава Л.Н. Ландшафтный анализ территории для целей рекультивации и рационального использования нарушенных земель (на примере Криворожского горнопромышленного района): Дис. на соискание ученой степени канд. геогр. наук. К., 1998. 160 с.
38. Булава Л.Н. Физико-географический очерк Криворожского горнопромышленного района. КГПИ, 1990. 125 с.
39. Буланая М.В. Биология и фитоценотическая роль черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.) в разных частях ареала: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: 03.00.05. М., 1989. 17 с.
40. Буланая М.В. Варианты жизненных форм черемухи обыкновенной *Prunus padus* L. (в разных частях ареала). *Жизненные формы в экологии и систематике растений*. М.: МГПИ им. В.И. Ленина, 1986. С.81-85.
41. Бурыкин А.М., Стифеев А.И. Роль лесных культур в рекультивации земель. *Лесное хозяйство*. М., 1992. № 6 С. 65-70.
42. Гришко В.М., Сищиков Д.В., Піскова О.М., Данильчук О.В., Машталер Н.В. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека. Донецьк «Донбас», 2012. 306 с.
43. Вальтер Г. Растительность земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Тропические и субтропические зоны. М.: Прогресс, 1968. Т. 1. 552 с.
44. Василевская В.К. Формирование листа засухоустойчивых растений. Ашхабад: из-во Академии наук Туркменской ССР, 1954. 184 с.
45. Васильев Б.Р. Строение листьев древесных растений различных климатических зон. Л.: 1988. 206 с.
46. Вербин А.Е., Келеберда Т.Н., Жаромский В.Я. Итоги семилетних работ по рекультивации отвалов для лесохозяйственных целей на Часов-Ярском

месторождении огнеупорных глин. *Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель*. М., 1975. С. 325-328.

47. Вернардер Н.В. Почвы степной зоны. *Природа Украинской ССР. Почвы*. Киев: Наук. думка, 1986. С. 105-144.

48. Воронцова, Л.И., Гатцук Л.Е., Чистякова А.А. Выделение трех уровней жизненного состояния в онтогенезе особей и применение этого метода для характеристики ценопопуляций. *Подходы к изучению ценопопуляций и консорциев*. М.: МГПИ им. В.И. Ленина, 1987. С. 7-24.

49. Восточноевропейские широколиственные леса. Под ред. О.В. Смирновой. М.: Наука, 1994. 364 с.

50. Временные рекомендации по озеленению горнорудных отвалов Кривбасса. Под ред. Е.Н. Кондратюка. Кривой Рог, 1977. 32 с.

51. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: Структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.

52. Гетманец И.А. Ивы Южного Урала: биоморфы, экоморфы, ландшафтне группы. *Вестник Тюменского государственного университета*. 2010. № 3. С. 39-45.

53. Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.Ю. Состояние корневой системы берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях Стерлитамакского промышленного центра. *Вестник Удмуртского университета*. 2012. Вып. 4. С. 21-28.

54. Гнатів П.С. Функціональна діагностика в дендроекології. Львів: Камула, 2014. 336 с.

55. Гниловская А.А. Поливариантность крушины ломкой в условиях южной части ареала. *Труды 8 Международной конференции по морфологии растений, посвященной памяти И.Г. и Т.И. Серебряковых*. М., 2009. С. 126-130.

56. Гогатишвили А.Д. Современное состояние и перспективы рекультивации земель открытых разработок полезных ископаемых в Грузии. *Растительность и промышленные загрязнения*. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 34-37.

57. Гогатишвили А.Д. О результатах работ по рекультивации земель в Грузинской ССР. *Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных*

ископаемых: Тез. докл. координац. совещ. Тарту, 1975. С. 37-47.

58. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. и др. Природообустройство. –М: «КолосС», 2008. 551 с.

59. Горб А.С., Дук Н.М. Клімат Дніпропетровської області: – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2006. 204 с.

60. Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах. М.: Недра, 1981. 264 с.

61. Горышина Е.Л. и др. Растения в городе. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 184 с.

62. ГОСТ 26657-85. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. 5 с.

63. Грабовская А.А. Берёза и бархат амурский в лесных культурах юга лесостепи. *Лесное хозяйство*. 1952. № 10. С. 41-44.

64. Грешта Я. Рекультивация промышленных бросовых земель в Польской Народной Республике. Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1970. С. 63-72.

65. Григора І.М., Соломаха В.А. Основи фітоценології. К.: Фітосоціоцентр, 2000. 240 с.

66. Гуменюк Д.І., Мусатенко Л.І. Анатомічні особливості вегетативних органів *Persicaria amphibia* (L.) Delarbge за умов помірного водного дефіциту. *Український ботанічний журнал*, 2006. Т. 63, № 5. С. 699-712.

67. Гурин И.И. Проспект рекомендаций по рекультивации земель и их использованию. Киев, 1965. 19 с.

68. Давитая Э.Ф., Сепертеладзе З.Х., Мачавариани Л.Г., Киквадзе Т.Ф. Геоэкологическое состояние горно-рудных регионов Грузии и оптимизация природной среды. *Известия аграрной науки*, 2010. Т. 8, № 4. С. 1-12.

69. Давыдов И.А., Добровольский И.А., Михайлов В.А. Древесно-кустарниковые породы для озеленения уступов и карьеров Кривбасса. *Растения и промышленная среда*. К.: Наук. думка, 1971. С. 145-149.

70. Данильчук Н.М., Терлига Н.С., Мазур А.Ю., Коршиков І.І. Природне відновлення видів роду *Populus* L. на залізорудних відвалах Криворіжжя. *Матеріали XII з'їзду укр. бот. товариства*. Одеса. 2006. С. 90.

