

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ КАРПАТ

ДАНИЛЬЧУК НАТАЛІЯ МИХАЙЛІВНА

УДК 581.1+581.4:582623:631.619 (477.63)

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

03.00.16 – екологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Львів – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі інтродукції та акліматизації рослин Криворізького ботанічного саду НАН України.

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Коршиков Іван Іванович,
Криворізький ботанічний сад
НАН України, директор

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, с.н.с.
Климишин Олександр Семенович,
професор кафедри екології та географії
Дрогобицького державного педагогічного університету
ім. Івана Франка

кандидат біологічних наук, доцент
Цайтлер Мирон Йосифович,
директор КНП «Бориславський центр екології,
туризму та сталого розвитку»

Захист відбудеться « » 2021 р. об « » годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К35.257.01 в Інституті екології Карпат НАН України за адресою: 79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту екології Карпат НАН України (79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4) та на сайті <http://www.ecoinst.org.ua/html/ct1.htm>

Автореферат розісланий «27» березня 2021 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради
кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник



І.М. Шпаківська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В Україні на сьогоднішній день залізорудні комбінати Криворіжжя залишаються потужними джерелами впливу на довкілля, що позначається на всіх екологічних системах і їх складових. Відсутність зімкнутого рослинного покриву на відвалах, площа яких у Криворіжжі становить близько 9 тис. га, а також наявність різних за фізико-хімічним і механічним складом порід призводить до утворення пилу та його перенесення вітром у житлові масиви населених пунктів. Природне відновлення рослинності на відвалах відбувається повільно. Нерідко деревні рослини стихійно поселяються на відвалах за рахунок насіння, занесеного з прилеглих насаджень. Для зменшення негативних наслідків впливу промислових відвалів на довкілля необхідною є рекультивація, що дозволяє у порівняно короткі терміни змінити природний хід перетворення техногенних ландшафтів у бажаному напрямку. Класичні роботи з рекультивації потребують перепланування поверхонь відвалів та нанесення шару ґрунту товщиною 30-40 см. Ці дороговартісні роботи в нинішній час майже не проводяться, тому актуальною є розробка методів сприяння природному заростанню відвалів (Коршиков, Красноштан, 2012). 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. Такий клон нерідко перевищує життєвість тих листяних деревних рослин, які не здатні утворювати кореневу порість на відвалах (Коршиков, Данильчук, 2008). Використовуючи особливості вегетативно рухливих видів до активного поширення на відвалах, можна змінити основи їх рекультивації, зокрема, виключити матеріально дуже затратний технічний етап. Дослідження вегетативної рухливості листяних порід та рівня їх життєздатності на залізорудних відвалах Криворіжжя проводилися фрагментарно, і тому вони важливі не лише з практичної точки зору, а і з наукової фундаментальної, оскільки дозволяють з'ясувати механізми адаптації рослин до екстремальних умов існування.

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 дослідження: визначити життєздатність аборигенних та інтродукованих видів роду *Populus* L. в екстремальних умовах залізородних 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 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 залізородних відвалах;
- дослідити специфіку росту видів тополь за різних умов зростання;
- розробити способи використання тополь в озелененні залізородних відвалів.

Об'єкт дослідження – процеси природного самозаростання залізородних 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, ботанічні, морфометричні, анатомічні, фізіологічні, хімічні та статистичні з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Наукова новизна отриманих результатів.

За результатами досліджень вперше:

- встановлено, що *P. deltoides* і *P. italica* є піонерними видами серед деревних порід, які заселяють залізородні відвали Криворіжжя після припинення їх відсіпки;
- 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 едафотопках 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-приспосувальною 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 рекультивації 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 залізородних 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); «Мат. XII з'їзду Українського ботанічного товариства» (Одеса, 2006); «Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва» (Кривий Ріг, 2006); «Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку» (Донецьк, 2007); «Проблеми збереження біорізноманіття в природних та техногенно порушених екосистемах» (Кривий Ріг, 2008); «Сучасні проблеми біології, екології та хімії» (Запоріжжя, 2012); «Інтродукція та досвід паркобудівництва в степовій зоні України» (Асканія-Нова, 2012); «Наукові основи збереження біотичної різноманітності» (Львів, 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. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, з яких чотири висвітлюють результати власних досліджень, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації – 165 сторінок. Дисертація містить 10 таблиць і 22 рисунки. До списку літератури включено 292 джерела, з яких 23 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В ЕКОЛОГІЧНО НЕСПРИЯТЛИВИХ УМОВАХ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ СТЕПОВИХ ТЕРИТОРІЙ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі наведено огляд і аналіз робіт з біологічної рекультивації породних відвалів степової зони України (Зверковский, 1999; Бровко, 2010; Узбек, 2001 та ін.) та закордонних досліджень в цьому напрямку (Heisdorf, 1972; Lowry et al., 1962; Кабрина, 2011 та ін.). Показано, що відвали характеризуються переважанням субстратів змішаного гранулометричного складу, значним збагаченням субстратів окислами заліза, надзвичайною жорсткістю термічного режиму та нестачею вологи, а також дуже низькими трофічними властивостями (Сафонова, Рева, 2009; Долина, 2015). Природне заростання відвалів та висока життєздатність деревних порід на їх поверхнях є проявом адаптивного потенціалу видів рослин у жорстких умовах існування (Коршиков, Терлыга, Бычков, 2002; Коршиков, Красноштан, 2012). Висвітлено екологічні аспекти самозаростання техногенно порушених земель, а також вплив штучних насаджень, прилеглих до відвалів, на процеси природного поширення рослин на техногенні землі (Мазур, 1997; Коршиков и др., 2012).

