

С. А. СИТНИК

**БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ
ПОТЕНЦІАЛ ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA*
PSEUDOACACIA L.
СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

Корсунь-Шевченківський
Видавець І.С. Майдаченко
2021

УДК 630.5.633.875.2:581.524:519.87(477:292.481)

C95

Науковий редактор – **Лакида Петро Іванович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України, директор навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України

Рецензенти:

Василишин Роман Дмитрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор НДІ лісівництва та декоративного садівництва, професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту.

Грицан Юрій Іванович, доктор біологічних наук, професор, проректор з наукової та іноваційної діяльності, професор кафедри екології Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Черневий Юрій Іванович, доктор біологічних наук, директор Прикарпатського фахового коледжу лісового господарства та туризму.

Рекомендовано до опублікування вченою радою Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол № 10 від 25 листопада 2021 р.)

Ситник С. А.

C95 Біопродуктивність та екологічний потенціал деревостанів *Robinia pseudoacacia* L. степової зони України. Монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.С., 2021. – 487 с.

УДК 630.5.633.875.2:581.524:519.87(477:292.481)

ISBN 978-966-8302-86-2

© Ситник С. А., 2021

ВСТУП

Зміни глобальних біосферних процесів, спричинені антропоцентричним принципом користування природними ресурсами, спонукають розглядати лісові екосистеми як головні елементи системи стабілізації стану довкілля. Без втручання в існуючі урбо- та агроекосистеми у масштабі біосфери можливо заліснити до 0,9 млрд га, що дозволить секвеструвати до 205 Гт вуглецю («Доповідь міжурядової групи експертів ООН зі зміни клімату», 2019).

Оцінювання середовищевірних та екосистемних функцій лісів має ґрунтуватися на визначенні біотичної продуктивності лісів. Вагомі напрацювання у дослідженні біопродуктивності й екосистемних функцій лісів України викладено у фундаментальних наукових роботах П. І. Лакиди (2002, 2013), С. І. Миклуша (2007), А. М. Білоуса (2016), Р. Д. Василичина (2016). Значним виявився внесок у розроблення системи оцінювання вуглецевого балансу лісового сектору держави українських лісівників, серед яких виокремлюються А. З. Швиденко (1987), П. І. Лакида (2001, 2013), В. П. Пастернак, І. Ф. Букша (2003), І. М. Шпаківська (2009).

Сьогодні в Україні накопичено нормативно-довідкові матеріали оцінювання надземної фітомаси основних лісотвірних видів лісів Українських Карпат, Полісся, Лісостепу. Водночас, дослідження біопродуктивності лісових насаджень у природній зоні степу залишаються фрагментарними й неповними. Найнижчий показник лісистості – 4,6 %, за науково обґрунтованого оптимального значення 8–10 % (Ткач В. П., 2012), структура лісів лісо-господарської області Байрачного степу, незначне різноманіття деревних лісотвірних видів, масштаби техногенної трансформації природних ландшафтів й емісій поллютантів свідчать про необхідність запровадження принципів сталого розвитку при веденні лісового господарства. Зазначене потребує відповідного наукового супроводу, оскільки лісові фітоценози характеризуються складною структурою та функціями, вплив на які без відповідного обґрунтування може викликати незворотні деструктивні процеси в екосистемах.

Саме тому актуальним завданням постає створення інформаційно-довідкової бази оцінювання біопродуктивності для регіональних лісових насаджень Байрачного степу. Вирішення цієї прикладної проблематики надасть можливість ґрунтовно вирішувати питання, пов'язані з проведенням екологічного моніторингу лісів та задовольняти інформаційні запити, які виникають під час вирішення багатьох енергетичних та екологічних проблем регіону.

Більш як сторічна історія використання робінії несправжньоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) у Байрачному степу України для цілей протиерозійного захисту ґрунтів та лісової рекультивації техногенно трансформованих ландшафтів довела доцільність функціонування робінієвих лісостанів у степовій природній зоні. Необхідність розвитку напрямів еколого-економічної ефективності лісокористування у Байрачному степу зумовили вибір теми, мети та завдань дослідження.

У зв'язку з викладеним, розроблення та впровадження системи математичних моделей для оцінювання біотичної продуктивності й екосистемних функцій, які забезпечують робінієві лісонасадження у Байрачному степу України, є актуальним механізмом реалізації принципів збалансованого ведення лісового господарства.

Мета дослідження – оцінювання біотичної продуктивності, екологічного й енергетичного потенціалу робінієвих деревостанів лісів Байрачного степу України.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

– дослідити відповідність ведення лісового господарства Гельсінським критеріям сталого розвитку у Байрачному степу України на регіональному рівні управління;

– визначити таксаційну структуру робінієвих насаджень на основі даних бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів»;

– розробити систему математичних моделей для розрахунку якісних показників структурних компонентів стовбура й крони дерев робінії несправжньоакації;

– оцінити біотичну продуктивність дерев та деревостанів робінії несправжньоакації на основі математичних залежностей розрахунку фітомаси структурних компонентів;

– розробити алгоритм оцінювання продукції фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів та здійснити розрахунок її річного продукування у насадженнях лісогосподарської області Байрачного степу України;

– оцінити екосистемні функції робінієвих деревостанів – вуглеце-депонування, киснепродуктивність, акумулювання неорганічних контамінантів;

– визначити енергетичну функцію робінієвих деревостанів і встановити параметри термодеструкції фітомаси стовбурів дерев.

Об'єкт дослідження – процеси нагромадження надземної фітомаси у деревостанах Байрачного степу України та їхній біотичний потенціал.

Предмет дослідження – біопродуктивність та екосистемні функції робінієвих деревостанів Байрачного степу України.

Дослідження виконано з використанням загальнонаукових і спеціальних методів лісової таксації та біометрії. Збір дослідного матеріалу базувався на методах аналізу та синтезу даних, спостереженні, порівнянні, вимірюванні.

Пошук та узагальнення взаємозв'язків біометричних показників дерев і деревостанів, розроблення математичних моделей інтегрувало підходи кореляційного й дисперсійного аналізів та методів математичного моделювання. Підбір параметрів математичних моделей у статистичній програмі IBM SPSS Statistics 23 базувався на методах описової статистики та нелінійної мінімізації суми квадратів відхилень. Точність й адекватність розроблених математичних регресійних моделей перевірено з використанням статистичних критеріїв (коефіцієнта детермінації – R^2 , F -критерію Фішера, t -критерію Стьюдента, аналізу розподілу залишків математичних рівнянь).

Наукова новизна одержаних результатів. На засадах системного підходу, базуючись на репрезентативному експериментальному матеріалі, зібраному за адаптованою лісотаксаційною методикою з використанням математико-статистичного інструментарію, досліджено біотичну продуктивність робінієвих деревостанів лісогосподарської області Байрачного степу України:

вперше:

– проаналізовано діяльність державних лісогосподарських підприємств Байрачного степу України на відповідність Гельсінським критеріям сталого управління лісами;

– визначено природну й базисну щільність компонентів фітомаси стовбурів та крон дерев робінії несправжньоакації;

– розроблено систему математичних моделей оцінювання надземної фітомаси структурних компонентів дерев і деревостанів робінії несправжньо-акації у статистиці та їх річної продукції;

– розраховано конверсійні коефіцієнти компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів;

– оцінено обсяги надземної фітомаси, річної продукції та стік вуглецю робінієвими деревостанами у лісах, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України у Дніпропетровській області;

– розроблено інформаційно-довідкові дані фракційного складу надземної фітомаси дерев та деревостанів робінії несправжньоакації у лісогосподарській області Байрачного степу України;

– оцінено акумуляцію неорганічних металічних контамінантів у фітомасі деревини та кори стовбурів, листі й плодах дерев робінії несправжньоакації в умовах поліелементного забруднення ґрунту;

– побудовано картографічні матеріали акумуляції металів – Кадмію, Плюмбуму, Купруму, Мангану, Цинку та Нікелю у асиміляційній складовій робінієвих деревостанів у лісах Дніпропетровської області;

– отримано показники термодеструкції (теплові ефекти, енергія активації, енергоємність) фітомаси деревини та кори стовбурів дерев робінії несправжньо-акації;

– оцінено енергетичну функцію робінієвих деревостанів.

обґрунтовано:

– математичне забезпечення розрахунку обсягів структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів;

– алгоритм оцінювання річної продукції структурних компонентів надземної частини робінієвих деревостанів;

подальший розвиток набули теоретичні й практичні методи розроблення інформаційно-довідкових даних надземної фітомаси та продукції робінієвих деревостанів на основі математичних моделей.

Практичне значення одержаних результатів. Для використання у практиці ведення лісового господарства у зоні Байрачного степу пропонуються:

– математичні моделі для розрахунку середньої базисної і природної щільності компонентів стовбурів та крони дерев робінії несправжньоакації;

– інформаційно-довідкові дані структурних компонентів надземної фітомаси дерев та деревостанів робінії несправжньоакації;

– алгоритм оцінювання річної продукції надземної частини робінієвих деревостанів.

Компетентним органам у сфері моніторингу й охорони навколишнього природного середовища Дніпропетровської області запропоновано:

– карти акумулювання металічних елементів – головних складових техногенних емісій у асиміляційній складовій фітомаси робінієвих деревостанів;

– картографічний матеріал градієнтного розподілу річної продукції та депонованого вуглецю у робінієвих деревостанах за лісогосподарськими підприємствами Державного агентства лісових ресурсів України та адміністративними районами Дніпропетровської області.

Результати дослідження впроваджено у виробничу діяльність лісогосподарських підприємств Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

a – вік дерева, роки;

h – висота дерева, м;

d – діаметр стовбура дерева на висоті 1,3 м, см;

v – об'єм стовбура у корі дерева; м³;

$v_{\text{ок}}$ – об'єм стовбура дерева без кори, м³;

$v_{\text{к}}$ – об'єм кори стовбура дерева, м³;

$q_{\text{д}}^{\text{см}}$ – фітомаса деревини стовбура дерева, кг;

$q_{\text{к}}^{\text{см}}$ – фітомаса кори стовбура дерева, кг;

$q_{\text{д}}^{\text{см}}$ – фітомаса деревини стовбура у корі дерева, кг;

$d_{\text{кр}}$ – діаметр проекції крони дерева, м;

$l_{\text{кр}}$ – протяжність крони дерева, м;

$s_{\text{кр}}$ – площа бічної поверхні крони,

$q_{\text{гіл}}$ – фітомаса гілок у корі крони дерева у абсолютно сухому стані, кг;

$q_{\text{гіл1}}$ – фітомаса грубих гілок крони у корі дерева у свіжозрубаному стані, кг;

$q_{\text{гіл2}}$ – фітомаса грубих гілок крони у корі дерева у абсолютно сухому стані, кг;

$q_{\text{гіл3}}$ – фітомаса гілок крони дерева з фракції деревної зелені у абсолютно сухому стані, кг

$q_{\text{д}}^{\text{гіл}}$ – фітомаса деревини грубих гілок у свіжозрубаному стані, кг;

$q_{\text{д}}^{\text{гіл1}}$ – фітомаса деревини грубих гілок у абсолютно сухому стані, кг;

$q_{\text{к}}^{\text{гіл}}$ – фітомаса кори грубих гілок у свіжозрубаному стані, кг

$q_{\text{к}}^{\text{гіл1}}$ – фітомаса кори грубих гілок у абсолютно сухому стані, кг

$q_{\text{дз}}$ – фітомаса деревної зелені (ДЗ) дерева у свіжозрубаному стані, кг

$q_{\text{л}}$ – фітомаса листя крони дерева у свіжозрубаному стані, кг

$P_{\text{д}}^{\text{см}}$ – природна щільність деревини стовбура, кг·(м³)⁻¹;

$P_{\text{к}}^{\text{см}}$ – природна щільність кори стовбура, кг·(м³)⁻¹;

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- $P_{\partial k}^{cm}$ – природна щільність деревини стовбура у корі, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- $P_{l\partial}^{cm}$ – базисна щільність деревини стовбура, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- P_{lk}^{cm} – базисна щільність кори стовбура, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- $P_{l\partial k}^{cm}$ – базисна щільність деревини стовбура у корі, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- P_{∂}^{zil} – природна щільність деревини гілок, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- P_k^{zil} – природна щільність кори гілок, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- $P_{\partial k}^{zil}$ – природна щільність деревини гілок у корі, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- $P_{l\partial}^{zil}$ – базисна щільність деревини гілок, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- P_{lk}^{zil} – базисна щільність кори гілок, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- $P_{l\partial k}^{zil}$ – базисна щільність деревини гілок у корі, $\text{кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$;
- p_l – частка листя у деревній зелені, %;
- s_l – вміст абсолютно сухої речовини у листі, %;
- A – середній вік деревостану, роки;
- D – середній діаметр деревостану у корі на висоті 1,3 м., см;
- H – середня висота деревостану, м;
- G – абсолютна повнота деревостану, $\text{м}^2\cdot\text{га}^{-1}$;
- P – відносна повнота деревостану;
- M_{∂}^{cm} – запас деревостану у корі, $\text{м}^3\cdot\text{га}^{-1}$;
- M_k^{cm} – запас кори стовбурів деревостану, $\text{м}^3\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_{cm} – фітомаса стовбурів у корі деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_{∂}^{cm} – фітомаса деревини стовбурів деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_k^{cm} – фітомаса кори стовбурів деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- $Rh_{\partial z}$ – фітомаса деревної зелені деревостану (свіжозрубаний стан), $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_{∂}^{zil} – фітомаса деревини гілок деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_k^{zil} – фітомаса кори гілок деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_{zil} – фітомаса гілок крони у корі деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;
- Rh_l – фітомаса листя деревостану, $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$;

$Rv_{ок}^{cm}$ – відношення (конверсійний коефіцієнт) фітомаси деревини стовбурів у корі до запасу деревостану у корі, $t \cdot (m^3)^{-1}$

$Rv_{д}^{cm}$ – відношення (конверсійний коефіцієнт) фітомаси деревини стовбурів до запасу деревостану у корі, $t \cdot (m^3)^{-1}$

$Rv_{к}^{cm}$ – відношення (конверсійний коефіцієнт) фітомаси кори стовбурів до запасу деревостану у корі, $t \cdot (m^3)^{-1}$

$Rv_{гил}^{cm}$ – відношення (конверсійний коефіцієнт) фітомаси гілок крони у корі до запасу деревостану у корі, $t \cdot (m^3)^{-1}$;

$Rv_{л}^{cm}$ – відношення (конверсійний коефіцієнт) фітомаси листя до запасу деревостану у корі, $t \cdot (m^3)^{-1}$;

$Z_{д}^{cm}M$ – поточний приріст стовбурової деревини за запасом, $m^3 \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$BZ_{д}^{cm}M$ – частка поточного приросту деревини стовбурів за запасом, %;

$Pr_{д}^{cm}$ – продукція деревини стовбурів деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$Pr_{к}^{cm}$ – продукція кори стовбурів деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$Pr_{гил}^{cm}$ – продукція гілок крони у корі деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$Pr_{л}^{cm}$ – продукція листя деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$Pr_{дс}^{cm}$ – загальна продукція деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$M_{д}^{cm}$ – депонований вуглець у деревині стовбурів деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$M_{к}^{cm}$ – депонований вуглець у корі стовбурів деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$M_{гил}^{cm}$ – депонований вуглець у гілках крони у корі деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$M_{л}^{cm}$ – депонований вуглець у листі деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

$M_{с}$ – депонований вуглець у надземній фітомасі деревостану, $t \cdot (га \cdot рік)^{-1}$;

ДООУЛМГ – Дніпропетровське обласне управління лісового та мисливського господарства;

ТПП – тимчасова пробна площа;

МД – модельне дерево;

ПЗФ – природно-заповідний фонд;

НК – неорганічні контаміанти.

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

1.1. Ліси і лісове господарство України у контексті сталого розвитку

Концепція сталого розвитку передбачає збалансоване та безперервне використання усіх ресурсів, у тому числі біотичних та соціальних властивостей природних екосистем без надмірного зниження їхньої продуктивності, стійкості та біорізноманіття (Sustainable development – Agenda 21, 1993). Сталий розвиток має базуватися на принципах паритетної гармонізації економічної, екологічної та соціальної складових розвитку суспільства на основі системного підходу (В. Д. Байтала & В. Г. Дубін, 2000).

Виходячи з ідей сталого розвитку, до природних ресурсів належать не тільки ті, які мають ринкову вартість, а усі біосферні властивості та функції природних екосистем (А. Регоу, 1952). Зазначений підхід можливо реалізувати за умови переорієнтації природокористування з ресурсного на біосферний напрям розвитку. Цієї мети можна досягти за умови запровадження збалансованого лісокористування на екосистемних принципах управління природними ресурсами за допомогою інноваційних інформаційно-аналітичних, проектувальних і прогностичних технологій. Розроблення планів дій запровадження принципів збалансованого природокористування у лісове господарство держави передбачає врахування інтересів усіх сторін суспільних відносин. Реалізація сучасних норм збалансованого природокористування передбачає розвиток правового регулювання ресурсних відносин між усіма суб'єктами господарювання (Т. П. Єгорова, 2015).

Сталий розвиток лісової галузі економіки держави формулюють як управління і догляд за лісами, використання лісових угідь у такі способи, із запровадженням методів і прийомів, і з такою інтенсивністю, при яких забезпечувалися би формування та функціонування механізму підтримки стабільного

розвитку екосистеми лісу та ландшафту у цілому, їхнього біорізноманіття, продуктивності, здатності до відновлення та спроможності виконання ними як нині, так і в майбутньому екологічних, економічних, соціальних та інших функцій на місцевому, національному і глобальному рівнях (І. М. Патлай, В. П. Ткач, & І. М. Усцький, 1998; Л. Г. Руденко, 1998; В. П. Ткач, В. В. Лавров, & І. Ф. Букша, 2002). Збалансованість лісового господарства розуміють як забезпечення взаємозалежного дотримання економічної ефективності, екологічної безпеки та соціальної прийнятності у використанні лісових ресурсів (О. І. Фурдичко, 2003).

На думку експертів збалансоване лісокористування слід запроваджувати базуючись на використанні сучасних наукових принципів, норм і методичних підходів широкого спектру наукових напрямів і секторів розвитку економіки, а саме: ґрунтознавства, ландшафтознавства, ландшафтної екології, соціально-економічної географії, лісівництва, агролісомеліорації, економіки агропромислового комплексу, діагностики та нормування антропогенних трансформацій природних екосистем, збереження біотичного та ландшафтного різноманіття, моніторингу довкілля, інформаційних і цифрових технологій (В. П. Ворон, В. В. Лавров, & Т. Ф. Стельмахова, 1997; В. Г. Дубін, 2000; М. М. Коржнев, І. Д. Андрійвський, & Ю. Р. Шеляг-Сосонко, 2001; П. І. Лакида & П. В. Кравець, 2001; П. В. Кравець & П. І. Лакида, 2002; В. В. Лавров, 2003; В. Ф. Сторожук, 2017).

Імплементация норм міжнародного права у лісовий менеджмент та його реалізація у державі має враховувати положення Міжнародних конвенцій, які ратифіковані в Україні;

- Рамкова конвенція ООН зі змін клімату, 1992 р. (UN Framework Convention on Climate Change);
- Конвенція ООН з біологічного різноманіття, 1992 р. (UN Convention on Biological Diversity);
- Конвенція ООН щодо боротьби з опустелюванням, 2002 р. (UN Framework Convention to Combat Desertification);

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

– Конвенція ООН про транскордонне забруднення повітря на великі відстані, 1983 р. (UN/ECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution).

Головними принципами лісового законодавства Європейського Союзу (ЄС) є сталий лісовий менеджмент та багатофункціональна роль лісів (Sustainable development. European list of criteria and most suitable quantitative indication, 1993).

Пріоритетними для України питаннями у площині реформування лісового господарства має бути гармонізація національного законодавства із лісовим законодавством ЄС, впровадження інноваційної моделі розвитку галузі, заснованої на концепції сталого розвитку та управлінні лісами з використанням досвіду країн Європи (Т. П. Єгорова, 2013, 2015).

Правові засади досягнення відповідності національного законодавства України до законодавчої системи Європейського Союзу (*Acquis communautaire*) встановила загальнодержавна програма адаптації законодавства України до законодавства ЄС. Закони ЄС (*Acquis*), які пов'язані з лісовим господарством, мають бути прийняті країнами-кандидатами до вступу в Європейський Союз (В. Сторожук, 2017). У європейській спільноті управління лісами є складовою нормативно-правових баз спільних політик, зокрема, сільськогосподарської, екологічної, енергетичної та політики розвитку сільських територій і внутрішнього ринку (Порівняльний аналіз лісового законодавства України та пов'язаних з ним правових актів на відповідність до законодавчої бази Європейського Союзу з питань сталого управління лісами, 2018).

Досягнення спільних цілей, заявлених Лісовою Стратегією ЄС (1998) та Лісовим Планом Дій (2006) передбачає розроблення та впровадження національних лісових програм, складених відповідно до принципу субсидіарності та концепції розподіленої відповідальності між усіма країнами-членами Співтовариства. Лісовий План Дій ЄС визначає ключові дії, які спрямовані на поліпшення довготермінової конкурентоздатності лісового сектора. Базуючись на положеннях міжнародних директив і угод, національні лісові програми мають запроваджувати

багатосторонній, цілісний, міжсекторальний та інтерактивний процес планування політики, впровадження, моніторингу та оцінювання на національному та субнаціональному рівнях для подальшого розвитку й вдосконалення сталого лісового менеджменту (Johannesburg Declaration on Sustainable Development, 2002).

В Україні імплементація принципів сталого розвитку у практику ведення лісового господарства є необхідною з політичної, соціально-економічної та екологічної точок зору. На думку В. Ф. Сторожука (2017) завдання для реалізації сталого лісового менеджменту в Україні мають бути визначені національною лісовою політикою, умови – сформовані національним лісовим законодавством, реалізація – забезпечена інституційною та організаційною структурами лісового господарства.

Принцип паритету цінностей має бути основою концепції сталого розвитку лісового господарства України, нормативно-правової бази регулювання процесу і формування його ресурсних і консалтингово-інституційних структур: фінансування, науково-методичного й управлінського супроводу (Є. В. Мішенін, 2000). В умовах формування ринкового багатоукладного виробництва, дефіциту держбюджетного фінансування та екологізації антропогенної діяльності, питання вдосконалення управління природними ресурсами, структурно-функціональної організації територій, запровадження сучасних норм природокористування набувають особливого значення (Л. Руденко & С. Лісовський, 2001).