71. Данильчук О.В., Гришко В.М. Ріст тополь в умовах забруднення довкілля важкими металами. *Вісник. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*. Київський Національний університет ім. Т. Шевченка. 2006. №9. С. 39-42.
72. Дараселия Н.А. Влияние на биологические процессы различных приемов рекультивации нарушенных земель при разработке марганцевой руды в Грузии. *Симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий*. Лейпциг, 1970. С. 72-75.
73. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина I. Довідник: Кохно М.А., Пархоменко Л.І., Зарубенко А.У. та ін. К.: Фітосоціоцентр, 2002. 447 с.
74. Денисик Г.І. Антропогенні ландшафти Правобережної України. Вінниця: Арбат, 1998. 292 с.
75. Демкович А.Е. Использование Microsoft Visual Basic для статистической обработки в популяционно-генетических исследованиях. *Актуальні проблеми фізіології, генетики та біотехнології рослин і ґрунтових мікроорганізмів*: Тези доп. IX конф. мол. дослідників. Київ, 2005. С. 55.
76. Дервиз-Соколова Т.Г. Жизненные формы ив Северо-Востока СССР. *Бот. Журн.*, 1982. Т. 67. № 7. С. 975-982.
77. Дервиз-Соколова Т.Г. О стланиковом характере роста деревянистых растений на примере *Salix viminalis* L. *Биологические науки*. 1967. № 11. С.64-70.
78. Джамалбеков Е.У., Кобызаева Ф.Е., Файзуллина А.Х. К вопросу биологической рекультивации земель в Казахстане. *Проблемы рекультивации нарушенных земель*. Тез. докл. V Уральского сов. Свердловск, 1988. С. 75.
79. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей. Ч. 1 / под ред. О.В. Смирновой. М.: Прометей, 1989. 102 с.
80. Диденко Е.Г., Евстигнеев О.И. Особенности онтогенеза и жизненных форм бузины красной в хвойно-широколиственных лесах Неруссо-Деснянского полесья. *Бюллетень МОИП. Отдел биологический*. 2002. Т. 107, Вып. 3. С. 63-69.

81. Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Укр. ботан. журн.* 2003. Т. 60, № 1. С. 6-17.
82. Добровольский И.А., Шанда В.И. Аллелопатические аспекты сингенеза в техногенных экотопах Криворожья. *Пробл. аллелопатии. Тез. докл. IV Всесоюзн. совещ. по физиолого-биохимич. основам взаимодействия раст. в фитоценозах.* К.: Наук. думка, 1976. С. 129-130.
83. Добровольский И.А. Древесные растения в оптимизации промышленной среды Кривбасса. *Растения и промышленная среда.* Днепропетровск, 1990. С. 18.
84. Добровольский И.А., Шанда В.И. Лесная рекультивация нарушенных земель в условиях Криворожского бассейна. *Вопросы степного лесоведения и охрана природы.* Днепропетровск, 1977. С. 151-156.
85. Добровольський І.А., Шанда В.І., Гаєва Н.В. Характер і напрямки сингенезису в техногенних екотопах Кривбасу. *Укр. ботан. журн.* 1979. 36, № 6. С. 524-527.
86. Долидзе Д.А., Пхаладзе Я.А. Восстановление плодородия отвалов Чиатурского месторождения кварцевых песков. *Проблемы рекультивации нарушенных земель.* Свердловск: Ср.-Уральское кн. изд-во, 1988. С. 96-97.
87. Долина О.О. Едафотопи та фітоценози індустріальних ландшафтів Криворізького залізорудного басейну: просторова структура та особливості формування: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук: 03.00.16. Київ, 2015. 20 с.
88. Дороненко Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М.: Недра, 1979. 263 с.
89. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська. К.: Фенікс, 2000. 110 с.
90. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

91. Евстигнеев О.И. Поливариантность сосны обыкновенной в Брянском полесье. *Лесоведение*. 2014. № 2. С. 69-77.
92. Егорова Н.Н., Кулагин А.А. Анатомические и морфологические особенности ассимиляционного аппарата и проводящих корней древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2008. Т. 10, № 2. С. 310-324.
93. Егорова Н.Н., Кулагин А.А. Анатомическое строение ассимиляционного аппарата березы бородавчатой и тополя бальзамического в экстремальных лесорастительных условиях. *Лесной вестник*, 2009. № 2 (65). С. 4-11.
94. Єгоршин О.О., Лісовий М.В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків: ННЦ Інститут ґрунтознавства та агрохімії УААН, 2005. 194 с.
95. Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.
96. Жуков С.П. Антропогенна сукцесія рослинності відвалів вугільних шахт Донбасу: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук. – Дніпропетровськ, 1999. 19 с.
97. Жукова Л.А. Многообразие путей онтогенеза в популяциях растений. *Экология*. 2001. № 3. С. 169-176.
98. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
99. Зайцев Г.А., Моторина Л.В., Данько В.Н. Лесная рекультивация. М.: Лесная пром-ть, 1977. 128 с.
100. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» № 2697-VIII від 28 лютого 2019 року / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2019. № 16. С. 70.
101. Заугольнова Л.Б. Возрастные этапы в онтогенезе ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.). *Вопросы морфогенеза цветковых растений и строение их популяций*. М.: Наука, 1968. С. 81-102.

102. Заугольнова Л.Б. Анатомо-морфологическое строение листьев и почек у разных возрастных групп ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.). *Биологические науки*. 1971. № 9. С. 56-64.
103. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А, Смирнова О.В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 183 с.
104. Зверковский В.Н. Биогеоценологическое обоснование лесной рекультивации земель, нарушенных угольной промышленностью в степной зоне Украины: дисс. на соискание ученой степени д-ра биол. наук: 03.00.16. Днепропетровск, 1999. 566 с.
105. Зиятдинова К.З., Уразгильдин Р.В., Денисова А.В. Морфология листьев и побегов дуба черешчатого в условиях загрязнения окружающей среды (на примере Уфимского промышленного центра). *Известия Самарского научного центра РАН*, 2012. Т. 4, № 1 (6). С. 1466-1469.
106. Зотикова А.П., Воробьева Н.А., Соболевская Ю.С. Динамика содержания и роль каротиноидов хвои кедра сибирского в высокогорье. *Вестник Башкирского ун-та*. 2001. № 2 (II). С. 67-69.
107. Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале. *Физиология растений*, 2013. Т. 60, № 6. С. 856-864.
108. Иванова З.Я. Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. Київ: Наук. думка, 1982. 288 с.
109. Иванова Л.А. Адаптивные признаки структуры листа растений разных экологических групп. *Экология*, 2014. № 2. С. 109-118.
110. Иванова Л.А. Структурная перестройка мезофилла листа в ряду жизненных форм растений. *Докл. РАН*, 2012. № 6. С. 687-690.
111. Иванова Л.А., Пьянков В.И. Структурная адаптация мезофилла листа к затенению. *Физиология растений*. 2002. № 3. С. 467-480.