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Надано стислу характеристику рельєфу, ґрунтового покриву та кліматичних умов району досліджень, а також висвітлено особливості техногенних ландшафтів м. Кривий Ріг. Дослідження проводили на Першотравневому та Ганнівському відвалах ПрАТ «Північний ГЗК», Петрівському відвалі ПрАТ «Центральний ГЗК», а також в парку «Веселі Терни». Вибір, закладку та опис пробних ділянок проводили за загальноприйнятою методикою (Сукачов, 1972). Визначали місце зростання видів роду *Populus* L., їх площу, кількість рослин на облікових ділянках, вік рослин, їх висоту, середній діаметр стовбура на рівні 1,3 м, життєву форму та життєвий стан (Животовский, 1991). Для оцінки життєвого стану тополь використовували методику В.О. Алексеева (1990). При дослідженні морфоструктури кореневих систем тополь керувалися методичними розробками П.К. Красильникова (1960). Описи життєвих форм виконували з використанням спеціальної термінології та класифікації типів пагонів (Мазуренко, Хохряков, 1977; Чистякова, 1998; Недосеко, 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. Заугольнкової (1968), О.О. Чистякової (1978) та І.В. Полтінкіної (1985). Відбір проб ґрунту здійснювали за загальноприйнятими методами (Тихоненко та ін., 2009). Вміст важких металів у субстратах відвалу визначали з використанням методичних вказівок (1989). Визначення концентрації пігментів фотосинтетичного апарату проводили за Wellburn (1994). Дослідження особливостей анатомічної будови листків, коренів та ксилоризомів проводили на тимчасових препаратах за загальноприйнятими методами (Барыкина и др., 2000; Уткина, Бетехтина, 2009). Визначення біоморфометричних показників – загальноприйнятими методами (Доспехов, 1985; Бессонова, 2006). Повторність у межах окремого варіанту досліду

складала 10 рослин, аналітична повторність 4-кратна, біологічна повторність – 3-кратна. 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).

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

Тополі в паркових насадженнях м. Кривий Ріг. У 22 парках м. Кривий Ріг виявлено 8 видів і 1 гібрид тополь, серед яких найбільш поширені *P. bolleana* Lauche, *P. italica* (Du Roi) Moench, *P. nigra* (рис. 1).

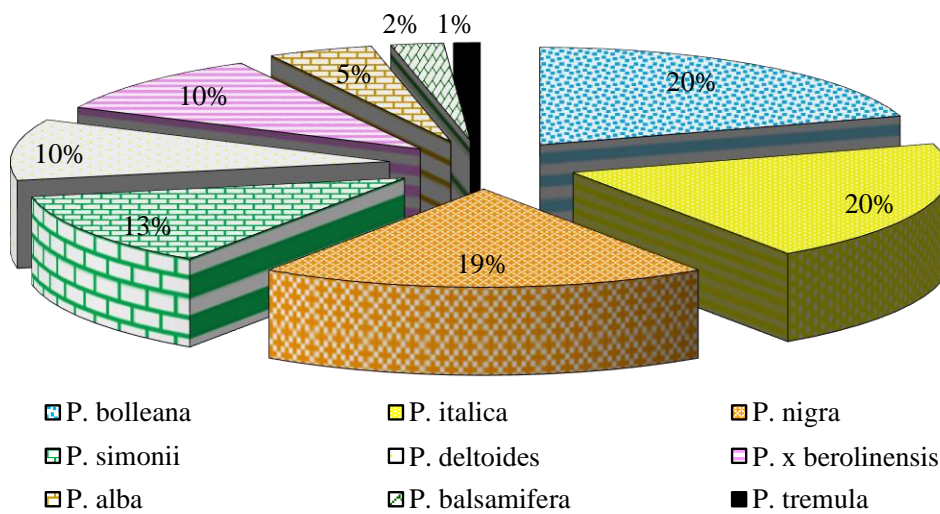


Рис. 1 Розподіл тополь за участю кожного виду в паркових насадженнях м. Кривий Ріг

В меншій кількості зростають *P. simonii* Carr., *P. deltooides* Marsh. і *P. x berolinensis* Dipp. та зовсім мало використані в озелененні *P. alba* L., *P. balsamifera* L. і *P. tremula*. Площа, зайнята тополевыми насадженнями в парках м. Кривий Ріг, становить 91,25 га або 27,3 % від сукупної площі. Вік найстаріших дерев *P. bolleana* понад 70-80 років. Переважають рослини 40-50-річного віку, а в окремих парках зустрічаються насадження 8-15 років. Життєвий стан рослин 1-2 бали, відмічене зниження щільності крони, ушкодження листків хлорозами, некрозами (табл. 1). У багатьох рослин *P. bolleana* в парках міста по досягненню 50-річного віку розвивається суховерхість, процеси відмирання у них переважають над ростовими процесами, що дає підставу вважати такий вік критичним для даного виду в міських насадженнях. *P. italica* – один з найбільш поширених видів тополь в 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. Максимальний вік *P. italica* в парках – 60-80 років (висота 20-24 м, діаметр стовбура 84-90 см). Життєвий стан дерев 1-2 бали, в окремих парках – 2-3 бали. У дерев 50-70-річного віку вже наявні ознаки відмирання.