Україна зобов'язалася впроваджувати принципи сталого розвитку у лісову галузь у рамках Гельсінксько-Лісабонського процесу, який має сприяти взаємному узгодженню лісових стратегій країн помірної природно-кліматичної зони. На думку експертів лісової галузі (В. І. Самоплавський, 2000; П. І. Лакида & П. В. Кравець, 2002; Я. В. Коваль & І. Я. Антоненко, 2004; О. І. Фурдичко, 2003; І. А. Опенько & Т. О. Євсюков, 2014) зазначене спонукає до розроблення наукового, нормативного та

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

інституційного забезпечення цього процесу шляхом реалізації трьох етапів:

- визначення принципів, критеріїв та індикаторів сталого лісоуправління на сучасному методологічному рівні;
- організації лісового господарства на базі визначених орієнтирів;
- запровадження сертифікації лісів як важливого середовищевірного та середовищерегулюючого природного компонента ландшафтів, лісової продукції та послуг.

Виходячи із значення лісу, як ресурсу та середовищевірного фактора, перехід лісокористування в Україні у русло сталого розвитку неможливий без переорієнтації розвитку лісової галузі держави з ресурсного на біосферний напрям, у основі якого лежить збалансований підхід до природокористування. Реалізацію екосистемних функцій лісами можливо досягнути в умовах та завдяки здійсненню лісового менеджменту, який визначає рівноцінними екологічні, економічні та соціальні функції лісів. Ринкові ресурси лісових екосистем, як продукування кисню, депонування вуглецю техногенних емісій, нівелювання дії ксенобіотиків, на даний час не мають вартості, проте методичні підходи їх оцінювання розробляються науковцями як за кордоном, так і в Україні (П. І. Лакида, 2002; Я. В. Коваль & І. Я. Антоненко, 2004).

Згідно нормативних положень головним принципом ведення лісового господарства у державі має бути раціональне, комплексне, невиснажливе лісокористування (Збірник рекомендацій з лісового господарства та захисного лісорозведення; 1993; В. П. Ткач, В. В. Лавров, & І. Ф. Букша, 1997; І. М. Синякевич, 2001). Він є близьким до принципів і критеріїв концепції сталого лісокористування, але має ресурсну спрямованість, обмежену чинними нормативними та ринковими орієнтирами, і належною мірою не враховує проблем збереження природних екосистем (Я. В. Коваль и др., 2002; В. В. Лавров & В. П. Пастернак, 2002).

Забезпечення відповідного контролю за дотриманням вимог сталого використання природних ресурсів потребує налагодження

ефективного зворотного зв'язку, прозорості прийняття управлінських рішень та участі у них зацікавлених суб'єктів суспільних відносин згідно з чинним законодавством та міжнародними зобов'язаннями України.

Наразі основними причинами виникнення проблем у лісовій сфері України вважають (Концептуальні підходи до удосконалення лісокористування в Україні; 2018; І. А. Опенько, 2019):

- недосконалість системи управління лісовим господарством, зокрема поєднання функцій регулювання, нагляду і контролю за обігом деревини з функціями по здійсненню господарської діяльності у межах одного центрального органу виконавчої влади;
- багатовідомча система управління лісами;
- відсутність правовстановлюючих документів на землі лісогосподарського призначення у більшості лісокористувачів;
- нестача або відсутність держбюджетного фінансування лісового господарства Півдня і Сходу країни;
- відсутність економічного стимулювання лісорозведення та запровадження природозберігаючих технологій;
- низький рівень інформування громадськості та інших зацікавлених сторін, про стан лісів і лісового господарства.

Базовим принципом сталого розвитку є гармонізація соціальної, економічної та екологічної складових розвитку суспільства. Обов'язковою умовою ефективного управління лісами має бути передбачено дотримання паритету цінностей, а отже і узгодження відповідних галузей законодавства та стратегій дій. Зазначимо відсутність міжсекторального узгодження положень нормативно-правової бази, які регулюють управління лісами, зі стратегіями розвитку суміжних галузей економіки, з національною політикою охорони навколишнього природного середовища, чинними міжнародними зобов'язаннями, ратифікованими Україною. Наприклад, у Європейському Союзі серед сорока заходів, передбачених Регуляцією з розвитку сільських територій, чотирнадцять стосуються безпосередньо ведення лісового господарства, а вісім – орієнтовані винятково на ведення лісового господарства, з окремими індикаторами та бюджетами

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

(В. Ф. Сторожук, 2017). Розвиток лісового господарства в Україні, і безпосередньо у степовій природній зоні, не розглядається як складова розвитку сільських територій при формуванні державної політики та складанні відповідних регіональних програм. Планові обсяги проведення Міністерством аграрної політики полезахисного лісорозведення, передбачені державною цільовою програмою «Ліси України» на 2010–2015 роки та державною цільовою програмою розвитку українського села на період до 2015 року, мали істотні відмінності.

Центральний орган виконавчої влади України, який реалізує державну політику у сфері лісового господарства для виходу з кризової ситуації пропонує (<http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/index>):

- удосконалення нормативно-правової бази лісового господарства;
- збереження державної структури управління лісовим господарством;
- віднесення лісового господарства до пріоритетних галузей економіки;
- визнання багатофункціональності лісового господарства;
- визначення поняття лісового господарства, яке априорі повинне включати заготівлю деревини та реалізацію заготовленої продукції;
- організація ринку деревини в Україні у відповідності до міжнародних стандартів та договорів, які підписані та ратифіковані державою;
- недопущення приватизації лісів або надання їх у концесію.

У науковій літературі існує протилежна думка щодо права власності на ліси, ніж викладене у останній тезі Державного агентства лісових ресурсів України. На думку І. А. Опенька (2019) реформування інституту права власності на землі лісогосподарського призначення в Україні здійснюється повільно у порівнянні з державами Європейського Союзу. У країнах ЄС значний відсоток площі лісових земель перебуває у приватній власності, а саме: Швеція – 21,2 млн га (75,7 % від загальної площі лісів), Фінляндія – 15,5 млн га (69,7 %), Іспанія –

13,0 млн га (70,8 %), Франція – 12,8 млн га (75,3 %), Італія – 6,2 млн га (66,5 %). Сучасна тенденція децентралізації влади, створення об'єднаних територіальних громад у найближчий час мають вплинути на зміну структури власності на ліси в Україні. На думку О. І. Фурдичка та ін. (2006) збільшення форм власності на ліси, поява нових лісокористувачів, ускладнення лісоресурсних відносин має ініціювати державу до контролю за цільовим та нормативним використанням лісів.

Одним із механізмів гнучкого контролю за екологічністю лісокористування, запровадження у лісовий сектор принципів сталого розвитку є лісова сертифікація (В. П. Ткач, В. В. Лавров, & І. Ф. Букша, 1997; І. М. Синякевич, 2001). Ця інституція активно діє у економічно розвинутих країнах. Лісова сертифікація сприяє вдосконаленню управління лісами та ведення лісового господарства завдяки збалансованості економічних, екологічних і соціальних цінностей лісів, розвитку міжнародного співробітництва у цій сфері та залученню іноземних інвестицій.

У країнах ЄС інвентаризацію лісів розглядають як єдиний достовірний метод оцінювання показника поточного приросту насаджень, який визначають за головний критерій нормування обсягу лісозаготівель на рівні держави (Т. Єгорова, 2015). В Україні лісозаготівлі є базисом формування власних коштів лісогосподарських підприємств, які мають використовуватися для розвитку лісового господарства, і найголовніше, для розширеного відтворення лісів. У державі використання щорічного приросту знаходиться у межах 60 %, вирубується до 0,9 % запасу, тоді як у країнах Європи використання щорічного приросту сягає 80 %, а щорічний обсяг рубок складає у Швейцарії – 1,9 % запасу, Чехії – 2,4 %, Фінляндії – 2,8 %, Великобританії і Бельгії – 3,0 і 3,1 %, відповідно (Т. П. Єгорова, 2015).

Розуміння надзвичайно важливої ролі лісів для держави, необхідності системного удосконалення ведення лісового господарства в Україні для забезпечення довгострокових інтересів на основі поєднання принципів державного регулювання з ринковими механізмами, необхідність збільшення кількості робочих місць, зайнятості сільського населення, обумовило

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

розроблення державної Стратегії сталого розвитку та інституційного реформування лісового та мисливського господарства України на період до 2022 року. Стратегія передбачає подальше інтегрування і посилення внеску лісового господарства України у покращення економічної ситуації та розвитку сільських територій, забезпечення екологічної стабільності держави, збереження біорізноманіття та нівелювання наслідків змін клімату.

На сьогодні має набути реалізації Державна цільова програма розвитку лісового господарства України на 2017–2021 рр. за областями. Її реалізація покликана оптимізувати системи інформаційного забезпечення лісового господарства, лісовпорядкування, ведення державного обліку лісів, інвентаризації та моніторингу стану лісів на основі геоінформаційних технологій та контролю походження лісової продукції для забезпечення захисту ринку від незаконно отриманої деревини.

На думку українських вчених, згідно визначення критеріїв та індикаторів сталого розвитку лісової галузі України, з огляду на стан навколишнього середовища і соціально-економічні вимоги до використання і відтворення лісів, для кожної природної зони необхідно визначити один або декілька основних напрямків ведення лісового господарства (Я. В. Коваль, 1998); Г. А. Можейко, 2000; І. А. Опенько, О. В. Шевченко, & О. М. Цвях, 2016). О. І. Фурдичком з співавторами (2006) були запропоновані такі напрями:

експлуатаційний – вирощування високопродуктивних, біологічно стійких штучних і природних лісостанів, які мають потенціал продукувати максимальну кількість необхідних сортиментів високоякісної деревини цінних деревних видів;

водоохоронний – вирощування високопродуктивних біологічно стійких лісостанів, які максимально забезпечують стабільність режиму водних джерел і належну якість води;

грунтозахисний – вирощування і збереження біологічно стійких захисних лісових насаджень, які створюють сприятливі

умови для захисту ґрунтів і оптимального функціонування агроєкосистем;

агролісомеліоративний – вирощування біологічно стійких захисних лісових насаджень на сільськогосподарських землях, які створюють сприятливі умови для багатопрофільного ведення господарства, забезпечення функціонування виробничої інфраструктури;

середовищезахисний – вирощування і збереження високопродуктивних, біологічно стійких природних лісів та штучних захисних лісових насаджень, як елементів навколишнього середовища, задля забезпечення виробничої діяльності певних галузей економіки;

урбозахисний – вирощування та збереження біологічно стійких штучних лісових насаджень і природних лісів з високими естетичними, санітарно-гігієнічними властивостями і середовищезахисними функціями, які створюють сприятливі умови для виробничої діяльності та проживання людини;

рекреаційний – вирощування і збереження біологічно стійких лісових насаджень, яким притаманні потужні ландшафтотвірні й санітарно-гігієнічні властивості, які забезпечують оптимальні умови для відпочинку населення.

Україна, як лісодефіцитна держава з незадовільним станом довкілля у багатьох регіонах, має бути зацікавленою у збереженні, відновленні, раціональному використанні та ефективному управлінні лісовими ресурсами.

У державі одним із найважливіших ресурсних і, водночас, кризових регіонів щодо господарського порушення цілісності природних екосистем є степова зона. Історію степового лісорозведення, просторову, лісівничу, екологічну та функціональну характеристики степових насаджень, їхній генезис, методологічні основи вивчення та практичні рекомендації для степового лісознавства та лісівництва викладено у працях Н. А. Лохматова (1985а; 1985б; 1999), С. Г. Коханого (2011).

На регіональному та місцевому рівнях ліси виконують важливу роль як елементи ландшафтів, підтримуючі їхню стабільність і біорізноманіття (Б. Д. Романюк &

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Ю. И. Бурневский, 1997). Для степу, серед усіх природних зон України, збільшення лісистості й приведення цього показника до науково-обґрунтованого оптимального є найбільш актуальним завданням (В. П. Ткач, 2012).

Для оптимізації екологічної ситуації у природній зоні степу актуальною є гармонізація розвитку лісового господарства та інших суміжних з ним галузей. Виділяють такі проблемні характеристики стану лісового фонду степової зони України, які потребують розвитку й вдосконалення і приведення до оптимального стану:

- низька лісистість території;
- певна невідповідність лісових насаджень умовам місцезростання, що зумовлює зниження їхньої продуктивності, стійкості, екосистемної ролі у ландшафті;
- наявність незначних фрагментів природних корінних лісів, еталонів степових екосистем, що ускладнює їхнє відтворення та збереження біорізноманіття;
- незадовільний санітарний стан частини лісових деревостанів;
- неоптимальна вікова структура, з переважанням площі ділянок вкритих лісовою рослинністю зі стиглими і перестиглими деревостанами;
- недостатність або відсутність фінансування робіт за ключовими напрямками лісогосподарської діяльності: лісорозведення, лісовідновлення, захист та охорона лісів, технічне переоснащення лісогосподарських підприємств, розробка та реалізація наукових пропозицій та сучасних інформаційних технологій для моніторингу лісів.

Природні та штучні ліси степової зони України мають важливе екологічне та ресурсне значення. У малолісних степових регіонах вони виконують функцію ренатуралізації антропогенно порушених ландшафтів, вивільнених з активного використання девастрованих аграрних земель, промислового комплексу та як незамінні елементи національної екологічної мережі (А. М. Маринич, І. А. Горленко, & Л. Г. Руденко, 1990; М. М. Коржнєв, І. Д. Андріївський, & Ю. Р. Шеляг-Сосонко, 2001; В. В. Лавров, 2003).

При формуванні регіональної стратегії оптимізації лісокористування слід всебічно узгоджувати інтереси суб'єктів суспільних відносин. Напрями регіональної програми дій лісового сектору мають становити гармонізовану систему соціальної, екологічної та економічної складових державної Програми сталого розвитку регіону (В. Д. Байтала & В. Г. Дубін, 2000; Я. В. Коваль & І. Я. Антоненко, 2004; І. М. Синякевич, 2001). Для створення сприятливих умов співробітництва першочерговим є міжвідомча узгодженість лісокористувачів і гармонізація запровадження принципів сталого розвитку з диференціацією за адміністративним підпорядкуванням, водозбірними ландшафтами, типами та комплексами проблем стану довкілля степової зони.

На думку дослідників (Б. Д. Романюк & Ю. И. Бурневский, 1997; Г. А. Можейко, 2000; М. М. Коржнев, І. Д. Андріївський, & Ю. Р. Шеляг-Сосонко, 2001) розроблення плану першочергових завдань щодо гармонізації лісового господарства у степовій природній зоні потребує узгодження з чинними та проектними національними і регіональними концепціями, стратегіями та програмами:

- Концепція сталого розвитку агроєкосистем в Україні;
- Концепція екологічного нормування антропогенних навантажень;
- Стратегія БІО;
- Стратегія досягнення збалансованості у природокористуванні;
- Програма гармонізації лісового сектору та АПК;
- Програма конструювання оптимальних за структурою лісоаграрних ландшафтів.

Збалансоване природокористування певного регіону, у тому числі й природної степової зони України має базуватися на інтегральній платформі, яка б системно узгоджувала галузеві стратегії розвитку окремих секторів економіки з обов'язковим врахуванням природоохоронних принципів. М. А. Голубцем (2000) була запропонована екосистемологія – методологічна основа, яка базується на аналізуванні міжбасейнових речовинно-

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

енергетичних та інформаційних зв'язків з найбільш достовірним й адекватним відображенням стану довкілля у водозборах.

Забезпечення ефективного запобігання та нівелювання впливу антропогенного навантаження на довкілля з урахуванням дії природних факторів можливе за системного дослідження трансформацій природних екосистем, узагальнюючи результати на ландшафтно-водозбірному рівні, який відповідає масштабу розповсюдження негативних явищ (И. А. Горленко, Л. Г. Руденко, & С. Н. Малюк, 1994). Визнання в Україні набув близький по суті до екосистемного підходу ландшафтно-водозбірний принцип ведення лісового господарства, що є актуальним для степу, де водорегулююча, ґрунто- та водозахисна роль лісів є домінуючою у збереженні екосистем степових ландшафтів (Г. А. Можейко, 2000).

В. Г. Дубіним (2000) запропоновані еколого-географічні засади раціонального використання й відтворення лісових ресурсів в Україні на рівні суспільно територіальних комплексів. При цьому, з екологічної точки зору ліс розглядається як антропогенно трансформована екосистема, одна з основних складових ландшафтно-сфери регіону, яка спрямована на забезпечення стабілізації його функціонування. Концепція формування природно-господарських територіальних систем і регіонів передбачає дослідження лісу як природної складової лісогосподарської територіальної системи. Вона має забезпечувати всебічне врахування функціональних зв'язків лісу у межах соціосфери, їхню систематизацію на базі геокомплексологічної, біосферної та ноосферної концепцій (П. С. Пастернак и др., 1988; И. А. Горленко, Л. Г. Руденко, & С. Н. Малюк, 1994; В. Д. Байтала & В. Г. Дубін, 2000; М. А. Голубець, 2000). Стабілізація функціонування соціосфери розглядається у площині створення матеріально-енергетичної, насамперед лісосировинної бази. Базою еколого-ресурсного оцінювання лісів можуть слугувати розроблені та впроваджені у практику регіональні кадастри лісів (И. В. Туркевич, Л. А. Медведев, & И. М. Макшанина, 1973; Б. Ф. Остапенко &

М. С. Улановский, 1999) та пропозиції щодо гармонізації лісового сектору економіки з АПК (Г. А. Можейко, 2000).

Супровід сучасного процесу запровадження принципів сталого лісокористування, розвитку лісової галузі природної зони степу України, розв'язання зазначених проблем та створення умов переходу до ефективного менеджменту має бути забезпечений реалізацією низки актуальних екологічних, економічних і соціальних завдань, які розподілені за блоками.

Нормативно-інституційний блок:

розроблення регіональної стратегії переходу лісового господарства на екосистемно-ландшафтний принцип господарювання з міжсекторальним узгодженням дій з агропромисловим комплексом, інституціями охорони природи, екобезпеки та соціального розвитку;

впровадження науково-методичних принципів ведення лісового господарства на екосистемному рівні;

забезпечення дотримання вимог природоохоронного законодавства при виконанні лісогосподарських заходів.

Еколого-соціальний блок:

оптимізація структурно-функціональної організації ландшафтів природної зони степу шляхом збільшення їхньої лісистості до науково обґрунтованих норм;

досягнення балансу у просторово-територіальному співвідношенні ділянок вкритих лісовою рослинністю різного функціонального призначення;

визначення пріоритетності функцій лісів, які оптимізують стан навколишнього середовища – захист ґрунтів, контроль ерозії та інших ґрунтонебезпечних явищ, гідрологічне регулювання ландшафтів, покращення якості атмосферного повітря;

проведення екосистемного моніторингу й аудиту лісів;

урегулювання антропопресії на лісостани до рівня екологічних нормативів;

збільшення значущості соціальних та рекреаційних функцій лісів;

облік і оцінювання нематеріальних екосистемних сервісів лісу;

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

розроблення та науково-методичний супровід реалізації завдань Паризької кліматичної угоди;

збільшення площі лісів як механізму поглинання і депонування вуглецю;

створення лісових насаджень на девастованих землях, які вилучені з сільськогосподарського користування;

ренатуралізація техногенних ландшафтів шляхом лісової рекультивації;

забезпечення збереження біорізноманіття, ендемічних і реліктових видів, складових біоценозів та екосистем при веденні лісового господарства.

Економічний блок:

збільшення рівня державного бюджетного фінансування та залучення інвестицій з різних джерел задля розвитку лісового господарства;

запровадження системи механізмів економічного стимулювання лісорозведення;

інтенсифікація розвитку лісового сектору економіки регіону, як фактора внеску у розвиток об'єднаних територіальних громад і, зокрема, у створення робочих місць у сільських регіонах;

обґрунтування фінансового оцінювання та розрахунок економічно доцільної плати за несировинні ресурси, рекреаційні й екосистемні функції лісів та розроблення нормативно-правових положень повернення лісовому господарству частки цієї вартості від суб'єктів лісокористування.

Господарчий блок:

розширення асортименту за рахунок аборигенних та інтродукованих деревних видів;

оптимізація вікової структури функціонуючих лісостанів з паритетним урахуванням екологічної та господарської доцільності;

збільшення обсягів заготівлі дров'яної деревини, з огляду на переважання площі ділянок вкритих лісовою рослинністю з перестиглими насадженнями, для забезпечення енергетичної потреби сільських районів;

запровадження вдосконаленої системи обліку лісових ресурсів з використанням сучасних інформаційних і цифрових технологій.

1.2. Функціональна діяльність лісогосподарських підприємств Байрачного степу України за індикаторами Гельсінських критеріїв сталого розвитку

Збалансоване управління лісами має визначені критерії та індикатори, які характеризують рівень сталості при веденні лісового господарства на рівні певного регіону. Для визначення ступеня відповідності стану та функціонування лісів у регіоні вимогам концепції сталого розвитку, науково обґрунтованих напрямів вдосконалення системи ведення лісового господарства, лісовий фонд має аналізуватися за трьома блоками: фактичний стан лісів; оптимальний, який відповідає парадигмі сталого управління лісами та потенційно можливий стан лісів, який визначається природними умовами.

Відповідність фактичних функціональних показників лісового господарства у Байрачному степу України (лісогосподарські підприємства ДООУЛМГ) та методів його ведення принципам сталого управління оцінено за базовими Гельсінськими критеріями (Johannesburg Declaration on Sustainable Development, 2002). Вихідними даними слугували матеріали галузевої звітності (Основні положення організації і розвитку лісового господарства Дніпропетровської області, 2011; Довідник лісового фонду України, 2012) та державної статистичної інформації (<http://www.dneprstat.gov.ua>).

Критерій I «Охорона та відновлення лісових ресурсів та їхній внесок у глобальний колообіг вуглецю».

Цей критерій визначається індикаторами, які характеризують площу лісів, лісистість регіону, а також їх динаміку; динаміку загального і середнього запасів стовбурової деревини; загальний запас депонованого у лісових екосистемах вуглецю, обсяги акумульованої у надземній фітомасі енергії та динаміка використання енергетичного потенціалу деревної біомаси.

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

У регіоні дослідження наявний високий рівень (понад 90 %) господарського використання території області, значно порушене співвідношення між природними угіддями, ріллею, агроландшафтами та урбоекосистемами. Лісистість Дніпропетровської області становить 5,6 %. Реалізація програми «Ліси України» передбачала до 2015 року збільшення площі лісів на 32,3 тис. га, а лісистості до 8,4 %. Згідно регіональної програми «Ліси Дніпропетровщини» на зазначений рік лісистість регіону мала досягти 8–10 %.

Загальна площа лісового фонду Дніпропетровської області становить 198,6 тис. га. Актуальним фактором ефективності управління лісами у регіоні дослідження є визначення їх відомчого підпорядкування. Однією з низки проблем лісового господарства у степовій природній зоні України є значна кількість балансоутримувачів лісових насаджень (табл. 1.1, рис. 1.1).