112. Иванова А.В., Мазуренко М.Т. Варианты организации онтогенетической траектории дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях Самарской области. *Ботанический журнал*. 2013. Т. 98. № 8. С. 1014-1030.
113. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. 246 с.
114. Іванов Є.А., Біланюк В.І. Проблеми рекультивації і ревіталізації земель, порушених гірничими роботами. *IV міжнародна науково-практична конференція «Народокористування в Україні. Перспективи інвестування»* (Трускавець, 6–10 листопада 2017 р.). С. 262-270.
115. Каар Э.В., Райд Л.К. Лесохозяйственная рекультивация в Эстонии. *Лесная рекультивация нарушенных земель*. Воронеж, 1991. С. 49-55.
116. Казаков В.Л., Паранько І.С., Сметана М.Г. та ін. Природнича географія Кривбасу. Кривий Ріг: КДПУ, 2005. 156 с.
117. Калинин М.И. Корневедение. М.: Экология, 1991. 173 с.
118. Кандрашин Е.Р., Баранник Л.П., Андроханов В.А. Биологический этап рекультивации, его хозяйственная и экологическая оценка, проблемы освоения. *Экология и рекультивация техногенных ландшафтов*. Новосибирск: Наука, 1992. С. 98-148.
119. Капелькина Л.П. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. СПб: Наука, 1993. 191 с.
120. Капелюш Н.В., Бессонова В.П. Зміна анатомічних показників листків *Platanus orientalis* L. під дією промислових емісій (техногенного навантаження). *Інтродукція рослин*. 2005. № 1. С. 81-87.
121. Карасев Г.М., Войнов Г.В. Деревья и кустарники, рекомендуемые к использованию в южной степи Украины. *Тр. ВНИИ гибридизации и акклиматизации животных*. 1953. Т. 5. С. 299-358.
122. Карпенко С.В., Євтехов В.Д., Євтехова Г.В. Топомінералогія супутніх корисних копалин Ганнівського залізорудного родовища Криворізького басейну. *Геолого-мінералогічний вісник*, 2008. № 1 (19). С. 82-84.

123. Киричок Е.И. Онтогенез можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb) в редколесьях Черноморского побережья Крыма и Кавказа. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2016. Vol. 1 (3). P. 1-22.
124. Ковров О.С. Исследование приживаемости искусственно вводимых растительных сообществ на склонах породных отвалов. *Сборник научных трудов НГА Украины*. Днепропетровск: Национальная горная академия Украины, 2001. № 1 (11). С. 113-119.
125. Кожевников Н.В., Заушинцена А.В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель. *Вестник Кемеровского государственного университета*. Серия: Биологические, технические науки и науки о земле. 2017. № 1. С. 43-47.
126. Кожевникова Н.Д. Морфологическая характеристика возрастных этапов онтогенеза ели Шренка в высокосомкнутых ельниках средней части лесного пояса. *Биоэкологические исследования в еловых лесах Тянь-Шаня*. Фрунзе: Илим, 1981. С. 93-112.
127. Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов. *Проблемы рекультивации земель в СССР*. Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1974. С. 12-25.
128. Колесников Б.П., Моторина Л.В. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах. *Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов*. М.: Наука, 1979. С. 5-21.
129. Коломейцев Н.М. Рекультивация земель, нарушенными горными разработками. Киев, 1968. 40 с.
130. Колупаев Ю.Є. Фізіолого-біохімічні механізми формування адаптивних реакцій рослин: роль активних форм кисню та іонів кальцію: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора біол. наук: 03.00.12 «Фізіологія рослин». К., 2007. 35 с.
131. Комиссар И.А. Древесно-кустарниковые растения в оптимизации железорудных отвалов Кривбасса. *Растения и промышленная среда*. Тез. докл. I Всесоюз. науч. конф. Днепропетровск, 1990. С. 213.

132. Комісар Я.І. Технологія і фізичні властивості відвальних екотопів Кривбасу. *Проблеми екології та екологічної освіти*. Мат. І міжнар. наук. конф.: Кривий Ріг, 2002. С. 128-131.
133. Кордюм Е.Л., Сытник К.М., Бараненко В.В. и др. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. Киев: Наук. думка, 2003. 283 с.
134. Корчагин А.А. Определение возраста деревьев умеренных широт. *Полевая геоботаника*. М.-Л.: АН СССР, 1960. Т. 2. С. 209-240.
135. Коршиков И.И., Котов В.С., Михеев И.П. Взаимодействие растений с техногенно загрязнённой средой. К.: Наук. думка, 1995. 192 с.
136. Коршиков И.И., Красноштан О.В. Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья. Донецк, 2012. 280 с.
137. Коршиков И.И., Жуков С.П. Самовозобновление древесных растений на отвалах угольных шахт Донбасса. *Промышленная ботаника*. Сборник научных трудов. Донецк: Донецкий ботанический сад НАН Украины. 2008, Вып. 8. С. 17-23.
138. Коршиков И.И., Данильчук Н.М., Красноштан О.В., Мазур А.Е. Жизненная форма и вегетативное разрастание тополя белого (*Populus alba* L.) на железорудных отвалах Криворожья. *Интродукция растений*. 2008. № 3. С. 105-112.
139. Коршиков И.И., Пастернак Г.А., Красноштан О.В. Пластичность корневой системы устойчивых видов древесных растений, поселяющихся на промышленных отвалах в степной зоне Украины. *Интродукція рослин*, 2014. № 1. С. 72-78.
140. Коршиков І.І., Бойко Л.І., Красноштан О.В. та ін. Різноманітність та життєздатність деревних видів вуличних насаджень м. Кривий Ріг. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*, 2018. № 3 (12). С. 18-23.