На долю *P. nigra* в парках припадає 6,3 % від загальної площі паркових насаджень міста. Вік дерев цього виду 40-90 років. Життєвий стан всіх екземплярів оцінено в 1-2 бали. Це здорові або незначно ослаблені дерева з незначними ушкодженнями (до 30 %) листового апарату.

Таблиця 1

Біоекологічна характеристика тополь у паркових насадженнях м. Кривий Ріг

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

Примітка. од. – поодинокі дерева, ал. – алейні посадки, гр. – групові посадки, ряд. – рядові посадки

В насадженнях поблизу автодоріг або трамвайних колій виявлені сильно ослаблені дерева із загальним ушкодженням крони та листків до 60 % (життєвий стан 3 бали). Більшість дерев *P. alba* в парках представляють 40-50-річні посадки, що мають життєвий стан на рівні 2-3 балів. У них відмічене зниження густини крони, а також значна кількість листків з ознаками хлорозів, некрозів та опіків. У окремих екземплярів відмічене утворення кореневої порості внаслідок механічних ушкоджень стовбурів дерев. Найстаріші 100-річні дерева висотою 20-26 м з діаметром стовбура 90-120 см характеризуються кращим життєвим станом у порівнянні з насадженнями меншого віку. *P. deltoides* найчастіше використаний в рядових посадках. Виявлені дерева 20-35 років та 50-70 років. У більшості парках життєвий стан дерев *P. deltoides* становить 1 бал, лише в декількох паркових насадженнях відмічене зниження життєвого стану внаслідок зменшення густини крони та наявності до 50 % ушкоджень листового апарату. Серед мало поширених в паркових насадженнях м. Кривий Ріг *P. simonii*, *P. x berolinensis*, *P. balsamifera* і *P. tremula*, які є досить декоративні та стійкі в умовах промислового міста. Життєвий стан дерев зазначених видів в парках оцінено 1-2 балами. На сьогодні насадження переважно досягли критичного віку і не в змозі виконувати захисні та декоративні функції.

Розповсюдженість тополь на поверхнях техногенних новоутворень Криворіжжя. Лімітуючими факторами щодо поселення і росту рослин на відвалах є щільність субстратів, наявність токсичних солей і низька водоутримуюча здатність, дефіцит азоту, фосфору і органічних речовин. Природне заростання відвалів залежить, в свою чергу, від біологічних властивостей рослин. На техногенних новоутвореннях Криворіжжя тополі є найбільш поширеними у порівнянні з іншими видами листяних деревних порід і виступають піонерними породами. На поверхнях відвалів виявлено 6 видів і 1 гібрид роду *Populus*. На розрівнених ділянках відвалів з

метою їх рекультивациі свого часу були висаджені *P. bolleana*, *P. x berolinensis*, *P. simonii*. Найбільш поширеними на техногенних новоутвореннях є *P. deltoides*, *P. italica* та *P. alba*, які мають анемохорне походження та зростають на всіх типах субстратів, незалежно від наявності травостою та великих уламків породи (табл. 2).

Таблиця 2

Види роду *Populus L.* з різною частотою трапляння на відвалах Криворіжжя

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

На скельних схилах відвалів в місцях змиву ґрунту відмічені поодинокі випадки насінневого відновлення *P. deltoides*, *P. italica* і *P. alba*. Особини віком понад 15 років інтенсивно розмножуються кореневими паростками, здебільшого на суглинкових і щербенистих ділянках відвалів. 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. Висота таких дерев зазвичай не перевищує сягає 15 м (табл. 3). Також відмічене уповільнення росту дерев на відвалах у більш ранньому віці порівняно з насадженнями парків.

Таблиця 3

Біоекологічна характеристика тополь, зростаючих на відвалах Криворіжжя

Вид	Висота, м	Діаметр стовбура, см	Вік, років		Наявність порості
			Сповільнення росту	Ознаки відмирання	
<i>P. alba</i>	3-15	4-12	15-20	30-40	+++
<i>P. x berolinensis</i>	9-12	14-25	25-30	35-40	–
<i>P. bolleana</i>	8-12	3-16	20-30	30-40	+
<i>P. deltoides</i>	8-13	4-23	10-15	15-20	++
<i>P. italica</i>	5-12	9-24	10-20	30-35	+++
<i>P. simonii</i>	5-8	6-12	7-10	15-20	–
<i>P. tremula</i>	3-7	2-11	10-15	20-25	+++

Примітка. «+» – слабе утворення кореневої порості, «++» – помірне утворення порості, «+++» – ясне щорічне пагоноутворення, «–» – відсутність кореневої порості

Майже для всіх видів тополь на відвалах характерне щорічне утворення нових вегетативних пагонів, що сприяє дифузному розростанню виду по поверхні субстрату. Локальна щільність зростання пагонів на кам'янистому субстраті становить 12-25 шт./м², на більш пухких суглинистих субстратах – 15-30 шт./м².

Життєвий стан майже всіх різновікових особин становить 1-2 бали. Крона не характерна як для дерев з природних місцезростань, дорослі рослини мають вигляд багатостовбурних дерев або кущів (рис. 2).

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 часто гинуть внаслідок розриву коріння та відокремлення їх від материнської особини. *P. alba*, незважаючи на швидку втрату схожості насіння, успішно розвивається на відвалах в пониженнях, поглибленнях, невеликих виїмках на бермах або верхніх плато, формуючи в процесі онтоморфогенезу видозмінену життєву форму.