Таблиця 1.1

Розподіл площі ділянок вкритих лісовою рослинністю у Дніпропетровській області у розрізі власності

Балансоутримувачі лісових насаджень	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га
Державне агентство лісових ресурсів	65673,2
Міністерство енергетики та вугільної промисловості	42,8
Міністерство оборони	10724,0
Міністерство освіти і науки	664,4
Міністерство охорони здоров'я	11,4
Міністерство екології та природних ресурсів	129,4
Міністерство аграрної політики та продовольства	136,2
Міністерство інфраструктури	8550,2
Державне агентство водних ресурсів	1494,5
Обласна державна адміністрація	10892,6
Землі державної власності, які не надані у користування	78993,5
Громадяни, яким надані землі у власність і користування	1662,1
Ліси комунальної власності	35,2
Всього	179009,5

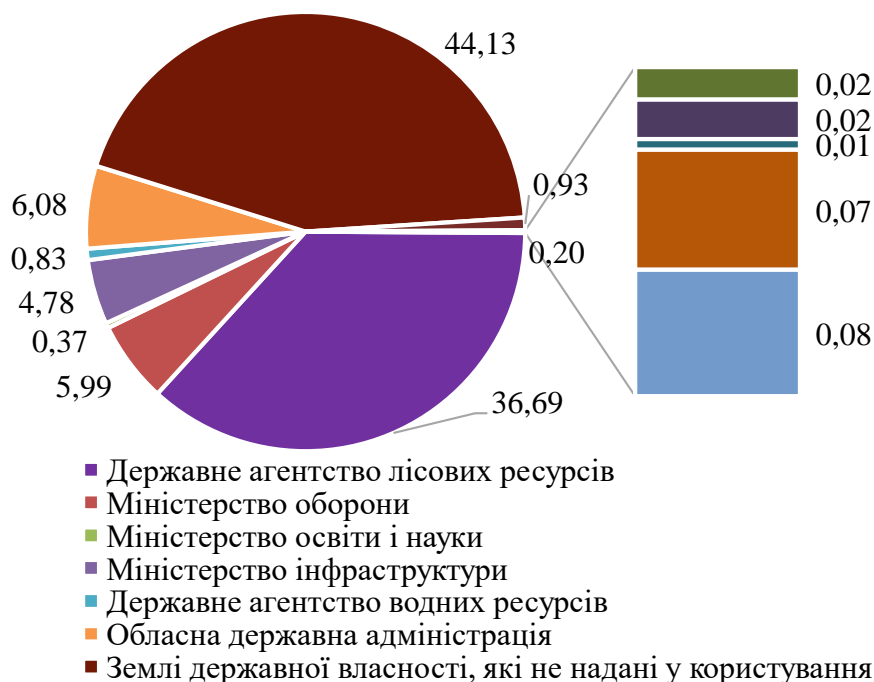


Рис. 1.1. Розподіл площі лісів Дніпропетровської області за лісокористувачами, %

Найбільша площа ділянок вкритих лісовою рослинністю – 78993,5 га (44,1 %) відноситься до земель державної власності, які не надані у користування. З них захисні насадження займають площу лісових ділянок 78167,6 га (98 %), до яких належать полезахисні лісосмуги. За відсутності балансоутримувача у цих насадженнях не здійснюються лісогосподарські заходи (санітарні рубки й рубки догляду) та їх охорона.

Державному агентству лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області належить 90750,1 га, вкриті лісовою рослинністю ділянки займають площу 65673,2 га (72,4 %).

Ліси, які належать центральному органу виконавчої влади, діяльність якого спрямована на організацію лісового господарства, за походженням є переважно штучними, не мають промислового значення, виконують природоохоронні, санітарні, рекреаційні та захисні функції.

Ліси Державного агентства лісових ресурсів України, згідно положень Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок» від 16.05.2007 р. № 733 до природно-заповідного фонду віднесено 12952,6 га, ліси наукового

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

та історико-культурного призначення займають площу 477,5 га, рекреаційно-оздоровчі ліси – 45841,5 га, захисні ліси – 31478,5 га. Відносний розподіл площі лісів Державного агентства лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області за функціональними категоріями наведено на рис. 1.2.

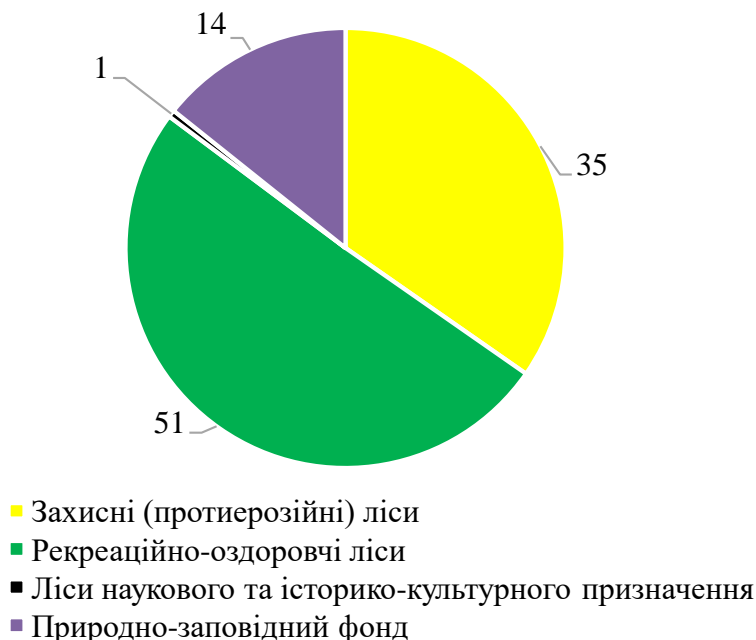


Рис. 1.2. Розподіл площі лісів ДОУЛМГ за функціональними категоріями, %

У табл. 1.2 наведено площі ділянок вкритих лісовою рослинністю лісів наявних функціональних категорій за групами віку, на рис. 1.3. представлено відсотковий розподіл площі ділянок вкритих лісовою рослинністю лісів за групами віку.

Таблиця 1.2

Вікова структура лісостанів ДОУЛМГ за функціональними категоріями

Функціональні категорії лісів	Площа з насадженнями груп віку, га					Всього
	молодняки	середньовікові	пристиглі	стиглі	перестиглі	
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення	706,7	3568,4	1385,0	1316,1	2782,1	9758,3
Рекреаційно-оздоровчі ліси	5307,7	13368,1	929,4	2618,7	9078,6	31302,5

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Захисні ліси	3410,9	9456,0	1464,9	3564,1	6716,5	24612,4
Загалом	9425,3	26392,5	3779,3	7498,9	18577,2	65673,2

Аналіз наведених даних дозволяє встановити незбалансованість вікової структури лісів регіону дослідження: наявне двократне переважання площі з перестиглими деревостанами до площі деревостанів вікової групи молодняків.

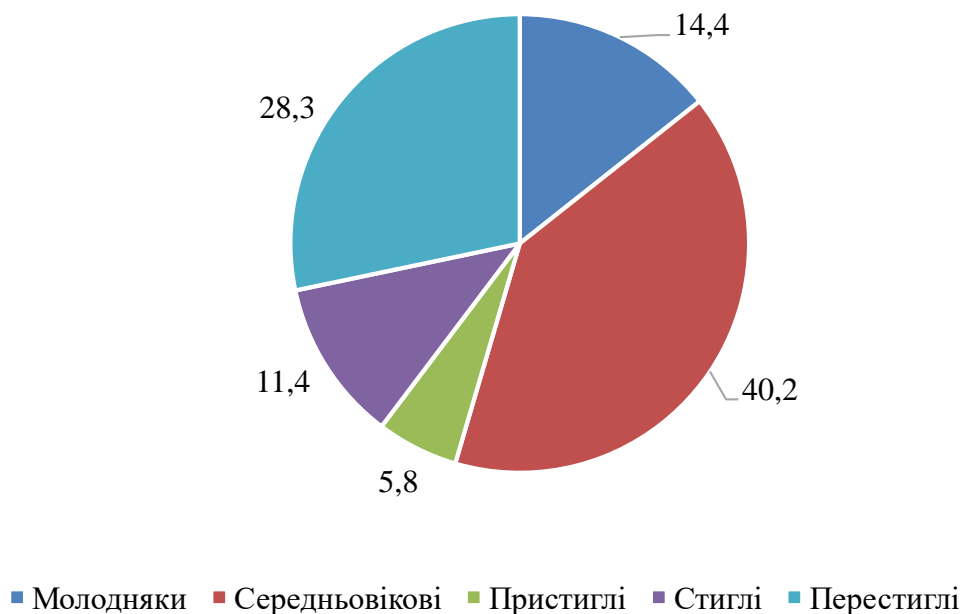


Рис. 1.3. Розподіл площі ділянок вкритих лісовою рослинністю ДООУЛМГ за групами віку, %

На підставі наведеного очевидним є нерівномірний розподіл площі лісостанів, де площа пристиглих, стиглих та перестиглих деревостанів майже в 3,2 рази є більшою за площу молодняків.

Уся площа лісового фонду ДООУЛМГ виключена з розрахунку рубок головного користування, тому даний вид рубок на ділянках вкритих лісовою рослинністю не проектується. Розподіл площі лісових ділянок за видами виключення з розрахунку рубок головного користування наведено у табл. 1.3.

Видовий склад деревних рослин, які формують ліси Байрачного степу України нечисленний. Розподіл площі лісів досліджуваного регіону за переважаючими лісотвірними видами наведено на рис. 1.4. Звертає увагу майже однакова представленість площі деревостанів трьох лісотвірних видів –

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА
БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

твердолистяних – дуба звичайного і робінії несправжньоакації та хвойного – сосни звичайної.

Таблиця 1.3

**Площі вкритих лісовою рослинністю ділянок за видами
виключення**

Найменування категорій лісів та особливо захисних лісових ділянок	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення	
Природні заповідники	1574,1
Заповідні лісові урочища	33,8
Пам'ятки природи	277,0
Ліси історико-культурного призначення	20,3
Ліси наукового призначення, включаючи генетичні резервати	421,3
Регіональні ландшафтні парки (зона регульованої рекреації)	1768,3
Рекреаційно-оздоровчі ліси	
Ліси у межах населених пунктів	7009,3
Ліси 1 і 2 поясів зон санітарної охорони джерел водопостачання	2885,9
Лісопаркова частина лісів зелених зон	17559,4
Захисні ліси	
Ліси протиерозійні	56162,0
Особливо захисні лісові ділянки	
Лісові ділянки на особливо охоронних частинах заказників	5669,0
Лісові ділянки навколо оздоровчих та рекреаційних територіях	1063,2
Лісові ділянки на схилах ярів, балок обривів, осипів і зсувів	2693,6
Лісові ділянки, які мають спеціальне господарське значення	85,4
Разом	65673,2

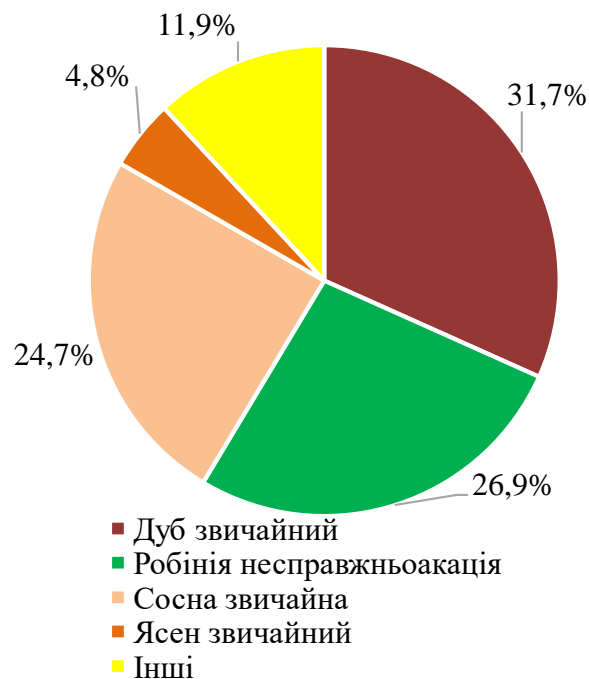


Рис. 1.4. Розподіл площі деревостанів панівних лісотвірних видів у Байрачному степу України, %

Найбільшу площу займають дубові лісонасадження, з переважанням високостовбурного дуба (21,8 % від загальної площі дубових насаджень). Незначні площі зайняті деревостанами м'яколистяних видів – тополі та деревовидних верб.

За індикатором першого Гельсінського критерію, який характеризує загальний запас депонованого у лісових екосистемах вуглецю, на основі матеріалів базового лісовпорядкування й галузевої звітності Державного агентства лісових ресурсів з використанням калькуляційної програми CARBON, розробленої П. І. Лакидою (2002) розраховано такі показники – загальна фітомаса лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України у Дніпропетровській області, її розподіл за структурними компонентами надземної та підземної фітомаси, бюджет вуглецю, середня щільність фітомаси й вуглецю (табл. 1.4).

За період у 38 років площа ділянок вкритих ліською рослинністю збільшилися на 12,6 тис. га, з 51,4 до 64,6 тис. га, що було недостатнім для досягнення науково обґрунтованої оптимальної лісистості регіону.

Таблиця 1.4

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА
БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Фітомаса й депонований вуглець лісостанів ДОУЛМГ

Вкриті лісовою рослинністю ділянки, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м ³	Компоненти фітомаси, млн т						Вуглець, млн т
		листя (хвоя)	деревина і кора гілок	деревина і кора стовбурів	корені	піднаметова рослинність	разом	
1973 рік								
51,4	2,56	0,0534	0,1734	1,0301	0,3299	0,0794	1,6662	0,826
1978 рік								
60,5	4,31	0,0735	0,3159	1,8071	0,4269	0,1243	2,7478	1,364
1983 рік								
62,1	4,46	0,0770	0,3072	1,8446	0,4784	0,1341	2,8414	1,410
1996 рік								
63,9	7,88	0,1087	0,5864	3,3964	0,7060	0,1751	4,9726	2,472
2002 рік								
64,5	9,27	0,1195	0,7389	3,9981	0,7787	0,1928	5,8279	2,898
2011 рік								
64,0	11,32	0,1288	0,9489	4,9294	0,9585	0,2345	7,2001	3,582

У період з 2002 до 2011 роки відбулося незначне зменшення площі вкритої лісом – на 0,5 тис. га. У ревізійний період відбувалося збільшення запасу стовбурової деревини від 2,56 до 11,32 млн м³.

Розвиток насаджень та зміна вікової структури з домінуванням площі, зайнятої стиглими і перестиглими деревостанами обумовили поступове збільшення середніх запасів стовбурової деревини за роками (м³·га⁻¹): 1973 – 47,05; 1978 – 71,23; 1983 – 71,81; 1996 – 123,31; 2002 – 143,72; 2011 – 176,88.

Станом на 01.01.2011 р. фітомаса лісових насаджень регіону дослідження сягала 7,2 млн т. Аналіз динаміки середньої щільності загальної фітомаси лісових насаджень демонструє її значне збільшення. Значення середньої щільності фітомаси у 1973 р. становило 3,24 т·га⁻¹, у 2011 р. цей показник досяг 11,25 т·га⁻¹. У зазначений період обліку збільшення площі лісів було незначним, тому збільшення щільності можна пояснити ростом й розвитком лісових насаджень й перерозподілом фітомаси за деревостанами різних вікових груп, що й позначилося на збільшенні загальної фітомаси насаджень на одиницю площі.

Розподіл загальної фітомаси за структурними компонентами у ревізійний період наведено на рис. 1.5. Дані, наведені на діаграмі демонструють збереження тенденції розподілу загальної фітомаси насаджень за фракціями протягом усього періоду спостереження: найбільшу частку у загальній фітомасі лісів становила фітомаса деревини й кори стовбурів, найменшою часткою характеризувалася піднаметова рослинність. З ростом насаджень і накопиченням фітомаси протягом трьох десятиріччів відбувався перерозподіл часток фітомаси між структурними складовими. Частка фітомаси надземної частини деревостанів, а саме фітомаси деревини та кори стовбурів збільшилася на 7,4 %, деревини і кори гілок – 2,8 %. Збільшення часток зазначених фракцій фітомаси відбувалося на тлі зменшення асимілюючих органів (1,5 %) та піднаметової рослинності (1,5 %).

Вуглець, акумульований у фітомасі лісів Байрачного степу України складав 0,8265 (1973 р.) – 3,5819 млн т (2011 р.). Змінювання середньої щільності вуглецю для вкритих лісовою рослинністю ділянок у період обліку становило ($\text{кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$): 1973 – 1,60; 1978 – 3,30; 1983 – 3,91; 1996 – 4,41; 2002 – 5,39; 2011 – 5,56. За середньорічних значень об'єму викидів діоксиду вуглецю у атмосферне повітря Дніпропетровської області 27,7 млн т (<http://www.dnprstat.gov.ua/statinfo%202015/ns/>) та річного збільшення щільності вуглецю до 0,07 млн т, депонування техногенного вуглецю лісами регіону дослідження (площа 64,0 тис. га) може становити до 4,48 млн т, що складає незначну частку емісії – 16,2 % від загального обсягу викидів діоксиду вуглецю.

а)

б)

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

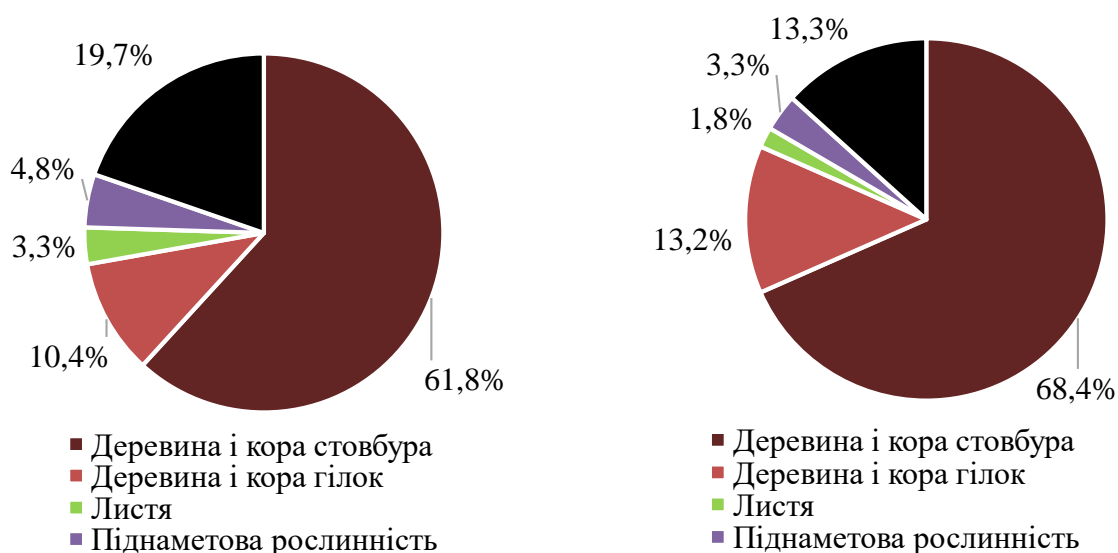


Рис. 1.5. Розподіл загальної фітомаси лісів Байрачного степу України за структурними компонентами насаджень у 1973 (а) та 2011 (б) рр.

Критерій II «Підтримання життєздатності та нормального функціонування лісових екосистем».

Цей критерій описується такими індикаторами: об'єми та динаміка атмосферних токсичних опадів, площа лісів, пошкоджених біотичними та абіотичними чинниками.

Найбільш ефективним і раціональним користуванням лісовими ресурсами є охорона лісу, його захист від несприятливої дії чинників навколишнього природного середовища різної етіології.

Згідно даних Головного управління статистики у Дніпропетровській області викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних і пересувних джерел за останні 30 років спостереження, у середньому становили (тис. т·рік⁻¹) – 1147,4, з максимальним значенням 2528,2 (1990 р.) і мінімальним 876,6 (2015 р.) (<http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo%202015/ns/>). Речовинами, які переважають за масою у складі викидів є (тис. т): оксид вуглецю (II) – 317,8; метан – 128,7; тверді суспендовані частки – 75,9; діоксид сірки – 52,7; діоксид азоту – 52,0 (аналізування номенклатури викидів не включало емісії діоксиду вуглецю). Дві останні речовини, за умови наявності у атмосферному повітрі крапельної вологи, хімічно

взаємодіють з нею з утворенням сульфатної й нітратної кислоти відповідно. Зазначені неорганічні речовини є невід’ємними складовими кислотних опадів, які спричиняють пошкодження – хлорози або некрози асиміляційних органів рослин. Проте, при фіксації пошкоджень вегетативних і генеративних органів деревних рослин у лісовому насадженні, за відсутності діагностованих фітопатогенів або шкідників визначити абіотичний чинник, який спричинив зміну нормальної морфології рослини не є можливим.

Пошкодження деревостанів синергетичною дією забруднюючих речовин у лісах Байрачного степу України має такі тенденції:

пошкодження насаджень інтенсифікується з наближенням до джерела викидів;

найбільше пошкоджуються деревостани, розташовані у напрямку пануючих вітрів, перш за все на узліссях лісових масивів;

пошкодження деревостанів збільшується зі зниженням зімкнутості намету, під впливом токсикантів найбільше пошкоджуються дерева верхньої частини намету;

гостре пошкодження призводить до різкого припинення росту та всихання деревостанів, наслідки гострого пошкодження є більш катастрофічними ніж хронічного;

за однакового рівня аеротехногенного навантаження сильніше пошкоджуються деревостани у вегетаційний період та, особливо, на початкових фазах розвитку (формування листя, початок росту пагонів);

листяні деревні види є більш стійкими до фітотоксикантів, ніж хвойні;

ступінь пошкодження дерев одного виду залежить від хімічної природи забруднювача, віку – чутливість зростає зі збільшенням віку.

Інші індикатори другого Гельсінського критерію – оцінювання дії біотичних чинників. Видовий склад та площі лісових насаджень, які уражені ентомошкідниками і фітопатогенами у 2019 році наведено у табл. 1.5.

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА
БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

У лісах регіону дослідження виявлено осередків шкідників і хвороб на площі майже 9,0 тис. га (13,8 % від площі ділянок вкритих ліською рослинністю). Найбільшого розповсюдження набули вогнища рудого соснового пильщика, які були зафіксовані на площі 5,8 тис. га (92,1 % від площі деревостанів пошкоджених хвоєгризучими шкідниками).

Таблиця 1.5

**Площі осередків шкідників і хвороб лісів Байрачного степу
України, га**

Шкідник/ Збудник хвороби	Осередки на початок року	Ліквідовано заходами боротьби	Ліквідовано природними чинниками	Осередки на кінець року
Хвоєгризучі ентомошкідники				
Рудий сосновий пильщик	5799	–	3	7622
Звичайний сосновий пильщик	340	188	144	63
Зеленуватий пильщик	160	–	–	160
Листогризучі ентомошкідники				
Непарний шовкопряд	12	–	1	11
Золотогуз	58	–	50	8
Зелена дубова листовійка	2200	160	229	1811
Дубова широколінійна міль	55	–	16	39
П'ядениця обдирано	31	–	–	31
Совка рання	9	–	–	9
Фітопатогени				
Коренева губка	270	79	–	191
Усього	8934	427	443	9945

Пошкодження деревостанів лісотвірних видів, які спричинені листогризучими комахами були діагностовані на площі у 2365 га, домінуючу позицію займали пошкодження зеленою дубовою листовійкою. Хвороби лісу переважно викликані кореневою губкою, площа деревостанів з зафіксованим інфікуванням зазначеним фітопатогеном становить 270 га.