141. Костина М.В., Минькова Н.О., Ясинская О.И. О биологии клена ясенелистного в зеленых насаждениях Москвы. *Российский журнал биологических инвазий*. 2013. № 4. С. 32-43.
142. Кохно Н.А., Курдюк А.М. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Ураине. К.: Наук. думка, 2004. 188 с.
143. Красильников П.К. Методика изучения подземных органов деревьев, кустарников и лесных сообществ при полевых геоботанических исследованиях. *Полевая геоботаника*. М.-Л., 1960. Вып. 2. С. 448-489.
144. Красноштан О.В. Еколого-біологічні детермінанти успішності зростання видів роду *Pinus* L. на залізорудних відвалах Криворіжжя: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня. канд. біол. наук: 03.00.16 – «екологія». Дніпро, 2019. 24 с.
145. Криворучко А.О., Бессонова В.П. Показники анатомічної структури листків дуба червоного (*Quercus rubra* L.) в урботехногенних умовах. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна, 2017. Випуск 76. С. 29-37.
146. Крохмаль І.І., Пугачова А.Ю. Особливості анатомічної будови листка видів роду *Hemerocallis* L. в умовах інтродукції на Південному Сході України. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*, 2010. № 1 (10). С. 62-73.
147. Кузнецова Т.А., Сорокопудов В.Н., Юшин Ю.В. Особенности адаптации растений *Radus racemosa* L. в различных климатических условиях. *Известия высших учебных заведений*. Поволжский регион. Естественные науки. Биология, 2015. № 3 (11). С. 23-31.
148. Кутыина И.С. Биология и ценотическая роль граба и ильма в лесах УССР. *Популяционная экология растений*. М.: Наука, 1987. С. 131-135.
149. Кучеревський В.В. Конспект флори Правобережного степового Придніпров'я. Дніпропетровськ: Проспект, 2004. 292 с.
150. Кучерявий В.П. Ландшафтна архітектура: підручник. Львів: «Новий Світ–2000», 2017. 521 с.

151. Кучерявий В.П., Курницька М.П., Дудин Р.Б. Особливості обрізування деревно-чагарникових рослин. Методичні вказівки. Львів: УкрДЛТУ, 2003. 60 с.
152. Кучерявий В.П. Урбоекологія. Львів: Світ, 1999. 360 с.
153. Кучма В.Н., Гришко В.Н., Россихина А.С. Анатомическое строение листьев липы сердцелистной и робинии лжеакации в различных экологических условиях. *Вопросы биоиндикации и экологии*. Запорожье: ЗГУ. 1999. Вып. 4. С. 22-27.
154. Ладыгин В.Г., Кособрухов А.А. Пигменты и особенности газообмена в листьях хлорофилльных мутантов *Pisum sativum*. *Физиология растений*. 2004. Т. 51. № 5. С. 66-73.
155. Ладыгин В.Г. Реакция мембранной системы хлоропластов при нарушении ранних этапов биосинтеза хлорофилла. *Физиология растений*, 2006. Т. 53. № 1. С. 15-30.
156. Леонтьев Г.Н. Естественная растительность на терриконах угольных шахт Приморья. *Охрана природы на Урале*. Свердловск, 1966. № 5. С. 57-59.
157. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 528 с.
158. Мазур А.Ю., Кучеревський В.В. Роль Криворізького ботанічного саду в озелененні та рекультивації порушених земель Кривбасу. *Наук. вісн. УкрДЛТУ*: Зб. наук.-техн. праць. Львів: УкрДЛТУ. 2001. Вип. 11 (5). С. 193-199.
159. Мазур А.Ю., Сметана М.Г. Формування рослинного покриву на схилах залізорудних кар'єрів Кривбасу. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя, 1999. Вип. 4. С. 69-75.
160. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Структура и морфогенез кустарников. М.: «Наука», 1977. 160 с.
161. Мазуренко М.Т. Онтогенез жимолости камчатской в условиях глубокого затенения. *Бюлл. МОИП. Отд. Биол.* 1978а. Вып. 1. С.99-105.
162. Малахов И.Н. Качество жизни: опыт экологического прочтения. Кривой Рог: Вежа, 1999. 160 с.

163. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг: Октан-Принт, 2003. 252 с.
164. Маленко Я.В. Деякі аспекти теорії розвитку та динаміки рослинних угруповань. Структура та розвиток культурфітоценозів Криворіжжя: монографія / за ред. Е.О. Євтушенка, В.М. Савоська. Кривий Ріг: Діонат, 2017. С. 35-54.
165. Маленко Я.В. Особливості таксономічного та екологічного складу рослинних угруповань відвалів південно-західної зони Кривбасу: дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ, 2001. 357 с.
166. Маринич О.М., Пархоменко Г.О., Петренко О.М. та ін. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. *Український географічний журнал*. 2003. № 1. С. 16-20.
167. Масюк А.Н. Особенности распределения корневой системы тополя новоберлинского в техноземах с разной стратиграфией в условиях ограниченного эдафического пространства. *Грунтознавство*, 2008. Т. 9, № 3-4. С. 93-100.
168. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО. 1989. 62 с.
169. Методы изучения лесных сообществ. Монография. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
170. Мильков Ф.Н. Стелющаяся форма дуба на меловых холмах юговостока Русской равнины. *Природа*. № 6, 1951. № 6. С. 49-50.
171. Мингалева Н.А., Пестов С.В. Оценка состояния тополевых насаждений города Сыктывкара. *Теоретическая и прикладная экология. Мониторинг антропогенно нарушенных территорий*, 2011. № 1. С. 38-44.
172. Минеева О.Н. Особенности роста и структуры побегов ивы монетолистной в связи с оценкой продуктивности тундровых сообществ. *Продуктивность и рациональное использование растительности Урала*. Свердловск: Урал. фил. АН СССР, 1980. С. 131-138.
173. Миронов В.В. Древесные породы для облесения отвалов горных пород.