А

Б

В

Рис. 2. Види роду *Populus* L. на залізорудних відвалах: А, Б – *P. italica*, В – *P. alba*

P. deltoides поселяється природним шляхом на відкритих ділянках відвалу з дрібною фракцією породи. Вік найстаріших особин 20-25 років, життєвий стан – 2-3 бали. 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 досягнувши генеративної фази розвитку. *P. tremula* на залізорудних відвалах Криворіжжя поширений мало. Вік материнських особин 10-15 років, життєвий стан – 1 бал. На відвалах *P. tremula* також відрізняється вегетативною рухливістю, утворюючи щорічно кореневі паростки. Рекультивацийні посадки *P. berolinensis*, *P. bolleana* та *P. simonii* збереглися на окремих ділянках відвалів. Життєвий стан дерев зазначених видів знижений, майже всі особини досягли свого критичного віку.

В ході свого росту та розвитку в складних екологічних умовах відвалів тополі пристосовуються до впливу несприятливих факторів середовища, наслідком чого є видозмінена життєва форма. Замість характерної для дерев одноствовбурної форми, тополі зростають у вигляді куща або багатостовбурного дерева. Кущі за морфометричними показниками значно поступаються деревам. Їх висота і діаметр крони у 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. Має місце неповний або незавершений онтогенез, коли рослини не проходять всі вікові етапи і відмирають у тому віковому стані, якого вони досягли. *P. deltoides* та *P. simonii* часто не досягають репродуктивної фази розвитку і відмирають, не даючи насінневого або вегетативного потомства. Крім того, цим видам також властиве виключення репродуктивної фази розвитку і перехід від віргінільного до субсенільного вікового стану.

ВЕГЕТАТИВНА РУХЛИВІСТЬ ТОПОЛЬ НА ВІДВАЛАХ ТА У МАЛОПОРУШЕНИХ ПРИРОДНИХ ЕКОТОПАХ

Залізородні відвали Кривбасу, з екологічної точки зору, є специфічними техногенними місцезростаннями рослин. Вони відрізняються досить високою неоднорідністю едафотопів, більшість з яких несприятливі, а часто і недоступні для росту і розвитку деревних порід.

Адаптивні зміни у морфоструктурі кореневої системи вегетативно рухомих тополь в умовах залізородних відвалів. Впродовж життєвого циклу на відвалах у тополь змінюються процеси формоутворення і зростає різноманітність життєвих форм. Так, *P. italica*, *P. alba*, і в меншій мірі *P. deltoides* і *P. tremula* впродовж онтоморфогенезу формують життєві форми одноствовбурного дерева, мало- і багатостовбурного дерева або куща, куртиноутворюючого, або довгоксилоризомного дерева.

Одноствовбурні дерева вказаних видів тополь становлять лише 10-15 % від загальної кількості досліджених особин. В більшості випадків це дерева насінневого 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 (рис. 3).



А



Б

Рис. 3. Малостовбурне дерево (А) та багатостовбурне дерево (Б) *Populus italica*

Між собою ці форми відрізняються кількістю скелетних осей і їх характеристиками. Малостовбурні форми складаються з 2-3 близьких за діаметром стовбурів, багатостовбурні – з 7-15. Впродовж життєвого циклу кількість пагонів у багатостовбурних форм може змінюватися. В залежності від походження скелетних пагонів мало- і багатостовбурні дерева належать до аероксильного або геоксильного типу (рис. 4).

У особин аероксильного типу стовбурці розташовані компактно і майже не утворюють додаткових коренів. Геоксильні дерева формуються внаслідок утворення нових пагонів зі сплячих бруньок, розміщених нижче рівня субстрату. Кожне геоксильне дерево може утворювати власну систему додаткових коренів, що сприяє вегетативній рухливості таких дерев.

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.



А



Б

Рис. 4. Типи багатостовбурних дерев *Populus italica* за походженням скелетних пагонів: А – аероксильне дерево-кущ, Б – геоксильне дерево-кущ

Зі сплячих бруньок ксилоризому утворюються ортотропно- і плагіотропно зростаючі пагони. В останньому випадку формується потужний розгалужений ксилоризом (рис. 5). При розвитку ортотропних пагонів на ксилоризомі, які часто розміщені на відстані до 1,5 м один від одного, формується довгосилоризомне дерево, що характерне для *P. italica*. У *P. alba* ксилоризом менш потужний, менший в діаметрі та більш гнучкий, тому цей вид формує життєву форму куртиноутворюючого дерева з дифузно поширеними по площі відвалу стовбурами.



Рис. 5. Потужний ксилоризом *Populus italica* на поверхні відвалу

Площі куртин становлять 90-450 м² і варіюють в залежності від місця розташування на відвалі та субстрату (рис. 6). Кількість парціальних утворень у куртиноутворюючого дерева збільшується в процесі пагоноутворення. 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.