Для попередження розвитку вогнищ шкідників і хвороб лісу важливе значення мають рекогносцирувальний нагляд, визначення видового складу комах і фітопатогенів, площі вогнищ та оцінювання рівня загрози деревостанам. Особлива увага має приділятися проведенню комплексу профілактичних та

запобіжних заходів, впровадження екобезпечних методів і засобів боротьби з шкідниками і хворобами лісу.

Критерій III *«Підтримання та підвищення продуктивних функцій лісів (деревина та недеревні продукти)»*.

Цей критерій можна проаналізувати за наступними індикаторами: співвідношення між приростом та об'ємом рубок деревини; об'єми та динаміка лісогосподарських і лісокультурних заходів; динаміка збору за спеціальне використання лісових ресурсів; обсяги побічного (недеревного) користування лісом.

Важливим резервом підвищення біопродуктивності, стійкості й виконання функцій лісових насаджень є насінництво на генетико-селекційній основі. Основою лісонасінної бази лісових деревних порід є селекційна інвентаризація насаджень і дерев з виділенням плюсових дерев або насаджень. Лісонасінна база представлена постійними лісонасінними ділянками на площі 100,0 га та плюсовими деревами, серед яких: дуб звичайний – 46 шт, сосна звичайна – 69 шт.

Основним способом лісовідновлення у Байрачного степу України є створення лісових культур. Лісові культури у середньому за рік створюють на площі до 2,5 тис. га. Площа лісовідновлення і лісорозведення, яка є необхідною для збільшення лісистості регіону до оптимальної науково обґрунтованої у 8–10 %, становить 32,3 тис. га. Збільшення площі лісів не розглядається у контексті формування мікроклімату та як дієвий механізм запобігання наслідкам зміни клімату у площині заходів, спрямованих на реалізацію положень Паризької кліматичної угоди.

Однією з головних вимог ведення лісового господарства у степовій зоні України є забезпечення неперервного, невиснажливого і раціонального використання лісових ресурсів для задоволення потреб населення і виробництва у деревині та іншій лісовій продукції.

Лісові насадження лісогосподарської області Байрачного степу України не мають промислового значення, ліси експлуатаційної функціональної категорії відсутні, проводяться лише рубки формування та оздоровлення лісів, які спрямовані на вирощування біологічно стійких насаджень та передбачають

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА
БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

періодичне вирубування частини дерев з метою поліпшення росту та розвитку тих, які залишаються.

Обсяг ліквідної та ділової деревини проектується лісовпорядкуванням при проведенні санітарних рубок з врахуванням показників фактичного стану насаджень. У лісогосподарських підприємствах ДООУЛМГ здійснюються рубки формування та оздоровлення лісів, а саме рубки догляду, переформування, лісовідновні реконструктивні, вибіркові та суцільні санітарні рубки (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

**Лісогосподарські заходи, пов'язані із заготівлею деревини у
2019 році**

Вид рубки	Площа, га	Заготівля деревини, м ³		
		запас стовбуровий	запас ліквідний	ділова деревина
Вибіркові санітарні рубки	502,0	7341	6445	236
Суцільні санітарні рубки	266,0	37991	30545	4075
Лісовідновні рубки	22,0	1624	1484	388
Освітлення	152,0	180	139	0
Прочищення	15,0	31	2	0
Проріджування	67,0	1271	1061	120
Прохідні	386,0	9233	7801	862
Разом рубок догляду	620,0	10715	9003	982
Діючі розрахункові щорічні обсяги рубок догляду за лісівничими вимогами				
Освітлення	6,4	50	10	0
Прочищення	73,1	510	170	0
Проріджування	543,7	11190	9060	550
Прохідні	258,8	5740	4690	450
Разом рубок догляду	882,0	17490	13930	1000

Порівняння діючих щорічних розрахункових і фактично виконаних обсягів рубок догляду дозволяють констатувати, що зазначені лісогосподарські заходи не відповідають нормативним обсягам: фактично вони були виконані на 70,3 % запланованої площі, заготівля ліквідної деревини склала 64,6 % від планової.

Недовиконання рубок догляду пояснюється економічними чинниками. Основними проблемами лісокористування є використання застарілих машин і механізмів, відсутність врегульованої цінової політики на лісопродукцію та дієвої ринкової системи її реалізації.

Лісова промисловість в економіці Дніпропетровської області займає незначне місце. Заготівля ліквідної деревини у лісовому господарстві ДОУЛМГ становила 34,3 тис. м³, у тому числі: пиломатеріали і заготовки круглі – 2,5 тис. м³; дров'яна деревина для технологічних потреб – 9,4 тис. м³; дрова для опалення – 21,7 тис. м³.

Заготівля сировинних ресурсів побічного лісового користування здійснюють у відповідності з нормативним документом «Порядок спеціального використання лісових ресурсів», затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 23.05.2007 р. № 761. У лісогосподарських підприємствах Дніпропетровського ОУЛМГ важливими видами побічного користування є: сільгоспкористування – 451 га ріллі; сінокосіння – 514,7 га сіножатей; збір дикорослих плодів, ягід (аронія чорноплідна, груша, абрикос, шипшина, глід); заготівля лікарських трав (кропива глуха, пижмо, чистотіл, деревій, квіти бузини).

На теперішній час промислова заготівля ягід, плодів, лікарських рослин є економічно недоцільною, що пов'язано з незначними обсягами ресурсів та відсутністю сучасних технологій з їхньої переробки. Проте це має соціальний аспект, місцевим населенням проводиться заготівля для задоволення особистих потреб.

Критерій IV *«Підтримання, збереження та відповідне примноження біорізноманіття лісових екосистем»*.

Відповідність цьому критерію може бути оцінено наступними показниками: площа природоохоронних лісів, площа, зайнята насадженнями екзотичних та інтродукованих лісових видів; кількість видів флори та фауни у лісах; площа старовікових природних лісів; кількість та площа об'єктів природно-заповідного фонду.

Збереження видового і ландшафтного різноманіття виступає пріоритетною передумовою сталого розвитку. Сучасний стан мережі об'єктів природно-заповідного фонду Байрачного степу України є неоптимальним і не відповідає європейським нормам щодо кількості об'єктів, їхньої структури та якісного складу.

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Дніпропетровська область посідає одне з останніх місць серед адміністративних областей України за площею заповідних територій. Порівняно із середнім для України відсотком заповідності (5,7 %) цей показник для області на рівні 1,7 % є вкрай незадовільним.

Аналіз структури природно-заповідного фонду (ПЗФ) дозволив встановити, що у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області 12515,4 га земель державного лісового фонду знаходиться під об'єктами природно-заповідного фонду, що становить 22,7 % від загального фонду заповідних об'єктів і територій області.

Структура природно-заповідного фонду представлена:

- природний заповідник – 3766,2 га;
- регіональні ландшафтні парки – 2159,0 га;
- лісові заказники загальнодержавного значення – 2956,0 га;
- ландшафтні заказники загальнодержавного значення – 1360,8 га;
- ботанічні заказники загальнодержавного значення – 207,0 га;
- лісові заказники місцевого значення – 1011,0 га;
- орнітологічні заказники місцевого значення – 643,0 га;
- ботанічні пам'ятки природи місцевого значення – 156,0 га;
- гідрологічні пам'ятки природи місцевого значення – 1,5 га;
- парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва – 221,0 га;
- заповідні урочища – 33,9 га.

На наш погляд, дискусійним є факт наявності значної частки об'єктів та територій природно-заповідного фонду, які знаходяться у структурі лісового фонду регіону дослідження у межах степової природної зони. У Байрачному степу України, ліс – інтразональна екосистема, переважно має штучне походження, сформований незначною кількістю лісотвірних видів та характеризується найбільшим поширенням перестиглих насаджень з низькою соціологічною цінністю. Природоохоронний статус об'єктів ПЗФ унеможливорює здійснення лісогосподарських заходів, що призводить до формування деревостанів

незадовільного фітосанітарного стану і робить сумнівною природоохоронну цінність досліджуваних об'єктів.

Критерій V *«Підтримання та розвиток захисних функцій лісів у лісовому господарстві, особливо протиерозійних та водозахисних»*.

Серед індикаторів цього критерія – площа лісів зі схильними до ерозії ґрунтами та площа захисних лісів

Одним із головних завдань лісогосподарських підприємств Дніпропетровської області є розвиток кліматорегулюючих, рекреаційних та найголовніше, захисних властивостей штучних лісових насаджень. Ліси мають зменшувати негативні наслідки природних явищ, захищати ґрунти від ерозії та сприяти регулюванню стіку поверхневих вод. Тому, ведення лісового господарства вимагає впровадження природозберігаючих сучасних технологічних процесів та устаткування.

Удосконалення управління меліоративними властивостями лісів повинно базуватися на принципах розміщення різних категорій захисних насаджень на ландшафтно-екологічних та водозбірних засадах, які викладені у «Рекомендаціях щодо принципів застосування лісових меліорацій на ландшафтно-екологічній основі» розроблених фахівцями УкрНДІЛГА.

Більшість лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України (24,6 тис. га або 37,4 % від площі ділянок вкритих лісовою рослинністю державних лісогосподарських підприємств) у регіоні дослідження віднесено до функціональної категорії захисних лісів, які попереджають ерозію ґрунту та затримують твердий стік. У площині захисного лісорозведення регіональною програмою «Ліси України» до 2015 року передбачалося створення нових лісових насаджень на 32,3 тис. га площі, проте реалізацію програми здійснено не було. На рис. 1.6 наведено розподіл площі, яка зайнята захисними насадженнями за групами лісотвірних видів. Хвойні види представлені сосною звичайною, деревостани якої займають до 20 % площі захисних лісів. Три чверті площі ділянок вкритих лісовою рослинністю у захисних лісах знаходяться під деревостанами твердолистяних видів, переважно дубом

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

високостовбурним та робінією несправжньоакацією, питома частка площі протиерозійних лісів у регіоні дослідження (35,1 %) вкрита лісовими робінієвими деревостанами.

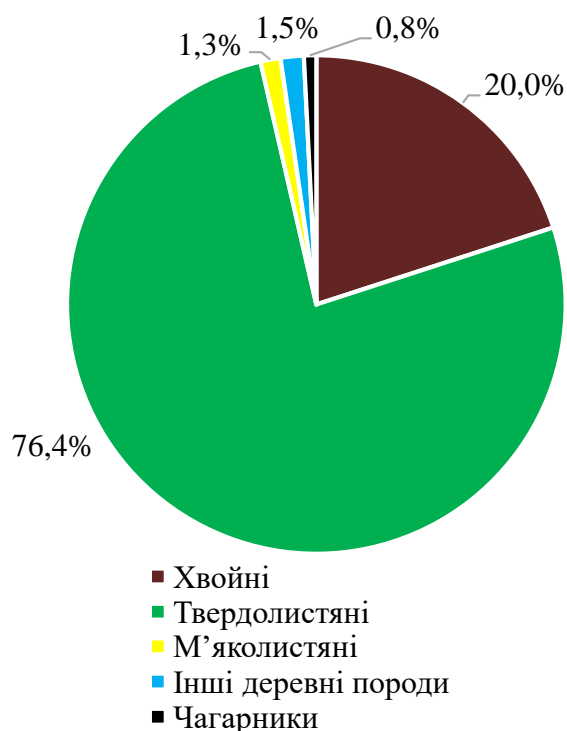


Рис. 1.6. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю ділянок захисних лісів за групами лісотвірних видів, %

Дані вікової структури деревостанів захисних лісів станом на 01.01.2020 р. наведені у табл. 1.7.

Деревостани деревостани робінії несправжньоакації мають такий розподіл площі за групами віку, га: молодняки – 217,2 (6,4 % від площі молодняків захисних лісів); середньовікові – 230,2 (3,1 %); пристиглі – 131,5 (9,0 %) ; стиглі – 1713,5 (48,1 %); перестиглі – 6282,9 (93,5 %), тобто у захисних лісах переважають перестиглі деревостани робінії. Санітарний стан перестиглих деревостанів може знижувати захисний потенціал лісів та потребувати значних вкладень у їх догляд.

Таблиця 1.7

Площа ділянок вкритих лісовою рослинністю у захисних лісах, га

Групи лісотвірних видів	Групи віку				
	молодняки	середньовікові	пристиглі	стиглі	перестиглі

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Хвойні	1702,3	3208,2	6,5	–	–
Твердолистяні	1628,1	5952,2	1333,0	3347,4	6562,4
М'яколистяні	0,6	80,9	45,7	87,1	103,9
Інші деревні види	62,1	182,4	45,3	35,9	32,1
Чагарники	17,8	32,3	34,4	93,7	18,1
Загалом	3410,9	9456,0	1464,9	3564,1	6716,5

Критерій VI «Підтримання соціально-економічних функцій лісів».

Індикаторами оцінювання підтримання соціально-економічних функцій є: внесок лісової галузі у регіональний соціокультурний розвиток; частка лісової продукції у валовому національному продукті; внесок лісової галузі в економіку регіону; динаміка зайнятості та відсоток людей, працюючих у лісовій галузі, участь громадськості у лісоуправлінні.

Кваліфікованими трудовими ресурсами для ведення лісового господарства підприємства Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства забезпечені на 79 %. Станом на 01.01.2020 р. чисельність працівників підприємств на посадах згідно класифікатора професій за штатним розписом – 537, фактично працюючі – 424. Наразі наявна нестача інженерних працівників з лісових культур, охорони й захисту лісу. Соціально-економічними проблемами лісівників є відсутність достатнього, або навіть відсутність, бюджетного фінансування для реалізації програм розвитку галузі та недостатній рівень впровадження сучасних засобів виробництва.

Таким чином, аналіз відповідності функціональних показників лісового господарства Байрачного степу України критеріям сталого розвитку свідчить про наявність достатньої кількості проблемних питань. Забезпечення сталого управління й ефективного вирішення проблем господарювання у лісах степової природної зони потребує конструктивного діалогу на загальнодержавному і регіональному рівнях між органами державного управління у лісовій галузі, об'єднаними територіальними громадами, громадськими природоохоронними організаціями задля розроблення й прийняття виважених

1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

доцільних управлінських рішень та їх реалізації у діяльності лісогосподарських підприємств.

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Біоекологічна характеристика та прикладні аспекти використання *Robinia pseudoacacia*

Robinia pseudoacacia L. (робінія несправжньоакація, робінія звичайна, акація біла) рослина, яка належить до таксономічних одиниць – Class *Magnoliopsida*, Order: *Fabales*, Family *Fabaceae*, Subfamily *Faboideae*, Tribe *Robinieae*, Genus *Robinia* (<https://www.iucnredlist.org/species/19891648/20138922>).

У межах природного ареалу робінія несправжньоакація – листопадне дерево з розлогою ажурною кроною, досягає 30 м висоти та 120 см у діаметрі стовбура (J. C. Huntley, R. M. Burns, & V. H. Honkala, 1990). Технічно цінна, швидкоросла, меліоративна, ефіроолійна, танідоносна рослина (J. Coetzee, J. P. Steynberg, & P. J. Steynberg, 1995; C. Pollet, B. Jourez, & J. Hebert, 2008). Характеризується значною світлолюбністю, мезотрофністю, є жаро- і посухостійкою рослиною (A. Walkovszky, 1998). Має значний репродуктивний потенціал, розмножується вегетативно та насінням (K. Freudenberg & L. Hartmann, 1953). Для реалізації ростових процесів насіння цього виду вимагає скарифікації. Найкращі показники проростання насіння спостерігаються за умови оброблення сірчаною кислотою (експозиція 75 хвилин), мікрохвилями (700 Вт, 105 секунд) (M. Toumi et al., 2017). Зменшення оптимальної швидкості проростання до 70 % фіксується за умови осмотичного тиску розчину оброблення 4,65 (D. R. Roberts & S. V. Carpenter, 1983).

Природний ареал *Robinia pseudoacacia* – Атлантично-північноамериканська область Бореального підцарства Голарктичного царства (E. L. Little, 1976; A. Л. Тахтаджян, 1978) (рис. 2.1).

Робінія несправжньоакація – один з найбільш поширених деревних видів: за площею її штучні деревостани займають друге місце у світі, після насаджень тополь (T. Wojda et al, 2015). За

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

оцінками G. Li, G. Xu, K. Guo, & S. Du (2014) площа плантацій *Robinia pseudoacacia* за межами її природного ареалу становить понад 30 тис. км² у 35 країнах Європи, Азії, Південної Америки, Африки, Австралії та Нової Зеландії.

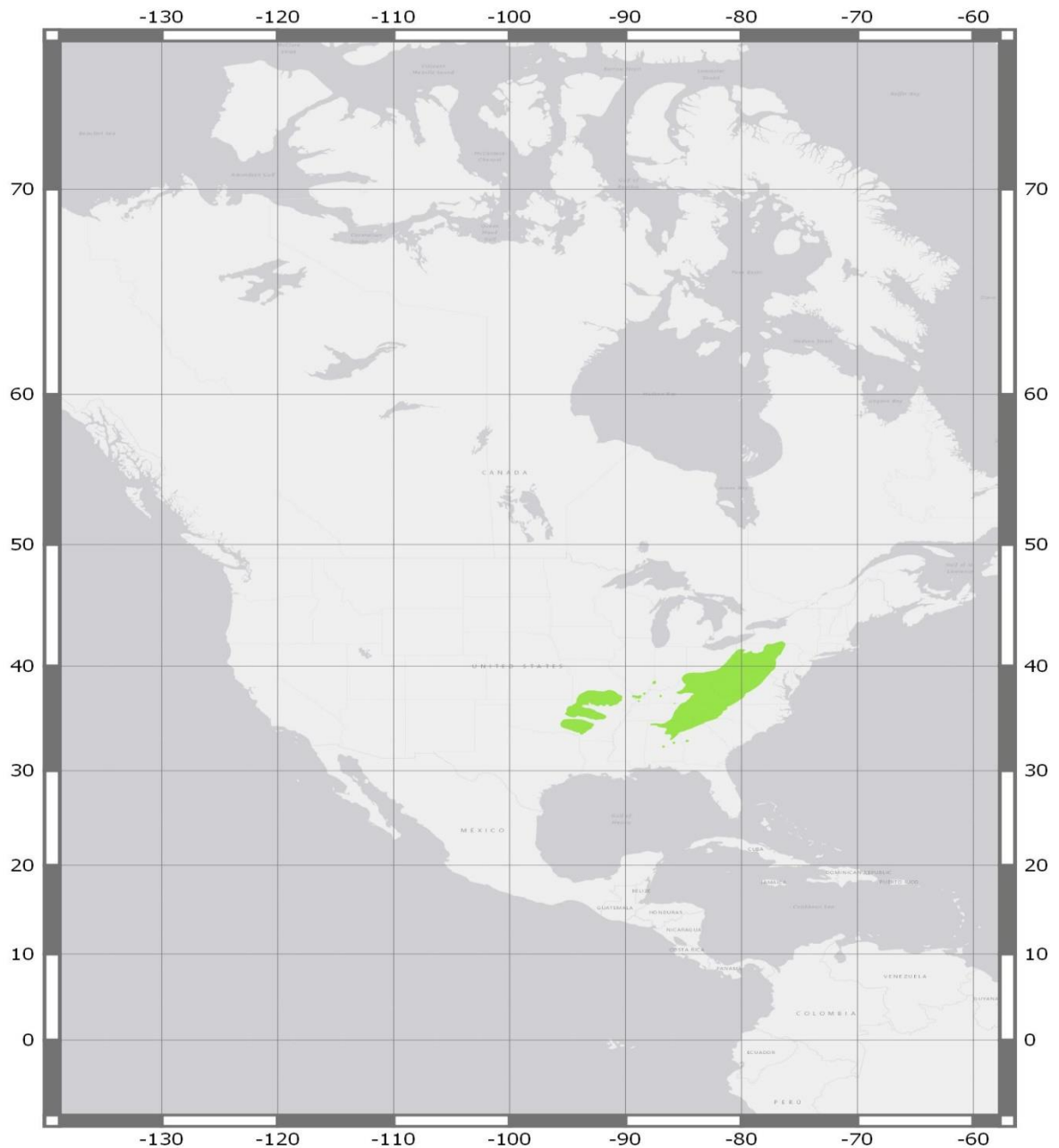


Рис. 2.1. Природний ареал *Robinia pseudoacacia* (USGS Geosciences and Environmental Change Science Center: Digital Representations of Tree Species Range Maps, Robinia_pseudoacacia_distribution_map.png)

Північна межа поширення досліджуваного виду знаходилася на рівні географічних координат 60° п.ш. (K. Wein, 1930), за даними S. E. Reichard (1994) лінія поширення робінії несправжньоакації у 1825 р. обмежувалася 50–54° п.ш. У роботі G. Li et al. (2018) наведено кліматичну нішу природнього ареалу *Robinia pseudoacacia* та регіонів культивування у Північній Америці, Європі, Східній Азії та Австралії; запропоновані моделі прогнозування районів світу з відповідними абіотичними чинниками для інтродукції та плантаційного вирощування цього виду з урахуванням змін клімату.

Робінія зростає у кліматично теплих районах з середньорічною температурою 6–11 °С (R. J. Reinsvold & Ph. E. Pore, 1987). У межах Байрачного степу України культивування робінієвих деревостанів відбувається за середньорічної температури 5,4–10,8 °С (V. Lovynska & S. Sytnyk, 2016).

Створення лісових культур *Robinia pseudoacacia* є більш успішним у районах з субконтинентальним або субсередземноморським кліматом, ніж у регіонах, клімат яких обумовлений впливом океану (A. Warne, 2016). Робінію переважно культивують на територіях до 700 м над рівнем моря, але у південних районах вона може натуралізуватися на висотах понад 1000 м над рівнем моря. У Центральній та Північній Європі культивування *Robinia pseudoacacia* обмежено лімітуючими кліматичними чинниками – весняними заморозками у поєднанні з коротким періодом вегетації та гіпоксією ґрунту (A. Cierjacks et al., 2013). Доцільність використання *Robinia pseudoacacia* для боротьби з опустелюванням територій Атласу Сахари зазначена у роботі M. Toumi et al. (2017).

За екологічною стратегією робінія несправжньоакація – експлерент (J. Morimoto, R. Kominami, & T. Koike, 2010; M. Vítková, J. Tonika, & J. Müllerová, 2015; C. Carl et al., 2018). Оскільки поширення інтродукованих рослин може завдавати різноспрямовані впливи на природні угруповання й урбоекосистеми, для правильного і насамперед, об’єктивного розуміння процесу їх імплементації до фітоценозів, інвазії та їх наслідків, необхідний комплексний підхід, який оцінює вплив

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

аллохтонних рослин на структурні компоненти екосистем – аборигенні види рослин, консументи, бактеріо- і мікоценози.