Лесное хозяйство, 1964. № 8. С. 46-48.

174. Миронова С.И. Техногенные сукцессионные системы растительности в условиях криолитозоны. Новосибирск: Наука, 2000. 105 с.

175. Моторина Л.В. Комплексные экологические исследования как основа разработки технологии рекультивации земель. *Экологические основы рекультивации земель*. М., 1985. С. 19-25.

176. Моторина Л.В. Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и зарубежных странах (обзор литературы). М.: Изд. ВНИИТЭИСХ, 1975. 84 с.

177. Моторина Л.В., Овчинников В.А. Рекомендации по рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами. М., 1975. 240 с.

178. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Ґрунтознавство: Підручник. Чернівці: Книги–XXI, 2004. 400 с.

179. Назыина К. С. История развития рекультивации нарушенных земель: мировой и российский опыт. *Научный вестник МГГУ*. 2013. № 12 (45). С. 131-138.

180. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем). Дніпропетровськ: Моноліт, 2007. 270 с.

181. Недосеко О.И. Архитектоника бореальных видов ив подрода *Salix* и *Vetrix* Dumort. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2017. Vol. 2 (3). doi 10.21685/2500-0578-2017-3-5.

182. Недосеко О.И. Жизненные формы бореальных видов ив подродов *Salix* і *Vetrix*. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2014. № 1 (1). С. 172-179.

183. Недосеко О.И. Ивы Нижегородской области: монография. Арзамас: АГПИ им. А.П. Гайдара, 2010. 171 с.

184. Никитюк В.Г. Каротиноиды и их значение в живой природе и для человека. *Провизор*. 1999. № 6. – Режим доступа: <http://www.provisor.com.ua>

185. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 208 с.
186. Сметана О.М., Красова О.О., Долина О.О. та ін. Обґрунтування створення техногенного заказника «Першотравневий». *Вісник Дніпропетровського Державного аграрно-економічного університету*, 2014. № 1 (33). С. 162-166.
187. Овруцька І.І. Анатомо-морфологічні ознаки листків *Sium latifolium* L. у різних умовах зростання. *Український ботанічний журнал*. 2012. Т. 69, № 1. С. 125-133.
188. Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений / под ред. А.А. Уранова. М.: Наука, 1968. 233 с.
189. Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола: МарГУ, 1997. 240 с.
190. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусового состояния почв и их генетических горизонтов. *Почвоведение*, 2004. №8. С. 918-926.
191. Павленко А.О., Красова О.О., Коршиков І.І. Сингенетичні процеси на залізорудних відвалах північної частини Криворіжжя. *Український ботанічний журнал*, 2017. № 74 (4). С. 360-372.
192. Павленко Ф.А. Размножение тополей. М.: Госсельхозиздат, 1960. 64 с.
193. Панас Р.М. Рекультивация земель: навч. посібн. Львів: Новий світ, 2005. 224 с.
194. Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель. Львов: Изд-во ЛГУ, 1989. 158 с.
195. Панков Я.В. Выращивание лесных культур на отвалах КМА. *Основы рационального освоения недр КМА*. Воронеж: ВГУ, 1991. С. 129-141.
196. Панов В.В. Болотные формы *Pinus sylvestris* (Pinaceae). *Ботанический журнал*. 2007. Том 92. № 5. С. 647-659.
197. Паршиков В.П., Шмонов А.М., Логуа М.Т. Опыт разработки и применения комплексной программы исследований по лесной рекультивации нарушенных земель Кузбасса. *Рекультивация земель в СССР*. М., 1982. Т. 2. С. 131-133.

198. Пащенко В.М. Степная зона: Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. Киев: Наук. думка, 1985. С. 122-180.
199. Переверзев В.Н., Подлесная Н.И. Биологическая рекультивация промышленных отвалов на Крайнем Севере. Апатиты: Изд. Кольского Филиала АН СССР, 1986. 103 с.
200. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: 1972. 288 с.
201. Пикалова Г.М. и др. Некоторые закономерности формирования культурфитоценозов на золоотвалах ТЭЦ Урала. *Растения и промышленная среда*. Свердловск, 1974, вып. 3. С. 69-96.
202. Пикалова Г.М., Пасынкова В.М. Биологическая рекультивация золоотвалов как способ восстановления нарушенного ландшафта. *Уч. записки Пермск. ун-та*, 1973, № 281. С. 189-191.
203. Плугіна Т.В., Чайка В.Є., Чуприна Т.Т. Природне та штучне заростання відвалів Кривбасу. *Укр.бот.журн.* 1981. № 1. С. 76-77.
204. Полозова Т.Г. Жизненные формы кустарниковых видов *Salix* (Salicaceae) на острове Врангеля. *Ботанический журнал*. 1990. Т. 75. № 12. С. 1700-1712.
205. Полтинкина И.В. Онтогенез, численность и возрастной состав ценопопуляций клена полевого в широколиственных лесах европейской части СССР. *Бюл. МОИП. Отд. Биологии*, 1985. Т. 90, вып. 2. С. 79-88.
206. Поляков А.К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: Ноулидж, 2009. 268 с.
207. Поляков М.И., Бойко А.Т., Шведовский П.В. Рекультивация земель и охрана природы. Минск: Ураджай, 1987. 176 с.
208. Пономарьова О.А. Зміни анатомічної будови листків дерев роду *Tilia* L. як показник адаптації до різних до різних умов зростання. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. Вип. 18, № 2. С. 105–120.
209. Попова О.Ф., Слемнев Н.Н., Попова И.А. и др. Содержание пигментов пластид у растений пустынь Гоби и Каракумы. *Ботанический журнал*, 1984. Т. 69. С. 334-344.