Суглинки

Кварцит

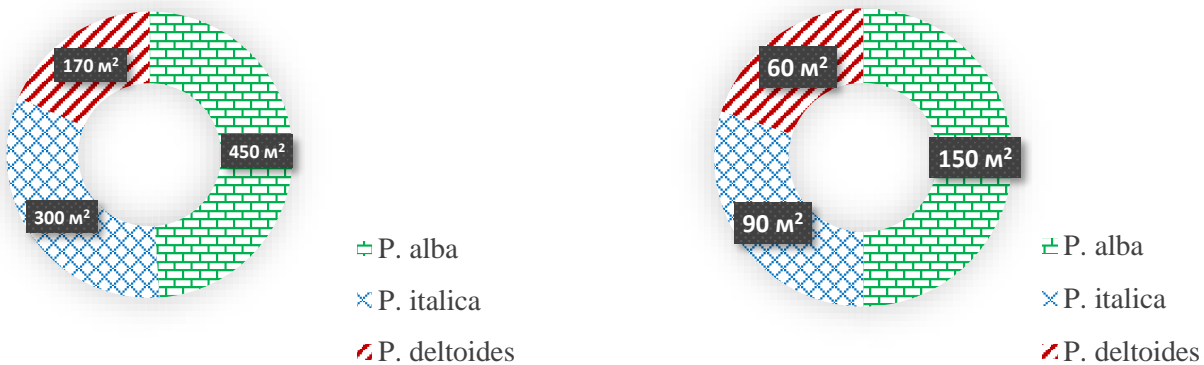


Рис. 6. Розміри площ, зайнятих одним куртиноутворюючим деревом тополь на різних субстратах відвалів

В умовах відвалів *P. deltoides* характеризується низькою життєздатністю, формуючи життєву форму аероксильне низькоштамбове дерево-кущ. 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 та недовговічність. На окремих ділянках відвалів рослини віком 10-15 років повністю всихають, маючи при цьому висоту 1,8-2,5 м. На ділянках з кварцитом у складі великих куртин кількість кореневих паростків у середньому у 4,7 рази менша, ніж в аналогічних куртинах на суглинистих або змішаних субстратах (рис. 7).

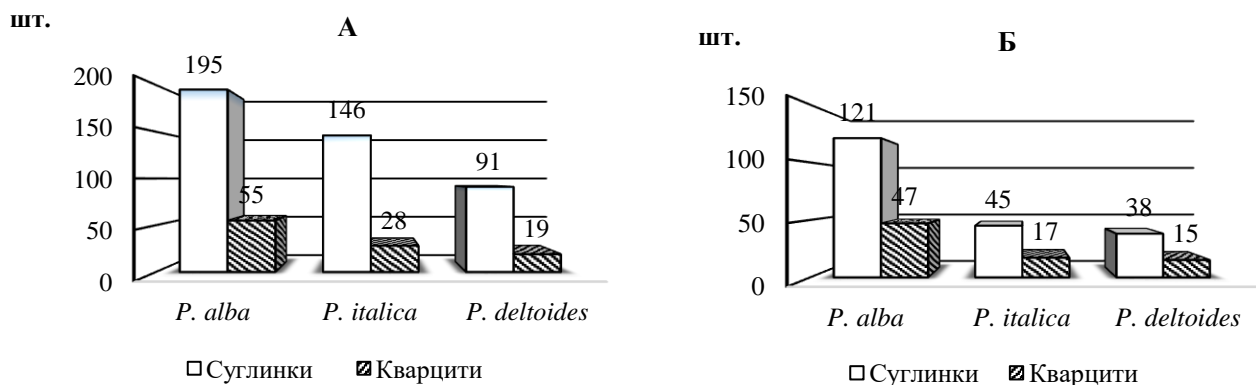


Рис. 7. Кількість кореневих паростків у складі куртиноутворюючих дерев видів роду *Populus* L. на відвалах в залежності від розмірів куртин та субстрату: А – площа куртин понад 170 м², Б – площа куртин не більше 100 м²

Особливості анатомічної будови кореня тополь, зростаючих на відвалах гірничозбагачувальних комбінатів. На поперечному зрізі кореня тополі виділено три основні зони: ризодерма, первинна кора і центральний осьовий циліндр. Ризодерма представлена одним шаром клітин епіблеми. Найбільш розвиненою є первинна кора, 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.

Мезодерма складається з живих паренхімних клітин. Внутрішній однорядний шар первинної кори представлений ендодермою. 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. В анатомічній будові кореня тополь спостерігається перехід від первинної будови кореня до вторинної, що також характерно для дерев у сприятливих місцезростаннях. Процес вторинних змін починається з появи прошарків камбію під ділянками первинної флоєми, всередину від неї. Камбій виникає зі слабо диференційованої паренхіми центрального циліндру (рис. 8). Між променями первинної ксилеми з клітин прокампбію утворюються дуги камбію, що замикаються на перициклі.

Перицикл частково формує камбій і феллоген. Камбіальні ділянки, що виникли з перициклу, утворюють паренхімні клітини серцевинних променів.