Robinia pseudoacacia включена до переліку 40 найбільш інвазійних деревних покритонасінних рослин світової флори. Національне законодавство Австрії, Чехії, Німеччини, Угорщини, Польщі, Словенії, Швейцарії визнало даний вид високо інвазійним (L. R. Boring & W. T. Swank, 1984; I. Kleinbauer, S. Dullinger, J. Peterseil, & F. Essl, 2010; A. Cierjacks et al., 2013; J. Hanzelka & J. Reif, 2015; R. Crosti, 2016; M. Vítková et al., 2017).

L. Lazzaro et al. (2018) досліджували вплив робінії несправжньоакації на ґрунт та рослинність природних екосистем. Процес інвазії робінії спричинив композиційний зсув у видовому різноманітті фітоценозу, бактеріоценозу, мікроатропод та нематод. Обмежений пул аборигенних деревних видів, відсутність значущих природних антагоністів можуть пригнічувати лісові сукцесії і сприяти розвитку монодомінантних насаджень робінії несправжньоакації віком, понад 70 років. Оцінено вплив робінієвих деревостанів на склад угруповань лісових птахів у центральноевропейських лісах. За присутності робінії у мішаному за складом насажденні, зміни у структурі орнітоценозу та співвідношенні універсальних видів птахів до високоспеціалізованих лісових не виявлено. Види птахів різних екологічних груп використовували інтродукований вид у фокальних лісових насадженнях за умови пропорційної представленості аборигенних видів дерев. Вважається, що ерадикація *Robinia pseudoacacia* з лісу не є необхідною умовою для досягнення цілей збереження птахів, оскільки ця деревна порода не зменшує видове різноманіття птахів, включаючи лісові високоспеціалізовані види (M. Kroftová & J. Reif, 2017).

За відсутності догляду за насадженнями, робінія несправжньоакація здатна інтенсивно розмножуватися вегетативно та утворювати монодомінантні угруповання, проте за умови догляду, проникнення у природні фітоценози не відбувається, тому, за ступенем натуралізації цей лісотвірний вид відносять до епекофітів, тобто видів, які натуралізуються виключно у антропогенно трансформованих ландшафтах.

У природні ценози цей вид не поширюються, у культурах може спостерігатися інтенсивне вегетативне розмноження та подальше розповсюдження (Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, & Л. В. Хорун, 2010; Ю. К. Виноградова, А. Г. Куклина, & Е. В. Ткачєва, 2014; Н. А. Коляда & А. С. Коляда, 2018).

Стратифікований підхід до лісонасаджень робінії несправжньоакації, який має поєднувати такі критерії: відповідність фізико-географічним і кліматичним умовам зростання, доцільність вибору функціонального призначення насадження, оптимальний лісівничий догляд з врахуванням біологічних і екологічних особливостей виду, є доцільним варіантом для досягнення збалансованого функціонування лісових культур цього виду у ландшафтному просторі степових регіонів України.

Роль інтродукції рослин на сучасному етапі її розвитку досить багатовекторна: для лісового господарства – джерело експериментального матеріалу. Інтродукція рослин для цілей лісорозведення відіграє важливу роль у поліпшенні видового складу і біотичної продуктивності лісів, створенні штучних лісових фітоценозів, які можуть бути стійкішими до лімітуючих абіотичних чинників та витримувати більші техногенні навантаження, ніж природні ліси (К. К. Калуцкий & А. И. Обыденников, 1975; К. К. Калуцкий, Г. В. Крылов, & Н. А. Болотов, 1981; G. M. Malcolm, D. S. Bush, & S. K. Rice, 2008). Особливої актуальності вищезазначене набуває в умовах зміни клімату на глобальному і локальному рівнях, що призводить до трансформації площі природних ареалів, регіонів культивування та екологічних ніш біологічних видів.

Робінія несправжньоакація, як швидкорослий, технічно цінний інтродукований вид займає важливе місце у лісовому господарстві багатьох європейських країн (N. J. No et al, 2010; A. Radtke et al., 2013; M. Vítková, J. Pergl, & J. Sádlo, 2016; V. M. Zverkovsky et al., 2018).

Вперше до Європи з Північної Америки робінію несправжньоакацію було привезено садівником французького короля Генріха IV Веспасианом Робіном у 1601 році, на честь

якого Карл Ліней і назвав інтродукований вид Робінією. У Паризькому ботанічному саду зростає дерево, яке було посаджено Робіном (K. Wein, 1930). Першому європейському екземпляру цього північноамериканського біологічного виду у Франції надано природоохоронний статус.

Тривала історична традиція використання робінії несправжньоакації для залісення спричинила її популярність у якості лісотвірного виду і зробило важливою частиною економіки європейських держав (T. Sitzia, A. Cierjacks, D. de Rigo, & G. Caudullo, 2016). Масштабні кампанії по лісорозведенню у Європі на державному рівні були організовані в кінці XIX і початку XX століть (K. Rédei, Z. Osváth-Bujtás, & I. Veperdi, 2008).

Перше створення лісових культур робінії у Європі було здійснено у 1735 році на угорських низинах під керівництвом Йоганна Георга Крамара. Плани залісення у повному обсязі не були реалізовані через смерть князя Євгена фон Саво, мецената і фінансиста цього проекту. Створення лісових культур на 290 га з використанням даного виду відбулося в Угорщині у 1750 році, робінія була висаджена на ґрунтах різних типів – бідних ерозійних пісках, родючих чорноземах (K. Rédei, 1996).

Підвищення попиту на деревину на початку індустріалізації, контроль та екологічна доцільність стабілізації ерозії й закріплення піщаних ґрунтів, пом'якшення екстремальних кліматичних умов обумовили масове закладання плантацій швидкорослої робінії в Угорщині на початку 19-го століття. Значна редуція лісів наприкінці Першої світової війни призвела до національної програми залісення в Угорщині, в якій *Robinia pseudoacacia* стала одним з домінантних лісотвірних видів (I. Csiha, 2013). Цей біологічний вид глибоко інтегрований у економіку Угорщини, його використовують у деревообробній, меблевій промисловості, будівництві, забезпеченні населення дров'яною деревиною. Реакцією угорського суспільства на включення робінії несправжньоакації до списку інвазійних рослин і запровадження заходів боротьби з її поширенням, була пропозиція надання цьому виду назви *Robinia hungarica*, тобто робінія угорська (<http://www.robiniagroup.hu>).

Деревина робінії несправжньоакації за рахунок цінних фізичних характеристик та значної стійкості до агресивних біотичних впливів є затребуваним ресурсом (Т. Scheffer & Н. Норр, 1949; М. J. Stolarski et al., 2013). Доцільне використання деревини цього біологічного виду у будівельній промисловості доведено реалізацією масштабних європейських проектів деревообробного підприємства, яке використовує для виготовлення будівельних конструкцій виключно деревину зазначеного виду. На виготовлення покриття стадіону Letzigrund у місті Цюрих (Швейцарія) було використано 210 км робінієвих пиломатеріалів, на покриття даху конгрес-центру м. Монс (Бельгія) – 30 тис. м² (<https://derevoobrobnyk.com/a/939a64ae2c52/pryhody-robiniiyi-v-yeuropejskij-krayini>).

У інших країнах Європи, робінія несправжньоакація також набула застосування як лісотвірний вид, через швидкорослість, стійкість до ентомошкідників і фітопатогенів, технічно цінну деревину і здатність стабілізувати ґрунти. У роботі М. Vítková et al. (2017) наведені роки первинного введення цього виду до складу лісової флори у країнах Європи (рік): Німеччина – 1672; Угорщина, Чехія – 1710; Словаччина – 1720; Швейцарія – 1800; Польща – 1806. У Словенії інтродукція сталася пізніше, тому не відбулося масового заліснення, культивування робінії здійснюються у певних регіонах задля забезпечення фермерів деревиною, яку використовують для стовпів виноградників і винних бочок.

На рис. 2.2 наведено карту Центральної Європи із зазначенням регіонів з найбільшою зустрічальністю лісових насаджень *Robinia pseudoacacia* за даними національних інституцій (рік): Чехія – Forest Management Institute, 2014; Німеччина – Bundesamt für Naturschutz, 2013.; Угорщина – State Forest Service Mapping Department, 2006, Словаччина – Slovakian Forest Portal, 2011; Швейцарія – National Forest Inventory, 1983–1985 роки (М. Vitkova et al., 2017).

У Польщі робінієві насадження розповсюджені територією майже усієї країни (3,4 % площі державних лісів), з найвищою концентрацією на заході. У Словаччині деревостани *Robinia*

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

pseudoacacia складають 1,7 % площі державних лісів, поширені у південних і південно-східних Панонських низинах (M. Vitkova et al., 2017). У лісах Іспанії досліджували вплив складу деревостанів та схем змішування у робінієвих насадженнях на формування фітомаси деревостанів (N. Oliveira et al., 2018).



Рис. 2.2. Райони Центральної Європи з найвищою зустрічальністю *Robinia pseudoacacia L.* (M. Vitkova et al., 2017).

У Німеччині цей інтродукований деревний вид поширений незначно, охоплюючи до 0,3 % площі лісів. Дослідження німецьких вчених спрямовані на оцінювання впливу елементів мінерального живлення на режим конкуренції дерев робінії несправжньоакації за підземні та наземні ресурси (C. Carl et al., 2018), формування архітекtonіки крон дерев (D. Bayer, A. Reischl, T. Rötzer, & H. Pretzsch, 2018) та середовищетвірного впливу на мікрокліматичні температурні показники (M. Rahman et al., 2018). У Чехії й Швейцарії робінія несправжньоакація використовується для захисту крутих еродованих схилів уздовж річок і транспортних коридорів, які знаходяться під загрозою ерозії ґрунту (M. Vitkova et al., 2017).

В Україну робінія несправжньоакація вперше потрапила з Франції до Одеси на початку ХІХ-го століття, звідки поширилася по усій державі. Вдалі спроби розведення цього виду були зроблені у садах графа А. К. Розумовського (В. И. Гомилевский, 1880). Заснований на початку ХІХ століття Одеський ботанічний сад сприяв поширенню цього виду, у якому щорічно відпускали по кілька тисяч саджанців робінії (Г. А. Гладун, 2005). У міські ліси Києва робінію несправжньоакацію вперше було інтродуковано у Пуща-Водицькому лісництві у 1919 році (А. А. Дзиба, 2011).

Досліджуючи деревні види В. И. Гомилевський (1880) відзначив високі технічні якості, які позиціонували робінію, як найбільш доцільне дерево, придатне для лісорозведення у степовій зоні: «Легше розвести десятину акацій, ніж одне дубове дерево, не одна деревна порода не розводиться з такою легкістю, як біла акація» – цитати з керівництва для землевласників «Підстава лісорозведення в степах південної Росії», яке було видане у Одесі в 1879 році». Автор дійшов до переконання, що робінія несправжньоакація – вид, якому судилося змінити ландшафт південних степів, відтінити їх ґрунт, дати йому вологу та усунути шкідливу дію на рослинність спеки і злив, пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків, сухих і рвучких вітрів, які сушать ґрунт і ламають такі цінні хліба, як кукурудза і пшениця».

Дослідженню особливостей функціонування цього лісотвірного виду у степових ландшафтах присвячені роботи В. И. Гримальського (1958); М. В. Давидова (1960); Н. А. Лохматова (1985а, 1985б, 1999); Н. А. Лохматова & Г. Б. Гладуна (2004); А. Н. Масюка (2006, 2009); В. В. Танюкевич (2011); В. В. Танюкевич & М. А. Заприводи (2013); О. И. Бабошко & В. В. Танюкевич (2015); Э. И. Трещевская, Е. И. Тихонова, Т. А. Малинина, & С. В. Навалихин (2017).

Робінія несправжньоакація є поліморфним видом. В Україні виділені морфологічні форми зі значним лісокультурним потенціалом, перспективні для степового лісового господарства (С. Г. Коханий, 1979; С. Г. Коханий, 2010):

Robinia pseudoacacia var. *Rectissima* – щоглова, або корабельна форма. Ця морфоформа слабше, ніж основний вид, реагує на фототропічне подразнення, тому має більш прямолінійний

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

стовбур. Відрізняється винятковою міцністю деревини, яка має темно-жовте забарвлення ядра.

Robinia pseudoacacia var. *unermis Rehderi* – безшипова або безголова форма. Ство́бур і гілки дерев робінії несправжньоакації даної морфології позбавлені шипів – редукованих прилистків, які ускладнюють проведення доглядів у робінієвих насадженнях.

Надземна фітомаса дерев робінії несправжньоакації має значний господарчий потенціал завдяки вторинним метаболітам вегетативних і генеративних органів, які відіграють ключову роль у регуляції фізіологічних процесів. Дослідженнями E. Khedive, A. Shirvany, M. Assareh, & T. Sharkey (2017) доведена емісія надземною фітомасою дерев *Robinia pseudoacacia* терпеноїдних сполук: ізопрену – $17,8 \text{ мкг} \cdot \text{кг}^{-1}$ та 2-етілгексанолу у концентрації $7,9 \text{ мкг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Вегетативні надземні органи містить похідні гідроксикоричної кислоти: *n*-кумарову, хлорогенову, ферулову кислоти; кумарини: умбеліферон, скополетин, дафноретин; флавоноїди: кемпферол, кверцетин, робінін, мірицетин, лінарин; токофероли; жирну олію, основними компонентами якої є ліноленова, лінолева, олеїнова кислоти (F. Tian & J. McLaughlin, 2000; T. Sergent, 2014). Кора стовбура містить до 4,0 % дубильних речовин конденсованої групи; токсальбумін робін; ефірну олію; тритерпенові сапоніни: робініозиди E-J, основою яких є аглікони абрисапогенін; фітостерин і стигмастерин (B. Cui, J. Kinjo, & T. Nohara, 1992, 1993). Деревина містить флавоноїди: робінетин, дигідроробінетин, робінетинідол, лейкоробінетинідин, камедь з деревини – полісахаридний колоїд, який містить кальцієву сіль арабінової кислоти (O. Rahmonov, 2009; M. Sanz et al., 2011).

Екстракти з фітомаси робінії можуть слугувати альтернативою ксенобіотиками і замінити штучно синтезовані речовини. Зазначена ефективність використання листя робінії, як ефективних біомоніторів для оцінювання аерополітантив, присутність яких у повітрі встановлювали за протоколом EPA 3550 C 2007 (F. Carozzi et al., 2017).

Фітомаса деревини робінії несправжньоакації може слугувати джерелом біологічно активних сполук, зокрема двох

основних флавоноїдів, робінетину і дигідробінетину, які синтезуються і накопичуються у фітомасі деревини стовбура і листя. Налагодження промислового виробництва екстрактів з надземної фітомаси, збагачених флавоноїдами й використання у фармакологічному виробництві наводить S. Bostyn et al. (2018). Листя робінії несправжньоакації пропонують використовувати як сировину для отримання кормів тваринам шляхом силосування. Для цієї технології запропоновано одинадцять штамів молочнокислих бактерій, серед яких найбільш ефективними визнано штами *Weissella confusa*, *Lactobacillus reuteri* і *Lactobacillus plantarum* (K. Ni et al., 2016).

Генеративні органи робінії несправжньоакації – квітки, містять до 0,12 % етерної олії, до компонентного складу якої входять естери саліцилової кислоти, метиловий естер антранілової кислоти, геліотропін, ліналоол, терпінеол; глікозиди кемпферолу та кверцетину (European Pharmacopoeia, 2001; H. Nasir, Z. Iqbal, S. Hiradate, & Y. Fujii, 2005). У ветеринарній практиці, як імунопотенціатори нового типу запропоновано полісахариди квіток *Robinia pseudoacacia*, які виявляли інактиваційні властивості по відношенню до вірусу геморагічної хвороби та підвищували іммунопротекцію тварин (S. Yang et al., 2017). Екстракти з насіння робінії, у якому ідентифіковано 51 сполуку з переважанням октадекадиєнової кислоти та метилового естеру октадекатриєнової кислоти, виявляли значну інсектицидну активність щодо бавовняної і капустяної попелиць, що слугувало підґрунтям розроблення інноваційного екологічно безпечного інсектициду (H. Jiang et al., 2018).

Проте, переважна більшість сучасної наукової літератури висвітлює ремедіаційний потенціал лісових культур робінії несправжньоакації (P. Hongxiang et al., 2016; J. Qin et al., 2016; L. Duan et al., 2017; P. Mao et al., 2017; S. Yang et al., 2017; M. Aman et al., 2018).

В умовах зміни клімату, природного й антропогенного опустелювання особливої актуальності набуває пошук механізмів нівелювання деградації земель, збереження природних ландшафтів, відновлення порушених і створення збалансованих

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

агроекосистем. Лісова рекультивація є одним з основних управлінських підходів до вирішення проблем, спричинених значною ерозією ґрунтів, інтенсифікація якої спостерігається останнім часом, як наслідки змін клімату на глобальному і локальному рівнях.

Завдяки здатності фіксувати і трансформувати атмосферний азот й швидкому накопиченню надземної фітомаси робінія несправжньоакація визнана одним з найбільш перспективних видів дерев для цілей фіторемедіації (М. М. Рябченко, 2012; P. Horodecki & A. Jagodziński, 2017., Н. Sun et al., 2017) та створення плантацій енергетичних культур (J. W. Hanover, D. Werner, & P. Mólle, 1990; H. Grünwald et al., 2009; O. Dünisch, H-G. Richter, & G. Koch, 2010; D. Mantovani, M. Veste, & D. Freese, 2014).

Добір відповідних біологічних видів для заліснення постіндустріальних і трансформованих аграрних земель може скоротити період їх відновлення, інтенсифікувати процес педогенезу й утворення органічної речовини ґрунту, що може забезпечувати збалансованість екосистем та економічну доцільність менеджменту штучних лісових насаджень захисного функціонального призначення.

Масштабні дослідження меліоративних, морфологічних, фізіологічних, екологічних, стехіометричних властивостей *Robinia pseudoacacia* здійснюються у Центральному Китаї. Плато Лоес – 640 тис. км² площі суходолу, яка розташована у верхній та середній течії річки Хуанхе, між Тибетським плато та монгольськими степами, висота над рівнем моря 300–400 м. Поверхня цієї території складається з лесу до глибини 150–250 м, характеризується масштабною ерозією, яка виявляється у великій кількості балок та ярів з середньою довжиною 5 км·(км²)⁻¹ (М. К. Сапанов, 2008). Локально деградовані ландшафти плато мають значну ступінь трансформації, яка викликана факторами різної етіології: довгостроковими змінами у землекористуванні, інтенсивним веденням сільського господарства, розробленням покладів корисних копалин. Вартість проекту відновлення

деградованих земель склала 500 млн доларів США (М. К. Сапанов и др., 2010).

Результатами досліджень аллохтонних лісотвірних видів у еродованому Плато Лоес *Robinia pseudoacacia* визнана найбільш перспективним видом (P. Mao et al., 2017; I. Chen et al., 2018; L. H. Liang et al., 2018; D. Liu, Y. Huang, H. Sun, & S. An, 2018, J. Liu, 2018).

Особливо цікавим аналіз результатів багатовекторного вивчення робінієвих насаджень китайськими вченими робить подібність фізико-географічних й погодно-кліматичних умов Плато Лоес і Байрачного степу України – лімітуючих абіотичних чинників функціонування деревних рослин, зокрема суми та річного розподілу опадів, дефіциту ґрунтової й атмосферної вологи.

W. Yan, Y. Zhong, & Z. Shanguan (2017) досліджували вплив рекурентної посухи на баланс вуглецю робінії несправжньоакації. Для розуміння відповіді вуглецевого балансу на дію дефіциту вологи спостерігали динамічні зміни фізіологічних ознак асиміляційного апарата. Показано припинення ростових процесів, зменшення інтенсивності засвоєння вуглецю та дихання під час циклів посухи. Крім того, дефіцит вологи спричиняв зменшення діаметра стовбура, що перешкоджало оптимальному функціонуванню флоєми та транслокації вуглецю органічних сполук і призводило до зниження концентрації неструктурних вуглеводів у тканинах дерев робінії несправжньоакації.

Проаналізовано вплив плантації *Robinia pseudoacacia* на родючість ґрунту і доступність ґрунтової вологи у фітоценозі лісової екосистеми. Робінієві культури досягали стиглості близько 30 років. Поживні речовини ґрунту та його вологість у поверхневому шарі збільшувалися з віком до настання стиглості плантації, проте фотосинтетично активне випромінювання на рівні поверхні землі та вологість ґрунту у більш глибоких шарах зменшувалися з набуттям стиглості насадження (M. Kou, P. Garcia-Fayos, S. Hu, & J. Jiao, 2016).

У дослідженні стехіометрії азоту у монокультурах *Pinus tabuliformis* Carr, *Quercus liaotungensis* Koidz і *Robinia pseudoacacia*

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

концентрації цього елемента у різних складових екосистеми: тканинах дерев, рослинах живого надґрунтового покриву і підстилці робінієвих насаджень були значно вищими за пошукові показники у сосновому та дубовому насадженнях (Y. Cao & Y. Chen, 2017).

Реалізація більш значущого меліоративного потенціалу робінії доведено у мішаних за складом насадженнях, порівняно з монокультурами. J. Liu et al. (2018) вивчали морфологічні ознаки: площу листя, вміст сухої речовини листя; фізіологічні ознаки: швидкість фотосинтезу та транспірації, провідність проридів; стехіометричні ознаки: вміст азоту, фосфору та вуглецю у листяній фракції *Robinia pseudoacacia*, яка зростала у штучних лісових плантаціях мішаного за складом насадження з *Ulmus pumila*. Виходячи з отриманих результатів, у листі дерев робінії у мішаній плантації, порівняно із монокультурою, відмічені більша інтенсивність фотосинтезу і підвищення вмісту органічних речовин (азоту, фосфору, вуглецю).

У мішаному лісовому насадженні Лесового плато *Robinia pseudoacacia* і *Pinus tabulaeformis* Carr. концентрація вуглецю і азоту у тонкому корені робінії була більшою на 22 і 23 % відповідно, ніж у сосни китайської. Найбільшій концентрації зазначені елементи досягали у коренях 40-річних дерев робінії порівняно з деревами віком 10 та 25 років (L. Chen et al., 2018).