210. Попович В.В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19 (3). С. 37-42.
211. Попович В.В., Мисяк Р.І., Брунець К.С. Природна фітомеліорація вугільних відвалів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21 (4). С. 127-131.
212. Природа Украинской ССР. Климат: Ред. Логвинов К.Т., Щербань М.И. К.: Наук. думка, 1984. 232 с.
213. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. Отв. Ред. А.М. Маринич. Киев: Наук. думка, 1985. 224 с.
214. Прозорова Т.А. Биологическая рекультивация золоотвалов. *Охрана труда и окружающ. среды*. Караганда, 1987. С. 107-108.
215. Демидов О.А., Кобець А.С., Грицан Ю.І., Жуков О.В. Просторова агроєкологія та рекультивація земель. Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А.Л.», 2013. 560 с.
216. Рахтеенко И.Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. М.: Гослесбумиздат, 1953. 108 с.
217. Рахтеенко И.Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск: Изд-во АН БССР, 1963. 136 с.
218. Рева М.Л., Хархота А.И. Естественная растительность на терриконах угольных шахт Донбасса. *Растения и промышленная среда: Материалы I Укр. конференции*. К.: Наук. думка, 1968. С. 146-152.
219. Рева С.В., Шанда В.І., Комісар І.О. Заселення вищими рослинами відвалів Криворізького басейну. *Укр. ботан. журн.* 1993. Т. 50, № 3. С. 58-65.
220. Редько Г.И. Биология и культура тополей. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 175 с.
221. Реєстр місць видалення відходів Дніпропетровської області [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Дніпропетровської міської державної адміністрації. – Електрон. дані – Кривий Ріг: Дніпропетровська обласна державна адміністрація,

2015.–

Режим

доступу: <http://old.adm.dp.gov.ua/OBLADM/obldp.nsf/document.xsp?id=6EF76D4414C507CBC22581BC002A0F93>.

222. Рекультивация земель в СССР. М., 1973. 260 с.

223. Рожков В.А., Кузнецова И.В., Рахматуллоев Х.Р. Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории: учеб.-методич. пособие. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 51 с.

224. Романовский, А.М. Поливариантность отогенеза *Picea abies* (Pinaceae) в Брянском полесье. *Ботанический журнал*. 2001. Том 86. № 8. С. 72-85.

225. Савон Д.Ю., Шумилов В.Н. Процесс формирования землепользования крестьянских хозяйств. *Terra Economicus*, 2008. Т. 6. № 4. С. 160-162.

226. Сагалакова Л.С., Бардонова Л.К. Онтогенез *Hipporphae rhamnoides*. *Вестник Бурятского государственного университета*. 2011. Вып. 4. С. 88-92.

227. Сафонова Г.С., Рева С.В. Заселення вищими рослинами залізорудних відвалів Кривбасу. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2009. Вип. 17, Т. 2. С. 87-94.

228. Серая Г.П., Чибрик Г.С. Особенности структуры и жизненность ценопопуляций многолетних злаков в экспериментальных посевах (Коркинский угольный разрез). *Растения и промышленная среда*. Свердловск, 1984. С. 30-38.

229. Сергейчик С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды. Минск, 1984. 167 с.

230. Сергейчик С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде. Монография. Минск: Навука і тэхніка, 1994. 279 с.

231. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных растений. М.: Высшая школа, 1962. 379 с.

232. Ситников К.С. Особенности возрастной структуры ценопопуляций и встречаемость жизненных форм *Alnus incana* (L.) Moench в условиях пойм и надпойменных террас *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. 2014. Т. 20. № 5. С. 21-23.

233. Сметана О.М. Антропогенна трансформація біогеоценозів Кривбасу (біоіндикація, відновлення, управління): автореферат дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ, 2003. 20 с.
234. Сметана О.М., Долина О.О., Ярощук Ю.В. Диференціація екотопів посттехногенних ландшафтів (гігро- та літохімічний аспект). *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. Вип. 18. № 1. С. 11-15.
235. Сметана О.М., Мазур А.Ю. До теорії оптимізації порушених гірничими роботами земель. *Проблеми збереження біорізноманіття в природних та техногенно порушених екосистемах*: мат. наукової конф. молодих вчених. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. С. 8-14.
236. Смирнова О.В., Чистякова А.А, Истомина И.И. Квазисенильность как одно из проявлений фитоценотической толерантности растений. *Журнал общей биологии*, 1984. Т. 45. № 2. С. 216-225.
237. Сукачев В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Избранные труды. Ленинград: Наука, 1972. Т. 1. 418 с.
238. Тарчевский В.В. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах: Автореф. дис. на соискание ученой степени докт. биол. наук: 03.094. Томск, 1967. 36 с.
239. Телятников М.Ю. Широтные и долготные изменения в соотношении жизненных форм сосудистых растений в ценофлорах Ямала и Таймыра. *Сибирский экологический журнал*. 2007. № 6. С. 897-912.
240. Терехова З.Б. Начальные этапы почвообразовательного процесса на железорудных отвалах Северного Казахстана. *Растения и промышленная среда*. Свердловск, 1979. С. 102-126.
241. Терещенко В.Ф. До питання про озеленення гірничорудних відвалів Кривбасу. *Інтродукція та акліматизація рослин на Україні*. 1977. Вип. 11. С. 40-41.
242. Терлига Н.С., Данильчук Н.М., Юхименко Ю.С. Структура зелених насаджень парку ім. Богдана Хмельницького та перспективи розвитку (м.

Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.). *Вісник Одеського національного університету*. Біологія. Одеса, 2018. Т. 23. № 1 (43). С. 3-53.

243. Тихоненко Д.Г., Дегтярьов В.В., Крохін С.В. Практикум з ґрунтознавства: Навч. посібник. Х.: Майдан, 2009. 447 с.

244. Ткаченко Т.М., Ткаченко О.А. Сучасний стан використання «зелених конструкцій» в урбоценозах. *Збірник наукових праць Дон. НАБА*, 2019. № 1 (15). С. 3-30.