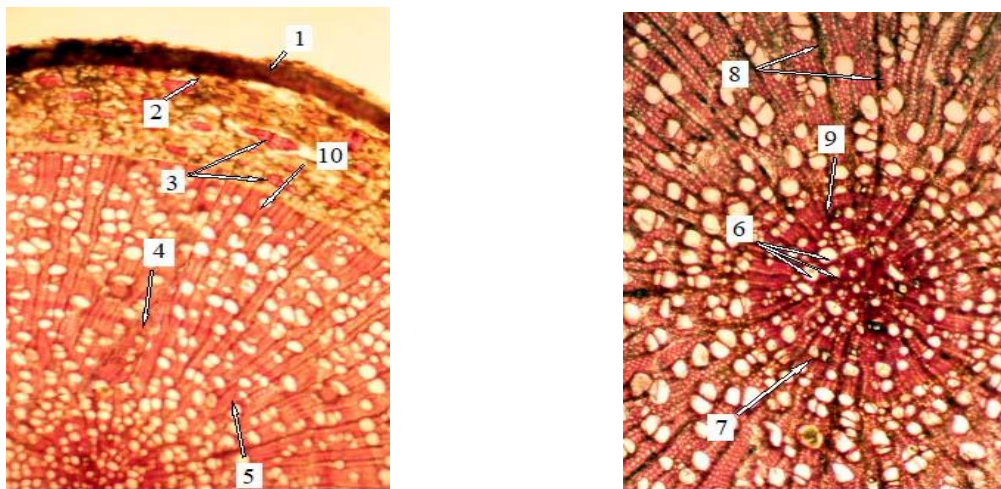


Рис. 8. Поперечний зріз кореня 2-річного проростку *Populus alba* зі здатністю до вторинного росту: 1 – кора, 2 – перидерма, 3 – метамери твердого лубу, 4 – камбій, 5 – деревина, 6 – метаксилема, 7 – центральний осьовий циліндр, 8 – промені первинної ксилеми, 9 – протофлоема, 10 – перицикл

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 числу променів первинної ксилеми. Комплекс тканин зовні від камбію і є вторинною корою.

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. 9).

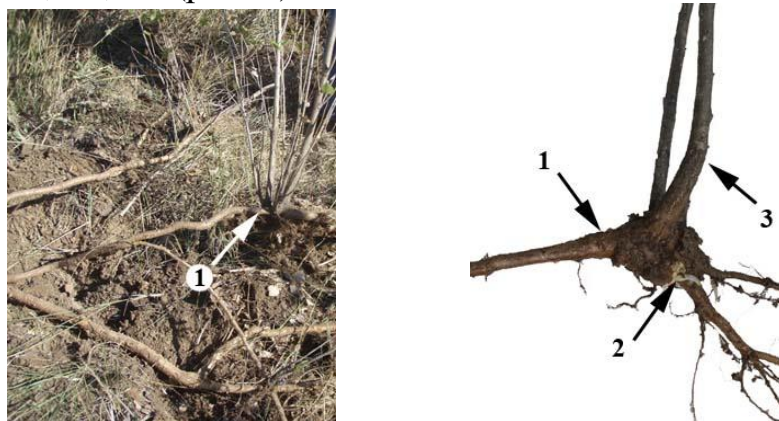


Рис. 9. Розгалужений ксилоризом *Populus italica*: 1 – місце утворення нових пагонів на ксилоризомі; 2 – додаткові бруньки; 3 – ортотропний пагін

В умовах залізородних відвалів *P. italica* і *P. alba*, як найбільш стійкі види, формують поверхневу кореневу систему, що поширюється за межі проекції крони. З

часом частина підземного кореня зазнає лігніфікації, потовщується, накопичуючи воду та поживні речовини. На таких ділянках з додаткових бруньок утворюються нові пагони, внаслідок чого збільшуються площі субстрату, що утримуються коренями. В ході досліджень анатомічної будови дворічного ксилоризому *P. italica* було встановлено, що додаткові бруньки формуються в перициклі кореня (рис. 10).

Ксилоризом має ділянку меристематичної активності, де і відбувається органогенез: ризогенез і 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 підвищенню регенераційної

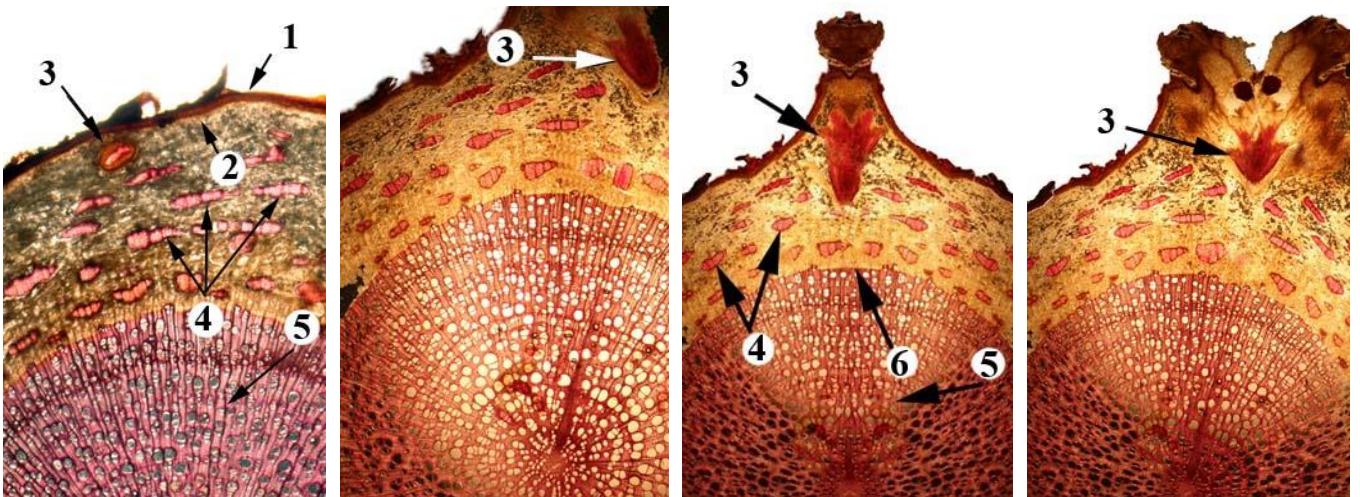


Рис. 10. Анатомічна будова ксилоризому *Populus italica*: а – місце закладання придаткової бруньки; б – розвиток придаткової бруньки; в – місце виходу придаткової бруньки; г – прорив придаткової бруньки; 1 – кора, 2 – перидерма, 3 – додаткова брунька, 4 – метамери твердого лубу, 5 – центральний осьовий циліндр, 6 – перицикл.