У надмірно лужних ґрунтах рекультиваційного робінієвого насадження спостерігалася зміна *pH* ґрунту з 8,7 до 8,0 одиниць, щільності від 1,62 до 1,36 г·(см³)⁻¹ (Y. Yuan et al., 2018). У роботі S. Guo et al. (2018) досліджено процеси педогенезу на порушених землях. Показано збільшення вмісту вуглецю мікробної біомаси ґрунту у культурах робінії, які функціонували у складі рекультиваційного насадження на землях, які вийшли з під сільськогосподарського використання, порівняно з ділянками, на яких відбувалося природне поновлення. Відзначено тренд підвищення досліджуваних характеристик з віком робінієвих деревостанів і досягання їх максимумів у 27 років. Збільшення кількості спор арбускулярних мікоризних грибів та вмісту азоту і калію у ґрунтах лісового насадження спостерігалася із

збільшенням віку робінієвого насадження (M. Sheng et al., 2017). Позитивні зміни у видовому складі й структурі мікробіоценозу ризосфери, збільшення вуглецю мікробної біомаси ґрунту робінієвих насаджень зазначені у роботах J. Liu et al., 2018; F. Zhao et al., 2018; S. Huang et al., 2017; W. Hu et al., 2017. Доведено значущий вплив деревостанів робінії несправжньоакації на трансформацію біомаси мікробіоценозу ґрунту у напрямі збільшення вмісту органічного вуглецю у 3,4 рази, нітратів у 5,4 рази у лесових ґрунтах порівняно з ґрунтами ценозів, що утворювалися шляхом природного поновлення. S. Niu et al. (2017) спостерігали збільшення вмісту вуглецю, азоту і фосфору у фракціях фітомаси листя і гілок в угрупованнях робінії несправжньоакації зі збільшенням віку насадження і досяганням максимумів концентрацій у дерев віком 40 років із подальшим зменшенням вмісту зазначених органічних елементів.

Визначення пріоритетів менеджменту робінієвих насаджень неможливе без розуміння екологічної природи та економічного значення виду, врахування інтересів як природоохоронців, так і лісівників. Лісова рекультивація – найважливіший механізм нівелювання антропопресії на довкілля, один з основних управлінських підходів до вирішення проблем, викликаних природною ерозією ґрунтів та техногенною трансформацією ландшафтів.

В Україні використання *Robinia pseudoacacia* у якості серевовищетвірної рослини має значну історію. Меліоративний потенціал робінії при рекультивації трансформованих ландшафтів у Байрачному степу України доведено у роботах В. М. Зверковського (1999), А. Н. Масюка (2006, 2009), Ю. І. Грицана (2000); В. В. Танюкевич & М. А. Заприводи (2014), V. Zverkovskyy et al. (2017), V. Zverkovskyy et al. (2018).

Поширення штучних робінієвих насаджень у степовій зоні України є досить широким: вони представлені у більшості типів ландшафтів, які виділені О. Л. Бельгардом (1971) – плакорах, аренах, заплавах та на усіх видах чорноземів та каштанових ґрунтів. У зоні звичайних південних чорноземів насадження досліджуваного виду зазвичай розповсюджені на сухих і свіжих

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

типах місцезростань. У зоні каштанових ґрунтів насадження робінії зазнають дії надлишкового засолення. На аренах Нижньодніпров'я є ділянки робінієвих насаджень на дуже сухих, сухих і свіжих пісках і супісках, а на приаренних площах зустрічаються на свіжих і вологих ділянках з близьким заляганням ґрунтових вод.

У степовій природній зоні України культури робінії створювали протягом останніх ста років (Н. А. Лохматов & Г. Б. Гладун, 2004). Вперше їх було закладено у степових лісництвах у 1860–1880 рр., у 30-ті роки ХХ сторіччя посаджено численні полезахисні смуги. Робінію використовували для залісення яружно-балкових систем і еродованих схилів.

Серед робінієвих насаджень виділяють три історично складені лісівничі групи:

I група – насадження першого і другого вегетативних поколінь (з парості й кореневої парості) від насінневих насаджень, які були закладені у 1860–1880 рр. У 1950–1970 рр. насадження цієї групи здебільшого було замінені.

II група – насадження, які створені у 30-х роках ХХ сторіччя. Це – яружно-балкові та схиліві протиерозійні насадження. Мають велике розповсюдження на землях лісового фонду. Їхнє походження здебільшого насіннєве, мішане (насіннєве + вегетативне) або вегетативне, з парості першої генерації й кореневої парості.

III група – насадження, які створені у 1950–1990 рр. Це – захисні насадження вздовж водосховищ, по берегах річок, прибалкових і придолинних схилах, яружно-балкових системах, полезахисні смуги.

Тривалі дослідження з використання робінії несправжньоакації у якості фітомеліоранта дозволили визнати даний вид найбільш перспективним для цілей лісової рекультиваци порушених земель у степовій зоні. Запропонована двоетапна система рекультиваци з використанням робінії несправжньоакації, як деревного виду зі значним потенціалом ґрунтополіпшуючих властивостей. Цей вид використовують для створення попередніх лісових культур з подальшим впровадженням більш цінних лісотвірних видів, у тому

числі хвойних, з метою прискорення відновлення порушених земель. Рекультиваційні насадження робінії несправжньоакації на техногенно порушених землях після розробки покладів корисних копалин відкритим способом у віці 30 років продукують до 45 т·га⁻¹ надземної фітомаси, формують на відвалах примітивні ґрунти для подальших природних сукцесій (Э. И. Трещевская, Е. И. Тихонова, Т. А. Малинина, & С. В. Навалихин, 2017). В. В. Танюкевич & М. А. Запривода (2014) зазначають формування під наметом меліоративних робінієвих угруповань Донецького кряжа примітивних ґрунтів потужністю 2–3 см з вмістом гумусоподібних речовин від 4,38 до 7,30 %.

Аналіз історичних і сучасних наукових робіт українських і закордонних дослідників, які присвячені всебічному вивченню біологічного виду *Robinia pseudoacacia*, її поширенню за межі природного ареалу, результатам інтродукції, екологічній стратегії виду, і найголовніше, різним аспектам господарчого і фітореMediaційного потенціалу, дозволяють констатувати доцільність вибору даного виду, який формує лісові насадження у степовій зоні України, для дослідження,

У Байрачному степу України контроль та ефективний менеджмент штучними насадженнями робінії несправжньоакації, яка є швидкорослим, технічно-цінним лісотвірним видом, може забезпечити їх доцільне функціонування на регіональному рівні, сприяти вирішенню енергетичних питань, надавати екосистемні функції – продукувати кисень і депонувати вуглець техногенного походження. Значний фітореMediaційний потенціал дозволить отримувати економічні дивіденди при залученні цього виду до складу рекультиваційних насаджень на порушених ерозією ґрунтах та техногенно змінених ландшафтах розробок покладів корисних копалин, що є низкою актуальних екологічних проблем регіону дослідження.

Таким чином, вибір деревостанів робінії несправжньоакації для дослідження зумовлено такими передумовами:

– значна площа у лісах Байрачного степу – 17,7 тис. га (27,6 % від площі ділянок вкритих лісовою рослинністю);

- виконання робінієвими деревостанами екосистемних функцій та їх значний ремедіаційний потенціал;
- відсутність актуальних даних для таксації дерев та деревостанів, які функціонують у лісогосподарській області Байрачного степу;
- постійне зростання попиту та вартості дров'яної деревини;
- відсутність інформаційно-довідкового забезпечення оцінювання біотичної продуктивності дерев та деревостанів за компонентами надземної фітомаси.

2.2. Фізико-географічні та кліматичні умови Байрачного степу України

Фізико-географічні умови території природних зон є основними регуляторами культивування інтродукованих рослин, у тому числі й при створенні лісових культур. Ріст і розвиток лісових насаджень зумовлені значним числом абіотичних факторів, проте лімітуючими, насамперед, виступають кліматичні та едафічні. Відповідність умов зростання екологічним вимогам деревних лісотвірних видів є запорукою успішності створення і подальшого функціонування лісостанів у межах нових географічних зон, які за фізико-географічними умовами можуть значно відрізнятися від природних ареалів.

Лісовому господарству України запропоновані численні варіанти лісогосподарського та геоботанічного районування (А. Г. Солдатов, С. Ю. Тюков, & В. М. Туркенич, 1960; Д. Д. Лавриненко, 1961; Т. А. Клевцов, 1963; Г. Ф. Горбачев, 1974; Т. Л. Андрієнко, Г. І. Білик, & Є. М. Брадіс, 1977; 1971; Б. П. Колесников, 1973; С. Ф. Курнаев, 1973; П. С. Пастернак и др., 1980; С. А. Генсірук, 1981; А. Н. Громцев, 1992).

Сучасною науковою основою ведення лісового господарства в Україні є комплексне лісогосподарське районування, запропоноване С. А. Генсіруком (2002), яке надає можливості визначення пріоритетних видів користування лісом з метою підвищення їх середовищевірної та рекреаційної ролі,

розроблення ефективних методів і способів відновлення лісів, механізмів захисту і охорони лісових насаджень. Аналіз еколого-економічних чинників дозволив автору виділити на території України чотири рівнинні лісогосподарські області: Полісся, Лісостеп, Північний (Байрачний) степ, Південний сухий (безлісий) степ. Лісогосподарська область, яка характеризується певним типом ландшафту, з відповідними для нього особливостями ґрунтового покриву, рослинного і тваринного світу, повинна мати індивідуальні системи менеджменту лісового господарства.

У системі комплексного лісогосподарського районування території України структурною одиницею районування є лісогосподарські округи, які мають свої зонально-географічні системи ведення лісового господарства. При виділенні лісогосподарських округів враховувалися геолого-геоморфологічні особливості, показники лісистості, цільове призначення лісів, характер панівних рослинних формацій, специфіка лісовідновних заходів, переважання основних лісотвірних видів, їх продуктивність, обсяг користування лісом, інтенсивність лісогосподарського виробництва, промисловий комплекс, ступінь урбанізації, зони сільськогосподарської спеціалізації, структура природно-заповідного фонду. Найнижчою одиницею районування є лісогосподарський район – частина округу, однорідна за ландшафтом, комплексом фітоценозів, складом флори і особливостями лісового господарства.

Враховання комплексу різноманітних природних і господарчих факторів надає цій методиці певної об'єктивності та значної науково-практичної цінності, вищенаведене і слугувало підґрунтям вибору території регіону дослідження – лісогосподарську область Байрачний степ України.

Область Байрачного степу простягається від південної межі Лісостепу до Південного (безлісого) степу і займає площу 140 тис. км² (рис. 2.3). На території досліджуваної лісогосподарської області виділено три лісогосподарські округи (С. А. Генсірук, 2002):

– Правобережно-Дніпровський північностеповий з
лісогосподарськими районами – Дністровсько-Бузький з

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

різнотравно-типчакowo-ковиловими степами, і байрачними дубовими лісами; Бузько-Дніпровський з різнотравно-типчакowo-ковиловими степами, невеликими байрачними лісами, заплавними лугами та рослинністю гранітних оголень;

– Лівобережно-Дніпровський північностеповий (райони – Лівобережно-степовий Придніпровської низовини з різнотравно-типчакowo-ковиловими степами, байрачними дубовими, дубово-сосновими лісами і заплавними лугами; Північно-східний Приазовський з різнотравно-типчакowo-ковиловими степами і острівними ділянками дубових лісів; Донецький (інтразональний Лісостеп) з різнотравно-типчакowo-ковиловими степами, байрачними дубовими лісами та рослинністю кам'янистих оголень;

– Донецько-Донський північностеповий: лісогосподарські райони – Лівобережно-Придонецький з різнотравно-типчакowo-ковиловими степами, байрачними дубовими, сосновими, дубово-сосновими лісами на терасах, заплавними лугами та рослинністю крейдових оголень.

Дослідження, спрямоване на оцінювання біопродуктивності дерев і деревостанів робінії несправжньоакації за компонентами надземної фітомаси, встановлення їх екологічного й енергетичного потенціалу проведено у Право- і Лівобережно-Дніпровських північностепових округах лісогосподарської області Байрачного степу України, що потребує детального аналізування геоморфологічних, едафічних та кліматичних умов культивування згаданого лісотвірного виду у регіоні дослідження (рис. 2.3).

За геологічними умовами лісогосподарська область Байрачного степу поділяється на два субрегіони: Український кристалічний щит – 65 % площі області та Дніпровсько-Донецька западина, решта 35 % (<http://www.geograf.com.ua/library/geoinfocentre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resources-dniepropetrovsk>).

Український щит займає правобережну частину та південь лівобережної частини лісогосподарської області. Кристалічний фундамент залягає на глибині від нуля до кількох десятків метрів. Антиклінальні структури Придніпровського мегаблока Українського щита поділяються на лінійні та куполоподібні з

переважним поширенням метасоматичних гранітоїдів, які виникли в умовах амфіболітової і гранулітової фацій регіонального метаморфізму, а також пізньоорогенних мікроклінних гранітів. Дніпровсько-Донецька западина представлена південним бортом і відділена від щита глибинними розломами (Г. Рудько, 1995).

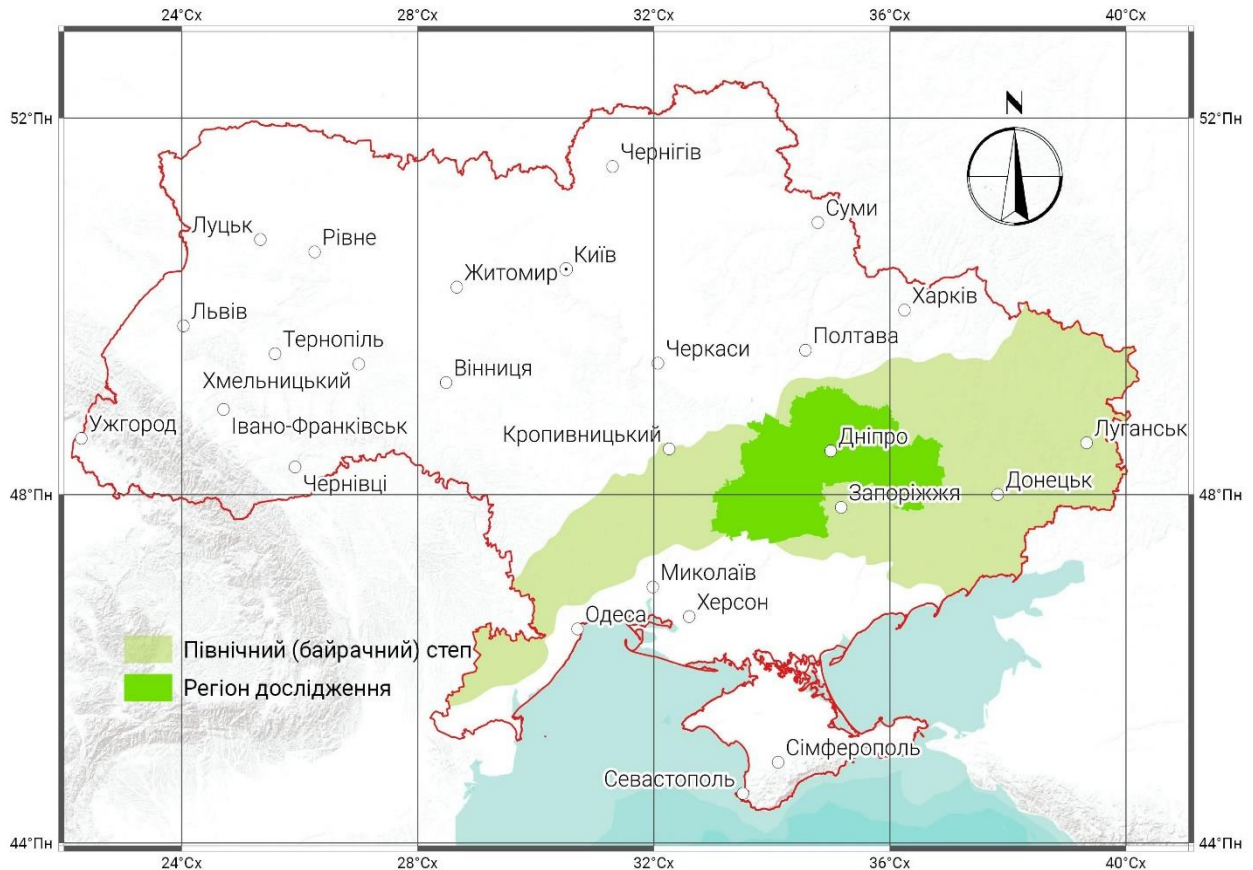


Рис. 2.3. Регіон дослідження робінієвих деревостанів у Байрачному степу України

Геологічні поклади мають специфічний характер у кожній із зазначених тектонічних областей, зважаючи на відмінності у геологічній історії розвитку. Український щит вкритий незначним шаром осадових порід палеогену і неогену, які представлені вапняками, пісками, глинами, алевритами, залізистими кварцитами.

На схилі щита наявне потужніше нашарування осадових порід, але на поверхню виходять неогенові та пліоценові відклади –

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

глини, алеврити, піски. Антропогенні відклади представлені плейстоценовими делювіальними суглинками та лесами. У долині Дніпра їх змінюють еоценові еолово-делювіальні та елювіальні відклади, а безпосередньо на терасах Дніпра та його притоків залягають алювіальні піски плейстоценового віку.

Геологічна будова у структурі корисних копалин Байрачного степу зумовила наявність рудної (руди Мангану, Титану, Нікелю, Урану) та нерудної (каолін, граніт, формувальний пісок, талькомагнезит, вогнетривкі глини) сировини.

Характерними особливостями геологічної будови досліджуваної території є сейсмостійкість тектонічної основи (сила землетрусів зазвичай не перевищує 2,0–2,5 бали), міцність кристалічного фундаменту і підстилаючих порід, значна поширеність рудних корисних копалин, розташування системи глибинних розломів, підвищений рівень природного радіаційного фону внаслідок впливу магматичних порід.

Байрачний степ України характеризується рівнинним рельєфом, відмінності якого між правим та лівим берегом Дніпра обумовлені різною геологічною будовою. Правобережжя досліджуваної лісогосподарської області зайняте Придніпровською височиною із середніми висотами 100–150 м над рівнем моря з максимальною відміткою 192 м. У південно-східному напрямку височина поступово знижується і обривається до долини Дніпра крутим уступом. Загалом поверхня височини дуже розчленована глибокими долинами річок, балками і ярами, по схилах яких досить частими є виходи на поверхню кристалічних порід Українського щита. Загальна глибина розчленування рельєфу 70–150 м. На крайньому південному заході області ця височина переходить у Причорноморську низовину, поверхня якої одноманітно хвиляста, з відмітками рельєфу близько 50 м та незначним загальним розчленуванням до 75 м. Тут спостерігається зниження поверхні кристалічних порід з півночі на південь. У рельєфі характерні широкі плоскі межиріччя, ускладнені відлогими балками, а також невиразними замкненими зниженнями, так званими «подами», глибиною 2–5 м, діаметром 300–500 м.

Лівобережна частина лісогосподарської області зайнята Придніпровською низовиною – слабкохвилястою лесовою

стародавньою долиною Дніпра з чисельними надзаплавними терасами, яка на півдні переходить у пластову денудаційно-аккумулятивну слабкорозчленовану Причорноморську низовину. Придніпровську долину перетинають знижені долини річок Орїлі та Самари, у межиріччі яких характерним є значний розвиток яружно-балкової мережі. Середня висота поверхні над рівнем моря близько 130 м, найбільшими значеннями висот характеризується межиріччя, найменшими – заплави.

У досліджуваній лісогосподарській області поширені різноманітні несприятливі фізико-географічні процеси (Г. Рудько, 1995; О. П. Семеряга, 2013). Найбільшого поширення отримала лінійна водна ерозія ґрунтів, особливо на територіях з пересіченим рельєфом. У Лівобережно-Дніпровському лісогосподарському окрузі превалює площинна ерозія. На височинах інтенсивною є вітрова ерозія ґрунтів. Повсюдний характер мають процеси просідання лесових порід. У межах долини Дніпра наявні зсувонебезпечні ділянки, а у басейні Орїлі – території з ризиком підтоплення.

Рельєф поверхні землі істотно впливає на утворення певних, властивих тільки даній місцевості, типів ґрунтів. Основною ґрунтоутворюючою геологічною породою більшої частини території досліджуваній лісогосподарській області є лес, з основою у вигляді пухких карбонатних порід.

Територія Байрачного степу України належить до помірно посушливої степової північної ґрунтово-екологічної зони, підзони степової північно-центральної (Н. Е. Бекаревич, Н. И. Левищина, & М. П. Сонько, 1966).

Ґрунтовий покрив досліджуваній лісогосподарській області у просторовому відношенні має континуальний характер розвитку ґрунтових тіл і характеризується відсутністю дискретних їх індивідуумів із чіткими природними межами (А. П. Травлєєв, 1972). Це організований у просторі та часі єдиний функціональний комплекс з різними рівнями організації, кожний з яких характеризується специфічними ознаками взаємозв'язку між кількісними показниками властивостей ґрунту та параметрами природних і антропогенних факторів їх формування.

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Згідно з генетичною еколого-субстантивною класифікацією ґрунтів України та легендою ґрунтової карти світу ФАО ЮНЕСКО основні ґрунти степової зони належать до типу чорноземи звичайні, чорноземи південні, чорноземно-лучні, лучно-болотні, алювіально-лучні, дернові ґрунти та рекультивіземи (В. И. Черняк & В. П. Глухохід, 1969; П. Ф. Калинина и др., 1971; М. І. Полупан, В. Б. Соловей, & В. А. Величко, 2005). За даними Н. А. Беловой & А. П. Травлеєва (1999) окрім перелічених вище ґрунтів, існують чорноземи звичайні лісопокращені та чорноземи лісові.

Найбільш поширеною зональною генетичною групою ґрунтів є чорноземи звичайні, які утворилися на лесових суглинках під різнотравною і типчаково-ковиловою степовою рослинністю в умовах посушливого клімату, періодично промивного водного режиму і глибокого залягання ґрунтових вод (Н. Н. Цветкова, 1992). Вони займають вододільні плато та прилеглі до них схили у північній, центральній та частково південній частинах досліджуваної області. Цей тип ґрунтів має виражену зернисту структуру, добру водопроникність, достатню волого- і повітроємність. Потужність чорноземних ґрунтів становить 60–80 см, вміст гумусу до 6,5 %, реакція ґрунтового розчину нейтральна або слаболужна.

У заплавах річок Байрачного степу України характерним є розвиток алювіальних процесів, які нівелюють зональні особливості ґрунтоутворення, тому інтразональні типи ґрунтів зосереджені у долинах річок, зокрема Дніпра і Самари. У прируслових, центральних і притерасових частинах заплав розповсюджені лучно-солонцюваті, лучно-лісові, болотні, болотно-лісові, дерново-борові ґрунти (рис. 2.4) (Н. М. Цветкова, О. Є. Пахомов, С. М. Сердюк, & М. С. Якуба, 2016).

Природний ґрунтовий покрив зберігся лише в непорушених антропогенною діяльністю ділянках під природними лісами, штучними насадженнями, на схилах і тальвегах ярів. Ґрунти техногенних територій на відміну від зональних ґрунтів, характерних для регіону дослідження, зазнаючи антропопресії



Рис. 2.4. Ґрунти регіону досліджень у Байрачному степу України (<http://geomap.land.kiev.ua/obl-3.html>)

набувають ряд негативних рис – порушення структури і співвідношення елементів мінерального живлення, зміну реакції ґрунтового розчину, зниження буферної здатності, перехід доступних форм поживних речовин у малодоступні для рослин сполуки, зменшення швидкості трансформації органічних речовин (О. В. Медведєва, 2004).

Більша частина території лісгосподарської області Байрачного степу України розташована у межах гідрогеологічної провінції Українського щита, крайній північний схід – у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (<http://www.geograf.com.ua/library/geoinfocentre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resources-dniepropetrovsk>).