245. Трофимов С.С. Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале: Рекомендации и экспериментальные схемы. Новосибирск, 1981. 113 с.

246. Трунін О.М., Откидач В.О., Гайдар А.В. Особливості прояву сульфідної мінералізації в магнетитових кварцитах Петрівського родовища. *Сучасні технології розробки рудних родовищ. Еколого-економічні наслідки діяльності підприємств ГМК: Збірник наукових праць за результатами роботи IV Міжнародної науково-технічної конференції*. Кривий Ріг: Вид. Р.А. Козлов, 2017. С. 36.

247. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. 224 с.

248. Уткина И.А., Бетехтина А.А. Ботаника: морфология и анатомия высших растений: лаб. практикум: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2009. 188 с.

249. Федоровский В.Д., Мазур А.Е. Древесные растения Криворожского ботанического сада. Итоги интродукции (за 25 лет). Днепропетровск: Проспект, 2007. 256 с.

250. Федосеева Т.П. Рекультивация земель. М.: Колос, 1977. 48 с.

251. Хватов Ю.А. Облесение земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых. М., 1973. 56 с.

252. Хлизіна Н.В. Літофільні угруповання Криворізького залізорудного басейну: екологія, типологія, динаміка: автореферат дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ, 2004. 20 с.

253. Цайтлер М.Й., Скробач Т.Б. Формування піонерних екосистем на відвалах Бориславського озокеритового родовища у системі едафотоп-фітоценоз. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2016. Вип. 26 (7). С. 194-202.
254. Чеклина В.Н. Особенности почвообразования на отвалах рыхлых горных пород в связи с их рекультивацией (на примере Кимовского и Ушаковского углеразрезыв Подмосковного бассейна): автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: 06.01.03. М., 1973. 28 с.
255. Черемисинов А.Ю. и др. Рекультивация нарушенных земель. М., 2000.
256. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука, 1981. 510 с.
257. Чистякова А.А. Большой жизненный цикл *Tilia cordata* Mill. *Бюл. МОИП. Отд. Биол.*, 1978. Т. 84, вып. 1. С. 85-98.
258. Чистякова А.А. Жизненные формы и их спектры как показатели состояния вида в ценозе (на примере широколиственных деревьев). *Бюллетень Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биологии*, 1988. Т. 93. Вып. 6. С. 93-105.
259. Чистякова А.А. О жизненной форме и вегетативном размножении липы сердцевидной. *Бюллетень МОИП. Отдел Биологический*. 1979. Т. 83. Вып. 2. С. 129-137.
260. Чистякова А.А. Поливариантность онтогенеза и типы поведения деревьев широколиственных лесов. *Популяционная экология растений*. М: Наука, 1987. С. 39-43.
261. Шанда В.І., Маленко Я.В. Проблематика фіторекультивації та сингенезу Мат. Міжнар. наук. конф., присвяченої 90-річчю з дня народження проф. М.О. Бекаревича «Земельні ресурси України: рекультивація, раціональне використання та збереження». Дніпропетровськ: ДДАУ. 1996. С. 99-100.
262. Шанда В.І., Маленко Я.В., І.О. Комісар та ін. Специфіка кар'єрно-відвальних урочищ Кривбасу Мат. II Всеукраїнської конф. «Охорона довкілля: екологічні, освітянські, медичні аспекти». Кривий Ріг: КДПІ, 1998. частина III. С. 32-33.

263. Шевченко Л.М. Геохімічний аспект проблем природокористування у гірничопромислових ландшафтах України. *Український географічний журнал*, 2004, № 4. С. 19-23.
264. Широков А.И. Особенности организации синузии кустарников в ненарушенных пихтово-ельниках липовых Нижегородского Заволжья. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. Серия: Биология. 1999. № 1. С. 15-20.
265. Щепотьев Ф.Л., Павленко Ф.А. Разведение быстрорастущих древесных пород. М.: Лесн. пром-ть, 1975. 232 с.
266. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. Свердловск, 1984. 136 с.
267. Эскин В.С. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М.: Недра, 1975. 260 с.
268. Ярков С.В. Сингенез «молодых» кам'янистих відвалів Криворіжжя. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. Михайла Коцюбинського*. Серія: географія. Вінниця, 2008. Вип. 16. С. 91-97.
269. Яхненко О.М., Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д., Трунова І.О. Самозаростання відвалу фосфогіпсу як показник рівня техногенного навантаження на довкілля. *Науково-технічний журнал*, 2016. № 1 (13). С. 110-119.
270. Blake T.J., Sperry J.S., Tschaplinski T.J., Wang S.S. Water relations. in *Biology of Populus*. Edited by R.F. Stettler, H.D. Bradshaw Jr., P.E. Heilman, T.M. Hinckley. NRC Research Press, National Research Council of Canada. Ottawa. ON K1A 0R6. Canada, 1996. pp. 401-422.
271. Cornwell S., Kiff I. Tress and shrubs for difficult sites in Denmark. *Town Plan. Rev.* 1973. № 43. P. 221-230.
272. Dallaire K., Skousen J., Schuler J. Height of three hardwood species growing on mine sites reclaimed using the forestry reclamation approach compared to natural conditions. *J. of Amer. Soc. of Mining and Reclamation*. 2016. Vol. 5, № 2. P. 20-35.