здатності досліджуваних видів роду *Populus* L. в умовах залізородних відвалів Криворіжжя. Саме ця особливість здрев'янілого кореневища може бути використана для сприяння процесам самозаростання техногенно порушених земель.

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

Вміст пігментів фотосинтезу у листках тополь за різних умов зростання. Адаптація рослин до нових умов зростання пов'язана з перебудовами їх листового апарату, що обумовлено певними змінами пігментної системи та анатомічної будови асиміляційних органів. Вміст суми хлорофілів *a* і *b* в листках *P. alba* в умовах відвалів зменшується в 1,2 і 1,6 рази, в той час як у *P. deltoides* і *P. italica* і – до 3 разів (рис. 11).

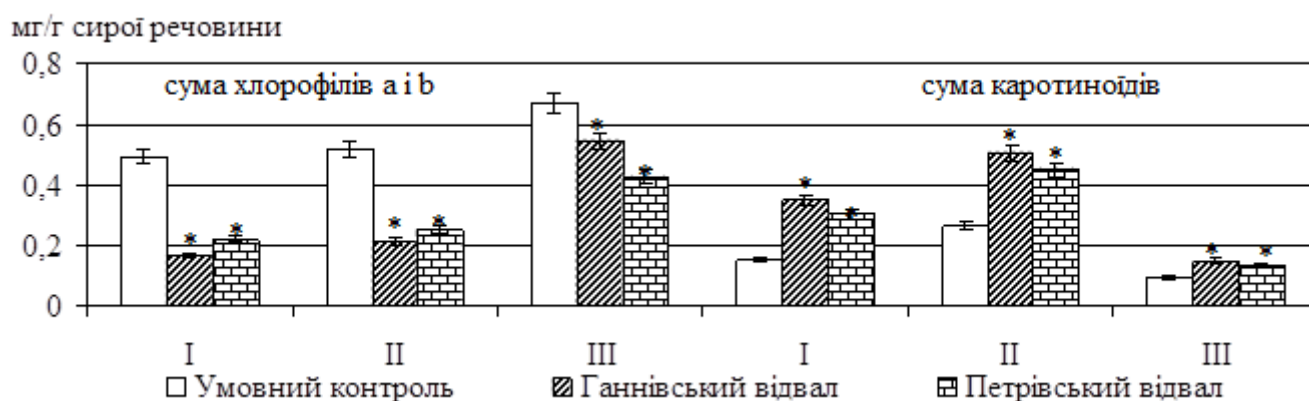


Рис. 11 – Реакція асиміляційного апарату видів тополь за різних умов зростання.

Загальний вміст каротиноїдів в листках *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 насадженнями парку. Виявлена 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.

Вплив екологічних умов залізорудних відвалів на анатомічну будову листка тополь. 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 % (табл. 4).

В умовах Ганнівського відвалу 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 парку.

Таблиця 4

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

Показник	Парк «Веселі Терни»	Ганнівський відвал	Петрівський відвал
<i>P. italica</i>			
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 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 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

Аналогічні закономірності відбуваються зі зміною товщини губчастої паренхіми. Однією з особливостей адаптивних реакцій тополь є збільшення кількості продихів на листку за умов впливу негативних факторів середовища (рис. 12). Так, на субстратах відвалу у *P. deltoides* їх кількість на абаксильній поверхні листка збільшується в 1,5 рази порівняно з деревами, зростаючими в парках.

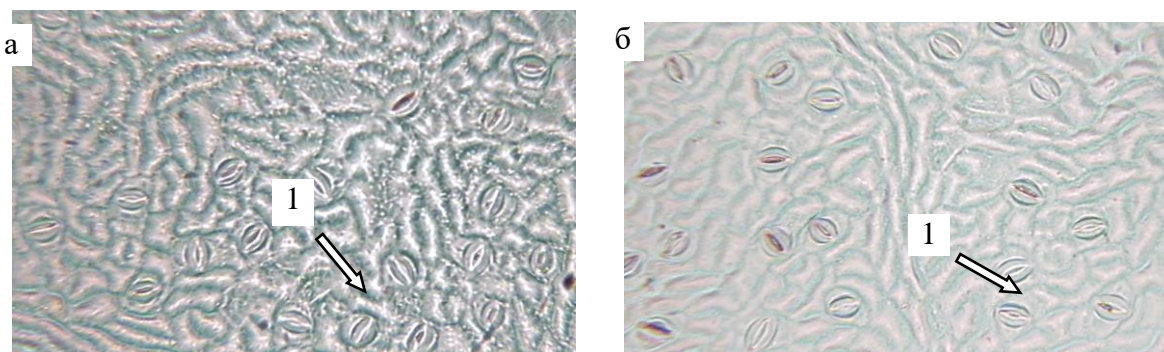


Рис. 12. Кількісні зміни продихів на абаксильній поверхні листка *Populus deltoides* (а, б – х40): а – паркові насадження, б – відвал; 1 – продихи.