Середня густина річкової мережі становить – $0,27 \text{ км} \cdot (\text{км}^2)^{-1}$, забезпеченість водними ресурсами – $460 \text{ тис. м}^3 \cdot (\text{км}^2)^{-1}$ площі, проте ресурси місцевого стіку складають лише $20 \text{ тис. м}^3 \cdot (\text{км}^2)^{-1}$. Стік поверхневих вод річки Дніпро є транзитним, зарегульованим каскадом водосховищ – Дніпровським, Дніпродзержинським, Каховським. У межах регіону дослідження ріка Дніпро приймає численні, проте маловодні притоки, праві – Томаківка, Солона, Базувлук, Кам'янка, ліві – Оріль, Самара.

Домінуючий вплив на функціонування природних екосистем спричиняють регіональні кліматичні та погодні показники. Наслідки зміни клімату перш за все позначаються на процесах формування надземної біомаси фітоценозів (В. Л. Мешкова, 2001; С. І. Сніжко, О. І. Скрипник, & І. М. Щер-бань, 2007; Т. І. Адаменко, 2014; Ю. І. Гайда, 2014; О. Л. Кача-ова, К. М. Норенко, & Я. П. Дідух, 2014; В. С. Ткаченко & С. Г. Бойченко, 2014; А. Швиденко та ін., 2014; С. О. Беляков, 2015; А. З. Швиденко, І. Ф. Букша, & С. В. Краковська, 2018).

Особливості клімату певної природної зони формуються у результаті взаємодії ряду кліматотвірних чинників, найважливішими з яких є: кількість сонячної радіації, яка надходить на земну поверхню; циркуляція атмосфери; характер підстилаючої поверхні. Клімат залежить від географічної широти, висоти місцевості над рівнем моря, віддаленості території від океанів (Н. С. Чугай, 1973).

Байрачний степ України розташований у помірному кліматичному поясі в області м'якого помірно континентального клімату. Континентальність збільшується з південного заходу на схід, що узгоджується зі збільшенням у цьому напрямку амплітуди добових та річних температур повітря.

Основним фактором кліматоутворення є сонячна радіація. Її розподіл залежить від географічної широти, яка визначає кут падіння сонячних променів і тривалість світлового дня, тобто показники сумарної сонячної радіації. Величини річної сумарної сонячної радіації у Байрачному степу України змінюються з півночі на південь від 4200 до 4400 МДж·(м²)⁻¹, сума активних температур вище 10 °С – від 2700 до 3400 (А. С. Горб & Н. М. Дук, 2006).

Однією з головних характеристик радіаційного та світлового режимів є тривалість сонячного сяяння, яка має виражений річний хід, обумовлений змінами тривалості дня, хмарністю протягом року, прозорістю атмосфери та ступенем закритості горизонту. Байрачний степ України знаходиться у середніх широтах помірного поясу освітленості, де висота Сонця завжди менша від 90 °. Тривалість сонячного саява становить від 2050 до 2150 годин на рік, найбільша тривалість (280–310 годин) відмічається з червня по серпень, мінімальні значення (30–40 годин) припадають на грудень (В. Ф. Логинов, 2012).

Аналіз погодно-кліматичних характеристик Байрачного степу України здійснено на основі архівних даних метеостанції м. Дніпро (синоптичний індекс – 34504, висота над рівнем моря 143 м, географічні координати: широта 48°60', довгота 34°97') за сорокап'ятирічний період (1974–2018 рр.) (<http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34504.htm>).

Інформативними характеристиками радіаційного і світлового режимів досліджуваної території є кількість сонячних днів, коли Сонце світить упродовж всього дня, та похмурих днів, коли впродовж всього дня воно закрите хмарами (табл. 2.1).

Згідно наведених даних світловий режим досліджуваної території характеризується незначною кількістю ясних днів із значним переважанням хмарних і похмурих днів протягом усього року.

**2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.*
ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Таблиця 2.1

**Середня кількість ясних і хмарних днів у Байрачному степу
України**

Характер хмарності	Місяці, дні												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Кількість днів												
Ясні	2	3	3	3	4	3	5	8	7	5	2	2	47
Хмарні	11	11	16	19	22	23	24	20	18	17	12	10	203
Похмури	18	14	12	8	5	4	2	3	5	9	16	19	115

Одним із головних показників клімату є температура атмосферного повітря. Режим температури переважно обумовлюється кількістю і розподілом сонячної радіації, характером підстилаючої поверхні та сезонними змінами циркуляції атмосфери.

Середньорічна і середньомісячні температури атмосферного повітря є найбільш інформативною характеристикою, яка відображає погодно-кліматичні умови території (табл. 2.2, рис. 2.5).

Середньорічний розподіл температур Байрачного степу України має широтний напрямок. Зимові ізотерми змінюються з півночі на південь від $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, літні – від $+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+22,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.2

**Температура атмосферного повітря у Байрачному степу
України**

Місяці року	Температура, $^{\circ}\text{C}$				
	середня	абсолютна мінімальна	середня абсолютна мінімальна	абсолютна максимальна	Середня абсолютна максимальна
Січень	-3,6	-30,0 (1950)	-6,1	12,6 (2005)	-1,0
Лютий	-3,4	-27,8 (1954)	-6,2	17,5 (1990)	0,0
Березень	1,8	-19,2 (1987)	-1,6	24,1 (1983)	6,0
Квітень	9,7	-8,0 (2004)	4,9	31,8 (2012)	15,2
Травень	16,1	-2,4 (2007)	10,6	36,1 (2007)	22,1
Червень	19,9	3,9 (1950)	14,6	37,8 (2009)	25,7
Липень	22,1	5,9 (1983)	16,8	39,8 (2002)	28,0
Серпень	21,4	3,9 (1970)	15,9	40,9 (2010)	27,6
Вересень	15,6	-3,0 (1986)	10,7	36,5 (1994)	21,5
Жовтень	8,9	-8,0 (2001)	5,0	32,6 (1999)	13,8
Листопад	2,0	-17,9 (1999)	-0,8	20,6 (2010)	5,0
Грудень	-2,4	-27,8 (1997)	-4,8	13,7 (2000)	0,2
Рік	9,0	-30,0 (1950)	4,9	40,9 (2010)	13,7

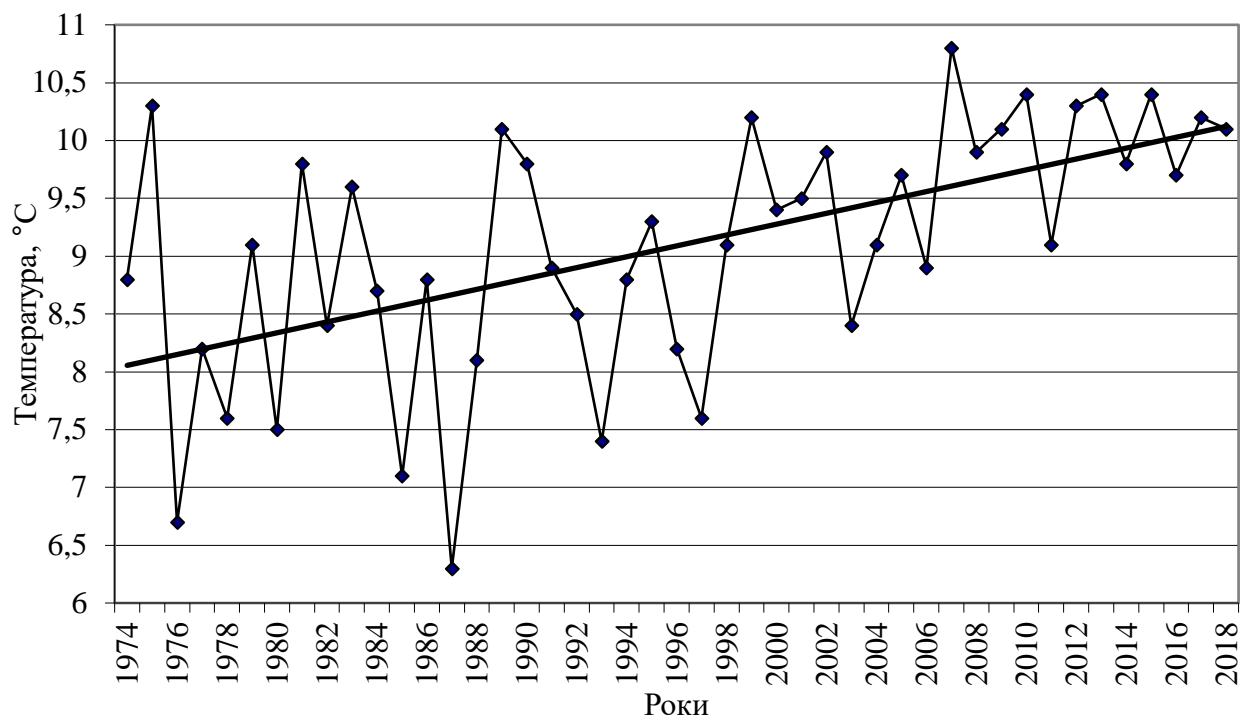


Рис. 2.5. Тренд середньорічної температури атмосферного повітря у Байрачному степу України

Середня температура січня найхолоднішого місяця складає -3,6 °C, найтеплішого місяця – липня +22,1 °C. Проте, температури атмосферного повітря в окремі роки дуже відхиляються від загального ходу ізотерм. Абсолютний мінімум температури атмосферного повітря (-30,0 °C) зафіксований 11 січня 1950 р., абсолютний максимум (+40,9 °C) – 08 серпня 2010 р.

Перехід температури атмосферного повітря нижче 0 °C, з яким пов'язаний початок зимового періоду, настає у третій декаді листопаду. Проте, перші приморозки спостерігають у вересні, середні дати фіксують у жовтні. Абсолютні мінімальні температури у зимові місяці мають від'ємні значення, абсолютні максимальні температури характеризуються додатними значеннями і становлять (°C): грудень – 13,6; січень – 12,6; лютий – 17,5 (табл. 2.2). Найвищі значення абсолютних температур зафіксовані останніми десятиріччями. Безморозний період становить 160–220 днів. Зимовий період характеризується тривалими відлигами з підвищенням температури до +15–18 °C. Останні приморозки у середньому спостерігають у квітні, а

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

окремими роками навіть у першій декаді травня. Початок вегетаційного періоду розпочинається з переходом середніх добових температур повітря через 5 °С, який відбувається у період з другої декади березня до другої декади квітня.

На початку весни підвищення температури відбувається повільно, за рахунок витрат значної кількості тепла на танення снігу. Найбільш інтенсивне підвищення температури відбувається від березня до квітня, до 7,9 °С. У наступні місяці цей процес уповільнюється, різниця між середньомісячними температурами травня і червня у середньому становить 3,8 °С, червнем і липнем – 2,2 °С.

Найтеплішим місяцем року є липень з середньомісячною температурою атмосферного повітря 22,1 °С, середньою абсолютно максимальною температурою 28,0 °С та абсолютним максимумом 39,8 °С. Від липня до серпня температура повітря починає повільно знижуватись. Найбільш інтенсивне зниження температури між місяцями відбувається від вересня до жовтня, у середньому на 6,7 °С, та від жовтня до листопада – 6,9 °С. Від'ємною середня температура стає лише у грудні.

За спостереженнями з 1843 року середня багаторічна температура атмосферного повітря у Байрачному степу України становить 9,0 °С, з діапазоном значень 6,3 °С (1987 р.) – 10,8 °С (2007 р.). Річна амплітуда температури, тобто різниця між середніми температурами найтеплішого та найхолоднішого місяців складає 25,7 °С.

На відміну від річної амплітуди температури атмосферного повітря, середня добова амплітуда у зимовий період не перевищує 2–3 °С, навесні, із збільшенням припливу сонячної радіації, зростає до 5–6 °С і влітку перевищує 10 °С.

Теплообіг є енергетичною базою і головним чинником випаровування води і повітряних рухів, тобто він є тісно пов'язаний з вологообігом. Атмосферні опади утворюються внаслідок конденсації та сублімації водяної пари в атмосфері. Головним чинником реалізації опадів на протязі всього року є циклонічна діяльність, але у теплий період суттєву роль відіграє також внутрішньо масова конвекція, вклад якої до річної кількості опадів становить 20–30 % (М. І. Кульбіда, 2009).

У Байрачному степу України спостерігаються усі види як твердих, так і рідких опадів. Причому у холодне півріччя переважають обложні, а у теплі – зливові опади. Характеристики інтенсивності та фазового стану опадів на порівняно невеликих територіях, до яких можна віднести і досліджувану територію, є відносно консервативними у просторі. Дані, наведені у табл. 2.3, наводять повторюваність різних видів опадів у досліджуваному регіоні за місяцями року.

У середньому за рік спостерігається 178 днів з опадами; найменша кількість днів без опадів спостерігається у серпні і вересні, 22 і 21 день відповідно; найбільша у січні – 9, грудні – 8. У зимовий період переважають тверді опади, з достатньою часткою рідких та мішаних опадів. Улітку випадають переважно рідкі опади, град у загальній кількості опадів становить незначну долю.

Таблиця 2.3

Кількість днів з опадами у Байрачному степу України

Вид опадів	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Кількість днів												
Тверді	12	11	6	1	0	0	0	0	0	4	4	10	44
Рідкі	5	4	7	12	13	13	12	9	10	10	10	6	111
Мішані	5	4	4	1	0	0	0	0	0	1	3	5	23

У перехідні сезони року теж переважають опади у рідкому стані. Опади у вигляді снігу відіграють значну роль у тепловому і радіаційному балансах, у режимі вологи повітря і ґрунту. Сніговий покрив у досліджуваному районі утворюється незначною висотою – 10–20 см, а в окремі роки – до 50 см. Середні дати утворення стійкого снігового покриву приходяться на другу–третю декаду грудня. Характерною особливістю режиму снігового покриву є його відсутність майже у 50 % зимового часу. Міжрічна змінність кількості днів з сніговим покривом є дуже значною і може змінюватися від 10–15 до 118 днів. Щільність снігового покриву постійно змінюється. Середня багаторічна величина щільності снігу за найбільшої декадної висоти складає $0,21 \text{ г} \cdot (\text{см}^3)^{-1}$ при запасах води у снігу 20–30 мм. Сніг має значну, до 90 %, відбивну випромінювальну здатність, унаслідок чого за наявності снігового

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

покриву його поверхня вихолоджується, а радіаційний баланс різко зменшується.

Розподіл опадів у Байрачному степу України вирізняється значною нерівномірністю і обумовлений протяжністю зони у широтному напрямку. Середньорічна кількість опадів досягає максимуму на північному сході цієї зони (550 мм) і зменшується у південно-західному напрямку до 500 мм.

Річний розподіл опадів певною мірою визначається рельєфом й обумовлений просторовим і часовим розподілом тепла, напрямками переміщення повітряних мас. Більша частина річної суми опадів у Байрачному степу України випадає у червні та липні, у вигляді дощів – 70–80 %.

Динаміка річної суми опадів у досліджуваному регіоні наведена на рис. 2.6, розподіл опадів за місяцями року у табл. 2.4.

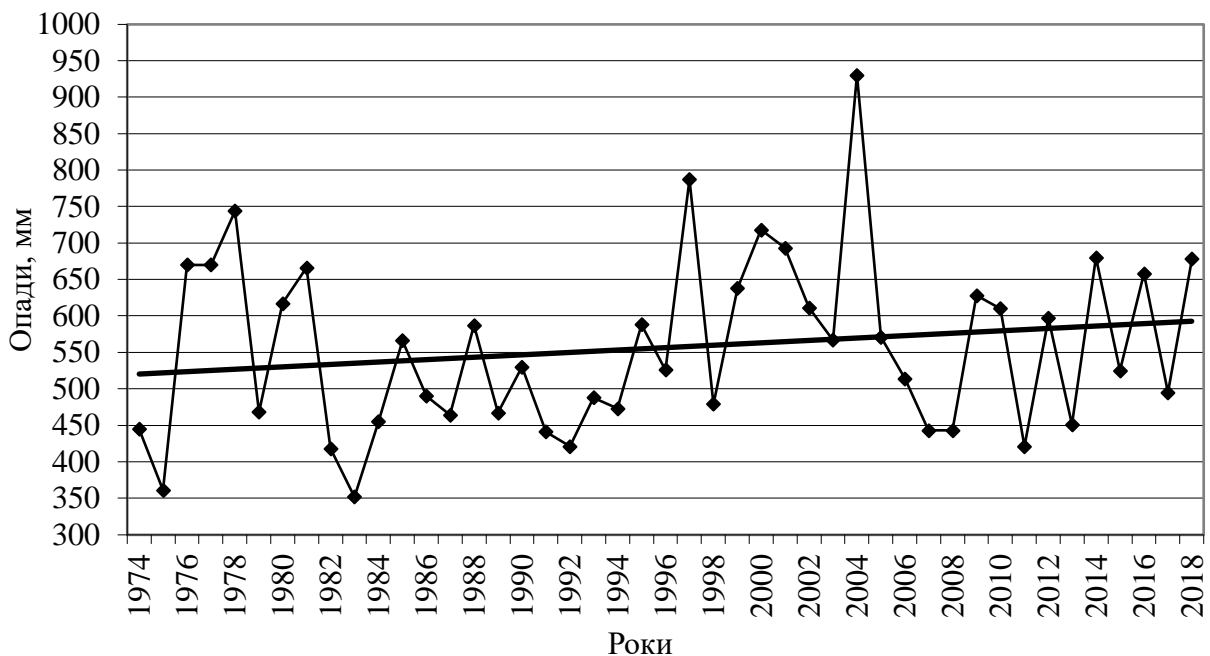


Рис. 2.6. Динаміка річної суми опадів у Байрачному степу України

Аналіз метеоданих свідчить, що показники річної суми опадів у Байрачному степу України знаходяться у достатньо широкому діапазоні значень – 29–930 мм. Середньорічна кількість опадів становить 400–500 мм.

Зволоження території характеризується коефіцієнтом зволоження – відношенням річної кількості опадів до випарову-

ваності за рік, яка для досліджуваної території складає у середньому 800 мм. Відповідно, коефіцієнт зволоження становить 0,625–0,688, що вказує на недостатнє зволоження території.

Таблиця 2.4

Річний розподіл опадів у Байрачному степу України

Місяці року	Норма	Мінімум за місяць/рік	Максимум за місяць/рік	Максимум за добу/рік
Січень	45	4 (1972)	104 (2004)	55 (2014)
Лютий	43	3 (1954)	102 (1953)	31 (2011)
Березень	45	4 (1986)	145 (2018)	39 (2015)
Квітень	38	0,1 (2009)	102 (2017)	37 (2017)
Травень	44	5 (2003)	152 (2004)	59 (1962)
Червень	64	2 (1957)	165 (2001)	55 (1962)
Липень	59	1 (1995)	153 (1998)	90 (1998)
Серпень	43	0 (2018)	217 (1960)	82 (1960)
Вересень	41	0,6 (2015)	144 (2000)	61 (2014)
Жовтень	39	2 (1951)	119 (1960)	50 (1982)
Листопад	46	2 (1993)	129 (2001)	55 (1954)
Грудень	45	5 (1972)	120 (1981)	37 (1978)
Рік	552	29 (1957)	930(2013)	90 (1998)

Гідротермічний індекс Г. Т. Селянінова (ГТК) (Н. В. Ловелиус & Ю. И. Грицан, 1998), який розраховується як відношення кількості опадів (мм), які випали за період з температурами, вищими за 10 °С до суми температур за цей же період, зменшеної у 10 разів, знаходиться у широкому діапазоні значень – 0,51–2,00 (рис. 2.7).

У досліджуваній лісогосподарській області відбувається чергування років, які можна охарактеризувати як сильно посушливі (ГТК≤0,5) та надмірно зволожені роки (ГТК≥1,5).

Розподіл та перерозподіл вологи відбувається завдяки постійно діючій циркуляції атмосфери, яка є важливим процесом кліматотворення. На відміну від теплого періоду, коли у формуванні клімату території Байрачного степу України панівними є радіаційні процеси, холодна частина року характеризується переважаючою роллю циркуляційних процесів, під якими розуміють адвекцію повітряних мас, трансформацію властивостей повітряних мас при їхньому перенесенні й атмосферний фронтогенез.

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.* ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

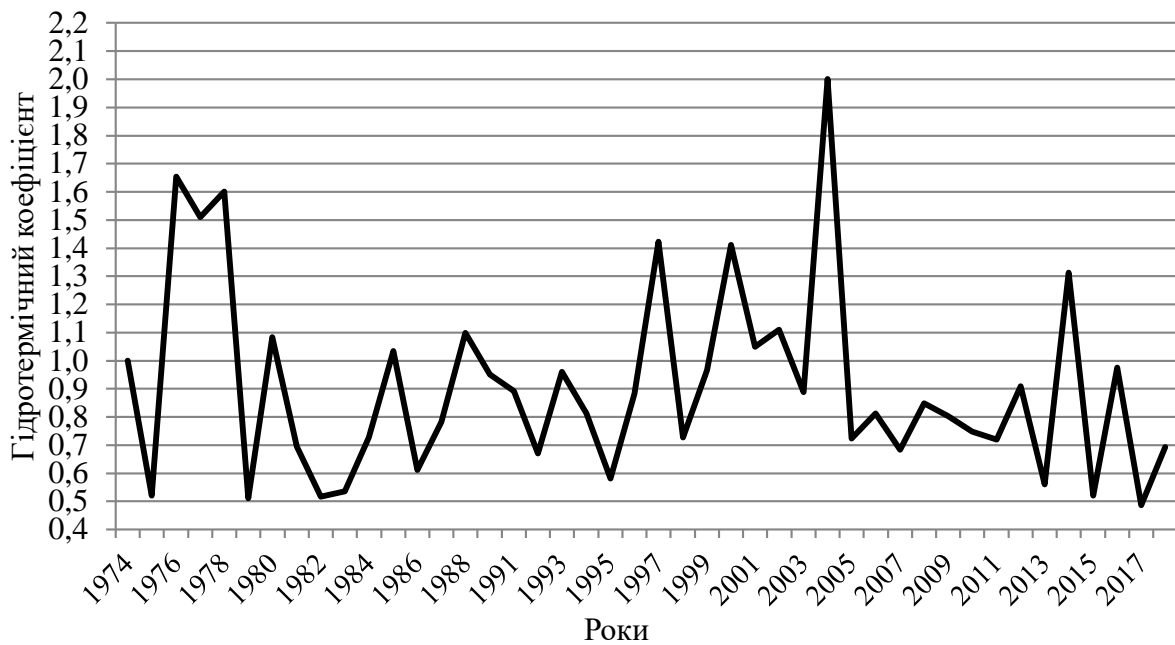


Рис. 2.7. Динаміка гідротермічного індексу у Байрачному степу України

Територія байрачностепової лісогосподарської області розташована у помірних широтах з достатньо активною атмосферною циркуляцією, переважаючим типом якої є переміщення повітряних мас із заходу на схід. Рівнинний характер рельєфу досліджуваної території сприяє вільному переміщенню і сприяє вільному проникненню і поширенню повітряних мас різних типів – морських помірних, континентальних, арктичних, тропічних. Переважну більшість року переважає континентальне повітря помірних широт, яке обумовлює недостатнє зволоження. Підстильна поверхня місцевості, не зважаючи на достатньо розвинену мережу балок і ярів, наявність річок та водосховищ, сприяє лише формуванню мікроклімату, але суттєво не впливає на формування клімату всієї природної зони у цілому.