273. Frouz J., Franklin J.A. Vegetation and soil development in planted pine and naturally regenerated hardwood stands 48 years after mining. *J. of Amer. Soc. of Mining and Reclamation*. 2014. Vol. 3, № 2. P. 21-40.
274. Hajkova E., Dederá F. Vpliv melioracnich hmot na adrochemicke vlastnosti vysypkove zeminy. *Sbornik UVTIZ-Meliorace*. Praha, 1984. № 1. P. 55-61.
275. Ennajen M., Vadel A.M., Cochard H., Khemira H. Comparative impacts of waters tress on the leaf anatomy of adrought-resistant and adrought-sensitive olive cultivar. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 2010. № 85 (4). P. 289-294.
276. Evstignejev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: anoverview. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2016. Vol. 1 (2). P. 1-31.
277. Hagemeyer J. Grows under trace element stress / J. Hagemeyer, S. W. Breckle // *Plant roots: The Hidden Hals*. Y.: Marcel Dekker, 1996. P. 415-433.
278. Ikegami M., Whigham D.F., Werger M.J.A. Optimal biomass allocation in heterogeneous environments in clonal plant – Spatial division of labor. *Ecological modeling*. 2008. 213. P. 156-164.
279. Indorante S.J., Jansen I.J., Boast C.W. (1981). Surface mining and reclamation: initial changes in soil character. *Journal of Water Conservation* 36: 347-351.
280. Kabrna M. Studies of land restoration on spoil heaps from brown coal mining in the Czech Republic – a literature review. *Journal of Landscape Studies*. 2011. 4. P. 59-69.
281. Leaf photosynthetic characteristics of silver birch during three years of exposure to elevated concentrations of CO₂ and O₃ in the field / Riikonen J. et al. *Tree Physiology*. 2005. Vol. 25. P. 621-632. DOI: 10.1093/treephys/25.5.621
282. Lehmann C. Clonal diversity of populations of *Calamagrostis epigeios* in relation to environmental stress and habitat heterogeneity. *Ecography*. 1997. 20. P. 483-490.
283. Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis. / E. Kaar, K. Kiviste. Tartu: Eesti Maaülikool, 2010. 444 lk.

284. Monteleone A., Skousen J., McDonald L., Schuler J., Pomp J., French M., Williams R. Evaluation of small tree and shrub plantings on reclaimed surface mines in West Virginia. *J. of Amer. Soc. of Mining and Reclamation*. 2017. Vol. 6, № 1. P. 34-61.
285. Neuman D.S., Wagner M., Braatne J.H., Howe J. 1996. Stress Physiology – abiotic. In: *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*, Part II, Chap. 17, pp. 423-458.
286. Peakall R., Smouse P.E. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*. 2006. Vol. 6. pp.288–295. doi: 10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x
287. Price E.A.C., Marshall C. Clonal plants and environmental heterogeneity. An introduction to the proceedings. *Plant ecology*. 1999. 141. P. 3-7.
288. Slaton M.R., Smith W.K. Mesophyll architecture and cell exposure to intercellular air space in alpine, desert, and forest species. *International J. of Plant Sci.* 2002. V. 163. P. 937-948.
289. Smirnova O.V., Chistyakova A.A., Zaugolnova L.B., Evstigneev O.I., Popadiouk R.V., Romanovskii A.M. Ontogeny of a tree. *Ботанический журнал*. 1999. Т. 84. № 12. С. 8-19.
290. Tacey W., Glossop B.L. Assesment of topsoil handling techniques for rehabilitation of sites mined for Western Australia. *Journal Appl. Ecol.* 1980. № 1. P. 195-201.
291. Webber J. Greening the Black Country: The Work of the Midland Reafforesting Association in the Early Twentieth Century. *Arboricultural Journal*, vol. 31 (2008): 45-62.
292. Wellburn A. R. The spectral determination of chlorophyll *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrofotometers of different resolution. *Journal of plant physiology*. 1994. Vol. 144, Iss. 3. P. 307-313. DOI: 10.1016/S0176-1617(11)81192-2.497

ДОДАТОК А



ДОДАТОК Б

«ПОГОДЖЕНО»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Криворізького
ботанічного саду
НАН України
д.б.н., проф.

«

І. І. Коршиков

2024 р.

Проректор з наукової роботи
Криворізького державного
педагогічного університету,
д.б.н., проф.

В. А. Гаманюк

2024 р.

Акт

впровадження результатів науково-дослідної роботи

Організація: Криворізький державний педагогічний університет

Цим актом підтверджується, що результати виконаної у Криворізькому ботанічному саду НАН України асортацийної роботи Данилюк Н.М. на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук «Життєздатність видів роду *Populus* L. на залізистих ґрунтах Криворіжжя» впроваджені у навчальний процес на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Вид впровадження результатів: результати дослідження життєздатності представників роду *Populus* L. на промислових відвалах та в паркових насадженнях м. Кривий Ріг. Встановлено, що до найбільш стійких видів належать *P. deltoides*, *P. alba* і *P. italica*, які виростили зі спонтанно занесеного па відвалих пісіння. Для них характерна поверхнева розгалужена коренева система, а також утворення потовщених ділянок кореня – ксилоризомів, які є джерелом води та поживних речовин для нових кореневих орбітальних лагонів. Тополі в теплісних субстратах внаслідок поліваріаційності розвивають 6 життєвих форм: одностовбурне дерево, малю – і багаторостовбурне дерево аероксильного або геоксильного походження, куртиноутворююче дерево, яке відрізняється кількісними (кількість основних скелетних лагонів) і якісними (спосіб формування гіттині) ознаками. Це типова адаптивно-приспосувальна реакція тополь на жареткі лісогосподарні умови зростання, що сприяє утриманню ними певних екологічних ніш, підвищуючи стійкість видів у специфічних певних порушених землях. При цьому характерною реакцією на скотримальні умови існування є зменшення розмірів рослин, скорочення онтогенезу або вищадіння окремих його періодів, активне утворення додаткових коренів та швидка зміна скелетних осей.

Характеристика наслідку впровадження: одноразово.

Новизна результатів науково-дослідної роботи: якісно нові.

Форма впровадження: Результати досліджень впроваджені у навчальний процес на кафедрі ботаніки та екології при викладанні навчальних дисциплін «Урбоекологія», «Моніторинг довкілля», «Загальна екологія та екологія»: спеціальності 101 Екологія, а також «Рослинистє Криворіжжя» спеціальності 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини).

Завідувач кафедри
ботаніки та екології
к.б. н., старший викладач

М. В. Матенко

Науковий керівник,
д.б.н., професор

І. І. Коршиков