Саме *P. deltoides* в умовах відвалів проявив себе як вид з низьким рівнем екологічної пластичності та життєздатності. У виду з високою життєздатністю *P. alba* за умов Ганнівського відвалу товщина палісадної паренхіми зменшується до 10 %, а кількість продихів збільшується до 15 %, тоді як у тополь з меншою життєздатністю *P. italica* і *P. deltoides* – відповідно в 1,3 та 1,5 рази.

РІСТ ВИДІВ РОДУ *POPULUS* L. В УМОВАХ КРИВОРІЗЖЯ

Найбільший приріст річного пагону виявлено у дерев на чорноземі в парку «Веселі Терни». На відвальних субстратах – у *P. italica*. Причому 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 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. Для аналізу змін облиствленості річних пагонів тополь були встановлені 3 градації довжини листків: 1 – до 5 см, 2 – від 5 до 10 см, 3 – більше 10 см, а також підрахована кількість листків в кожній з градацій. Зменшення облиствленості пагону тополь на відвалах пов'язане зі збільшенням кількості дрібних листків та зменшенням – середніх і великих. На відвалах у *P. alba* кількість найменших листків збільшується лише на 13-17 %, а у *P. italica* і *P. deltoides* – у 1,7 рази порівняно з чорноземом. Кількість середніх листків (2 градації) у *P. alba* в едофотопах відвалів зменшується на 12-23%, у *P. italica* і *P. deltoides* – в 1,3-1,6 рази. Кількість листків 3 градації найсуттєвіше зменшується у *P. deltoides* (в 3,2 рази) на ділянках, складених кварцитами, тоді як у *P. alba* і *P. italica* за аналогічних субстратів – лише у 2,2 рази порівняно з деревами парку. Аналогічні тенденції спостерігаються і зі зміною ваги листків за градаціями.

ВИСНОВКИ

Таким чином, багаторічні маршрутно-експедиційні дослідження видового різноманіття і життєздатності листяних деревних рослин на залізорудних відвалах Криворіжжя показали, що до найбільш стійких видів належать *P. alba*, *P. italica* і *P. deltoides*, які першими заселяють техногенні ландшафти та значно покращують властивості субстратів внаслідок швидкого розвитку біомаси.

1. Дослідження видів роду *Populus* 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 відвалах найбільш поширеними є *P. italica*, *P. deltoides* і *P. alba*.
2. 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 підвищенню 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 продихів 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 обрубвання лопатою коренів 3-4-річної кореневої порослі весною на місці її зростання біля материнських дерев.

Список публікацій, в яких опубліковані основні 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. **IJFACTOR** (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 року). – 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.**, Федоровський 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-отвальных комплексах Криворожья // Інтродукція рослин. – 2018. – № 1 (77). – С. 50–58. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*).
11. **Данильчук Н.М.**, Данильчук О.В. Особливості сезонної динаміки водообмінних процесів видів роду *Populus* L. у зв'язку з їх посухостійкістю // Інтродукція рослин. – 2018. – № 3. – С. 92–101. (*Особистий внесок: виконання польових досліджень, обробка отриманих результатів, написання статті*).

Патенти:

12. Коршиков І.І., **Данильчук Н.М.**, Красноштан О.В. Спосіб використання тополі білої в рекультивациі залізородних відвалів Криворіжжя: пат. 107061 Україна. № u 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 І.І. Природне відновлення видів роду *Populus* L. на залізородних відвалах 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 железородных 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 железородном 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 залізородних 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. (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: мат. 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* 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).

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.

Визначено та проаналізовано життєздатність видів роду *Populus* L. на залізорудних відвалах та в паркових насадженнях Криворіжжя. Показано, що найбільш поширеними серед тополь в насадженнях парків є *P. bolleana* Lauche, *P. italica* (Du Roi) Moench та *P. nigra*. Встановлено зниження життєвого стану тополь в парках внаслідок збільшення абсолютного віку дерев та через часті механічні ушкодження та хвороби, що прискорює процеси їх відмирання. Крім того, останніми роками майже не проводяться доглядні роботи за парковими насадженнями.

На відвалах Криворіжжя тополі найбільш поширені у порівнянні з іншими видами листяних деревних порід і виступають піонерними породами. Серед виявлених на відвалах 6 видів і 1 гібриду роду *Populus* найбільші площі займають *P. italica*, *P. deltoides* і *P. alba* анемохорного походження. Коренева система тополь на відвалах змінює свою морфоструктуру, внаслідок чого тополі формують 6 життєвих форм, найбільш поширеною серед яких є форма куртиноутворюючого дерева. Встановлено, що утворення ксилоризому є адаптивно важливим пристосуванням у тополь на залізорудних відвалах, що сприяє збереженню кількісної чисельності особин на неотехногенних поверхнях. Встановлені зміни у накопиченні основних пігментів фотосинтезу у тополь за різних умов зростання, а також в анатомічній будові листка та кореня свідчать про активацію пристосувальних реакцій рослинного організму до зростання в складних, часто екстремальних, екологічних умовах відвалів.

Ключові слова: *Populus alba*, *P. italica*, *P. deltoides*, життєві форми, ксилоризом, облиствленість, залізорудні відвали, Криворіжжя.

ANNOTATION

Danilchuk NM 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*, *P. italica* 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. Among the 6 species and 1 hybrid of the genus *Populus* found on the dumps, the most common are *P. italica*, *P. deltoides* and *P. alba*, which have anemochoric origin.

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. *P. italica*, *P. alba*, and *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 Kryvvi Rih. 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 Kryvvi 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.

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.