Вітровий режим залежить від атмосферного тиску та його сезонних змін, середнє значення взимку складає 1021 гПа, влітку знижується до 1013 гПа. У літній період переважають західні та північно-західні вітри, взимку – східні та північно-східні (рис. 2.8). Швидкість вітру визначається умовами циркуляції та величиною баричного градієнта. Значні баричні градієнти взимку та рівнинний характер території обумовлюють вітри зі швидкостями

21 м·с⁻¹, в окремі роки до 28 м·с⁻¹. Середнє число днів з сильним вітром більше 15 м·с⁻¹ складає 14 на рік, максимальне – 26 на рік.

Штильові умови частіше всього спостерігаються влітку та восени (А. С. Горб & Н. М. Дук, 2006). Серед погодних явищ трапляються тумани від 50 днів на рік на височинах, до 70 днів у пониженнях рельєфах, хуртовини – 10–20 днів, грози до 25–30 днів та град 4–5 днів.

Для комплексного оцінювання впливу показників клімату на природні екосистеми використовують клімадіаграму Госсена-Вальтера, яка характеризує взаємозалежності між температурою і опадами. На рис. 2.9 наведено клімадіаграму Байрачного степу України за метеорологічними даними 2019 року.

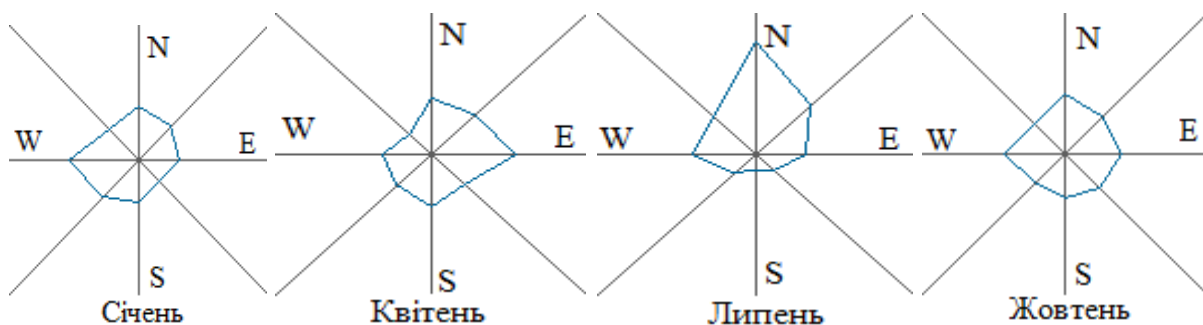


Рис. 2.8. Повторюваність напрямків вітру у Байрачному степу України

Аналіз структури ландшафтів є необхідною умовою оцінювання біотичної продуктивності деревостанів робінії несправжньоакації, що дозволить зрозуміти місце штучних лісових насаджень у досліджуваній лісогосподарській області. У табл. 2.5 та рис. 2.10 представлені типи ландшафтів Байрачного степу України, природні й антропогенно трансформовані, які значною мірою є залежними від діяльності людини, потребують енергетичних субсидій і не здатні самостійно зберігати екологічну стійкість. Диференціація ландшафтів здійснювалася на основі ґрунтових типів, як індикаторних факторів (О. В. Сизенко, 2014).

Привододільні орні агроландшафти домінують у досліджуваному регіоні, вони займають більше половини площі

2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА *ROBINIA PSEUDOACACIA L.*
ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

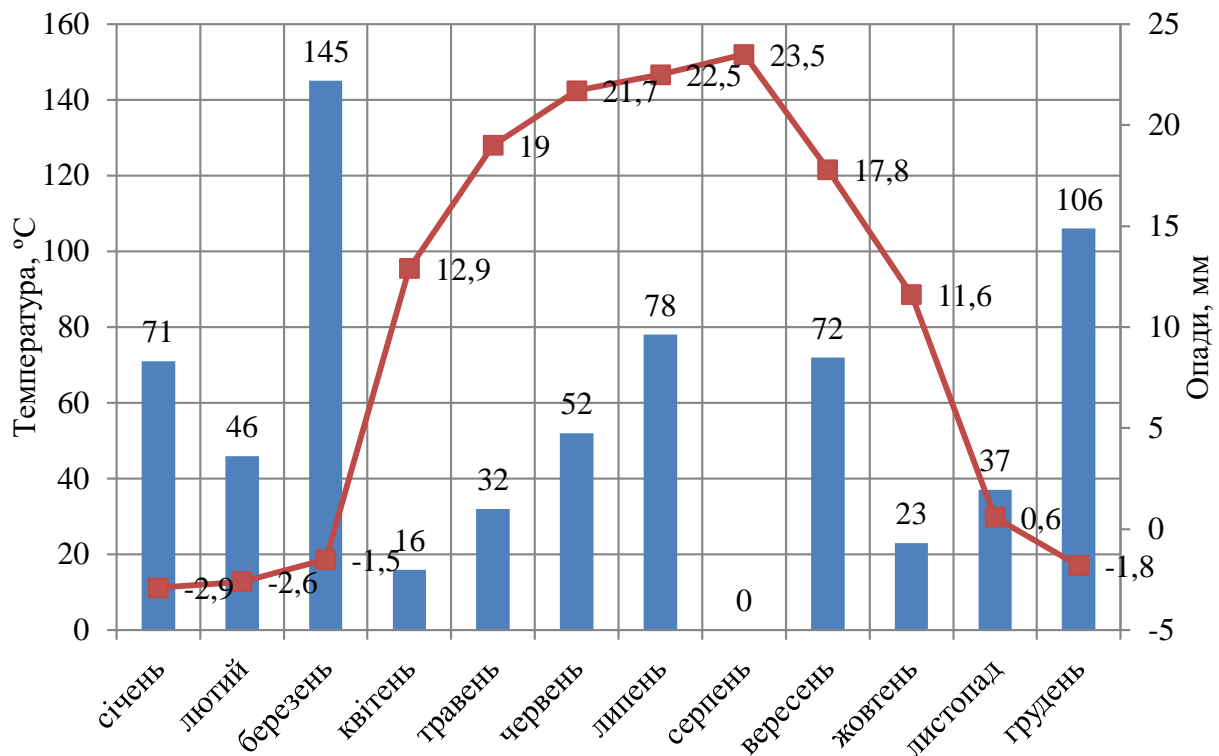


Рис. 2.9. Клімадіаграма за Госсеном-Вальтером Байрачного степу України

Таблиця 2.5

**Ландшафти Байрачного степу у межах
Дніпропетровської області**

Тип ландшафта	Площа, км ²	% від площі області
Антропогенні ландшафти		
Привододільні орні агроландшафти	17559,97	55,02
Селітебні ландшафти	3833,43	12,01
Аквальні ландшафти	2213,54	6,94
Кар'єри	323,70	1,10
Сади	115,77	0,36
Лісові насадження	66,02	0,21
Всього	24112,43	75,64
Природні ландшафти		
Степові балки	2528,69	7,91
Річкові заплави та трав'янисті болота	2199,87	6,88
Піщані арени	1862,14	5,82
Ліси аренні	654,80	2,04
Ліси байрачні	418,75	1,30
Ліси заплавні	70,19	0,21
Плакорні різнотравно-типчакково-ковилкові степи	67,13	0,20
Всього	7801,57	24,36

території. На другому місці за ступенем поширеності знаходяться селітебні ландшафти, які майже поширені рівномірно та приурочені до річкових долин і майже відсутні на плакорах. Кар'єри переважно зосереджені у південній частині області, сади та лісові насадження – поширені рівномірно. Сумарна площа антропогенних ландшафтів складає 21898,89 км², що становить 68,7 % площі досліджуваної області. Особливістю природних ландшафтів є їх приуроченість до яружно-балкової системи, що дозволило їм зберегтися у природному чи напівприродному стані через неможливість ведення орного землеробства на крутосхилах.

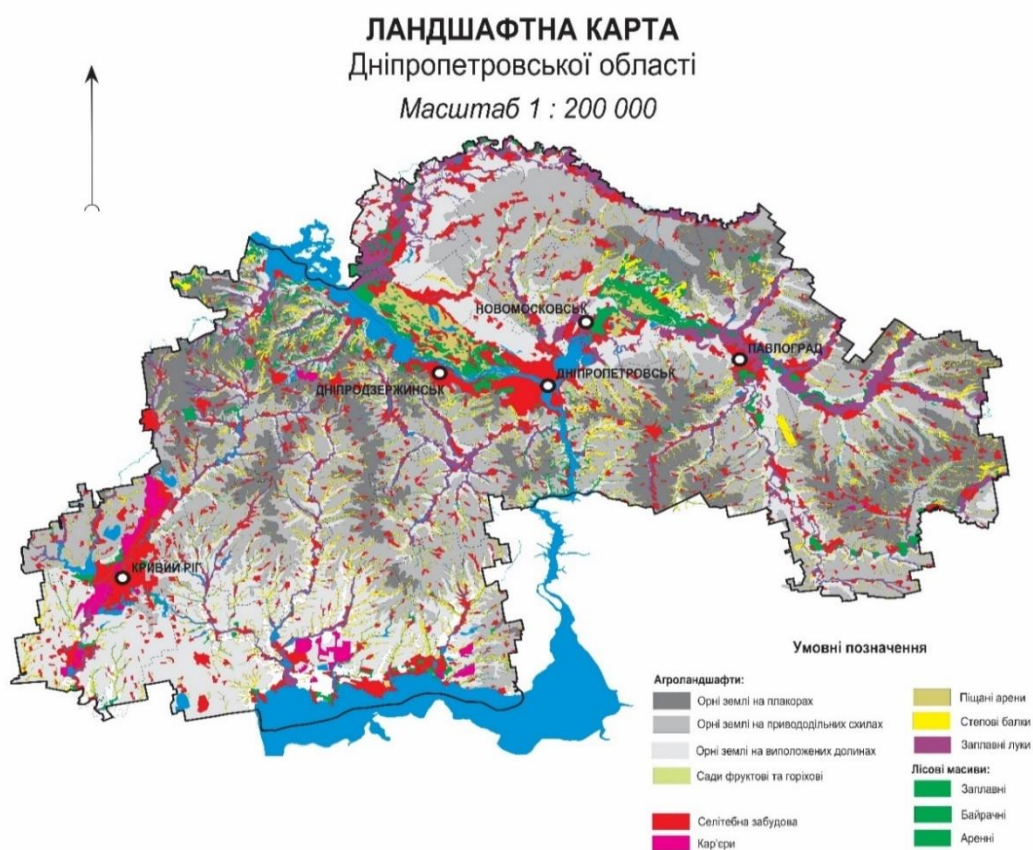


Рис. 2.10. Ландшафти Байрачного степу у межах Дніпропетровської області (О. В. Сизенко, 2014).

Найбільшим за площею типом у структурі природних ландшафтів досліджуваної території виступають степові балки з чагарниками та різнотрав'ям. Поширені вони майже рівномірно, проте їх густота на одиницю площі на Правобережжі значно більша, ніж на Лівобережжі, що пояснюється особливостями

рельєфу території. Переважання балок з-поміж природних ландшафтів пояснюються також тим, що вони знаходяться у географічній та екологічній відповідності природним умовам території, проте їх сучасний стан указує на значну ступінь антропогенної трансформації.

Природні ліси досліджуваної території займають площу 1143,74 км². За класифікацією О. Л. Бельгарда (1971) їх поділяють на три типи: аренні, байрачні та заплавні. Аренні ліси займають найбільшу площу та приурочені безпосередньо до піщаних арен, тому зустрічаються виключно на Лівобережжі. Байрачні ліси знаходяться на другому місці за ступенем поширеності, основні їх ареали – басейни річок Дюмоткань та Самоткань, а також північна частина басейну Самари (А. П. Травлеєв & Н. А. Белова, 2008).

За даними С. А. Генсірука (2002) загальна площа лісових насаджень області Байрачного степу України становила 663 тис. га, у тому числі вкрита лісом – 486 тис. га, середня лісистість становить 3,6 %. Насадження по ярах, балках, берегах річок і водойм займали 172 тис. га, ґрунтозахисні ліси – 144 тис. га, зелені зони – 341 тис. га, полезахисні смуги – 194 тис. га.

У складі лісів переважають твердолистяні види (74,0 %), соснові ліси займають 17,6 % загальної площі, а ліси м'яколистяних видів, зарості щелюги, верби – 7,8 %. Байрачні ліси представлені дубом з домішкою кленів гостролистого і польового, ясена, в'яза, береста.

Найбільш поширеними типами лісорослинних умов є дуже сухі, сухі і свіжі груди, у складі деревостанів яких переважає дуб звичайний. У дуже сухих дібровах дуб з домішкою береста, груші, клена польового, інколи ясена, липи, клена гостролистого. Характерними типами лісу є дуже сухі та сухі пакленові діброви. Свіжі бересто-пакленові діброви розміщені у понижених місцях, часто у нижній частині схилів балкових систем. У насадженнях переважають дуб звичайний з домішкою береста, ясена, клена польового. Дубові ліси зустрічаються також на крутих берегах Дніпра, Інгульця. Штучні лісові насадження сформовані переважно дубом звичайним, сосною звичайною та робінією несправжньоакацією.

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

3.1. Методологічні аспекти наукових досліджень

Головною рисою, яка відрізняє наукове пізнання від його інших форм є використання спеціальної методології. Універсальні методи й принципи пізнання формувались у рамках науки філософії, сучасні наукові дослідження ґрунтуються на фундаментальних філософських принципах об'єктивності, історизму, всебічності, відображення та єдності діалектики і логіки (П. Л. Криница, 1977; А. Г. Крампіт & Н. Ю. Крампіт, 2008; Є. К. Шишкін & О. О. Носирєв, 2014).

Трактування методології як вчення достатньо поширено, проте, окрема наука, якій має бути притаманні такі властивості, як змістовність, цілісність, логічність і структурованість – відсутня, що зумовлює наявність питань методології у кожній науці, як втілення її змістової сутності (В. Г. Андрійчук, 2016).

Питання методології наукових досліджень висвітлюються у низці робіт українських (С. С. Романенко, 2003; В. Л. Удалов, 2004; О. В. Крушельницька, 2006; В. Г. Андрійчук, 2016) та закордонних учених (А. М. Новиков & Д. А. Новиков, 2010; А. Б. Пономарєв & Э. А. Пикулева, 2014; G. V. Glass, 1976; Н. М. Le Chatelier, 2003; D. Tranfield, D. Denyer, & P. Smart, 2003; R. Whitemore & K. Knafl, 2005; A. Sala et al., 2011; Н. Snyder, 2019).

Фундаментальна філософська методологія, як найвищий її рівень, охоплює усі сфери наукового пізнання. Вона являє собою сукупність філософських методів пізнання, серед яких можна виділити методи: індуктивний – Френсіса Бекона, раціоналістичний – Рене Декарта, діалектичний – Георга Гегеля, феноменологічний – Едмунда Гуссерля, системний – Людвіга фон Берталанфі (О. В. Крушельницька, 2006).

Багатовекторність й складність реалізації наукових гіпотез призводять до необхідності їх перевірки у міждисциплінарній

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

системі координат, що задається рівнями методології науки. Результат наукового пізнання можна аналізувати з точки зору процесу дослідницької діяльності, у якому предметом аналізу є наукове дослідження та його методи, тобто методологія наукового дослідження.

Методологію наукового дослідження розглядають як сукупність методів, принципів та прийомів, які використовуються дослідником для пізнання предмета дослідження за їх певного співвідношення та субординації. Причому, методологію наукового дослідження можуть репрезентувати ті методи, принципи та прийоми пізнання, які вже створені наукою й набули практичного використання у пізнавальній діяльності різних сфер об'єктивної реальності (В. Л. Удалов, 2004).

Методологічні питання математичних досліджень у біології висвітлені у роботі А. А. Ляпунова & Г. П. Багриновской (1975). Дослідження взаємозв'язків структурних елементів лісової екосистеми та математичне моделювання передбачає чітке виділення її особливостей. Автори сформулювали такі характеристики динамічної лісової екосистеми, яка постійно розвивається у часі та просторі, як складність структури, багатофакторність середовища, енергетична незамкненість; нелінійність залежностей між структурними елементами системи; дискретний характер біосистемних зв'язків (Н. Бейли, 1970).

Питанням методології дослідження біотичної продуктивності деревостанів лісотвірних видів за компонентами фітомаси присвячена значна кількість робіт вчених-таксаторів наукової школи П. І. Лакиди (П. І. Лакида, 1998; П. І. Лакида, А. Г. Лащенко, & М. М. Лащенко, 2006; П. І. Лакида & Л. М. Матушевич, 2006; П. І. Лакида & О. П. Бала, 2012; П. І. Лакида, А. Є. Шамрай, О. В. Морозюк, & І. П. Лакида, 2015; П. І. Лакида, А. М. Білоус, & Р. М. Василишин, 2012; П. І. Лакида & І. М. Матейко, 2016) та закордонних авторів (И. Я. Лиєпа, 1967; В. В. Кузмичев, 1977; М. И. Калинин, 1978; А. И. Уткин, Н. Ф. Каплина, & Н. А. Ильина, 1978; В. А. Усольцев, 1988, 1993, 1997; А. К. Кивисте, 1991; Н. И. Базилевич, 1993; В. А. Усольцев & А. А. Сальников, 1998; А. И. Колтунова, 2004).

Методологія дослідження ґрунтується на комплексному, системному поєднанні таксаційних і біометричних засад, теоретичному узагальненні та базується на методах математичної статистики й моделювання.

3.2. Методичне забезпечення оцінювання біотичної продуктивності та екосистемних функцій деревостанів

Наукові дослідження біотичної продуктивності та екосистемних функцій робінієвих деревостанів Байрачного степу України за компонентами надземної фітомаси поєднують використання різноманітних форм та методів наукового пізнання: загальнонаукові – аналіз, синтез, спостереження, експеримент, математичне моделювання та спеціалізовані методи лісової таксації, лісівництва, фізіології рослин і аналітичної хімії.

Методи оцінювання біотичної продуктивності лісових фітоценозів останніми десятиріччями набували динамічного розвитку. Дослідження фітомаси лісотвірних видів, як основної складової біопродуктивності лісів, проводиться переважно у двох напрямках: біогеоценотичному, пов'язаному зі встановленням закономірностей колообігу й накопичення речовин і енергії у фітоценозі та ресурсознавчому, який передбачає оцінювання фітомаси лісів як ресурсу багатовекторного використання.

Дефіцит лісосировинних ресурсів, стан довкілля, обумовлений техногенними емісіями забруднюючих речовин, призвели до диференціації досліджень фітомаси лісів, як окремих напрямів у вирішенні фундаментальних наукових питань й прикладних завдань (В. А. Усольцев & З. Я. Нагимов, 1988).

На сьогодні дослідження біотичної продуктивності розглядають у таких напрямках:

- дослідження біопродуктивності лісових фітоценозів у площині фізіологічних процесів рослин (радіаційного, водно-теплового режимів, транспірації) у яких лісовий біогеоценоз розглядається як трансформатор речовини та енергії;
- розроблення системи моніторингу стану лісів, у якій стратегія екологічного прогнозування розглядається за базис

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

управління ресурсами лісових екосистем у площині теорії біопродуктивності;

– оцінювання фітомаси насаджень лісотвірних видів як автотрофного блока екосистеми – основи трофічних і топічних зв'язків біогеоценозу;

– розроблення стратегій формування високопродуктивних лісових насаджень, у яких структура фітомаси досліджується з метою створення теоретичної бази для оптимізації функціонування та догляду за лісовими насадженнями;

– створення банку інформаційно-довідкових даних фракційного складу надземної фітомаси головних лісотвірних видів лісів різних природних зон – деревини та кори стовбурів, гілок крони, листя;

– розроблення ресурсозберігаючих технологій заготівлі й переробки компонентів фітомаси лісотвірних видів у площині реалізації енергетичних стратегій, у яких фітомаса розглядається як джерело енергії.

Проведення досліджень біотичної продуктивності лісів в Україні за усіма переліченими напрямками є актуальними, їх практична реалізація дозволяє наблизити функціонування лісової галузі до принципів збалансованого розвитку й управління з максимальним забезпеченням екологічних й економічних потреб суспільства.

Дослідження фітомаси лісів переважно ґрунтується на трьох найбільш поширених методах – середнього дерева; методі відношення площ перерізів модельних дерев і деревостанів та математичному регресійному моделюванні (О. С. Ватковский, 1976; T. Satto & H. Madgwick, 1982; П. І. Лакида, 2002; М. Г. Романовский, Л. И. Савельева, & И. А. Уткина, 2009). У роботі С. F. Jordan, J. R. Klive, & D. S. Sasscer (1972) запропоновано метод визначення обсягів фітомаси дерев у польових умовах на основі оцінювання вмісту й швидкості переміщення води по тканинах і органах, яка помічена тритієм. Метод розрахунку маси рослин та її динаміки у часі за допомогою γ -променів наведено у роботі А. И. Уткина (1986).

Найбільш універсальним і надійним, з позицій статистичної значущості, вважають метод, за якого модельні дерева відбирають

пропорційно наявному їх різноманіттю за діаметром стовбура, а інколи й за висотою. Після цього отримані вихідні дані вирівнюються за допомогою регресійного аналізу (П. І. Лакида, 2002; Р. Д. Васишин, 2016). Методичні підходи оцінювання закономірностей формування вертикально-фракційної структури дерев та компонентів фітомаси їх крон наведені у роботах С. Г. Рождественского (1979), А. И. Уткина (1988), В. А. Усольцева (1997). Для оцінювання компонентів фітомаси крон дерев пропонувалися папи-моделі, розроблені на основі теорії збалансованості системи ксилемного транспорту речовин у рослин. У сформульованій теорії папи-моделей, або «моделей трубок» стовбур дерева й гілки розглядаються як сукупність елементарних судин ксилеми, кожна з яких закінчується елементарною масою асимілюючого апарата. Останнім часом широкого застосування у визначенні надземної фітомаси лісів набули методи дистанційного зондування поверхні Землі й аналізування аерокосмічної зйомки (П. І. Лакида, В. В. Миронюк, & Д. В. Гілітуха, 2014; В. В. Миронюк, 2018; Y. Liu et al., 2019; J. Xiao et al., 2019; X. Zhang et al., 2019). Методика цього підходу базується на встановленні стохастичних залежностей між дешифрованими показниками індивідуальних дерев та насаджень (діаметр крони, висота насадження, зімкненість намету) та відповідних параметрів фітомаси.

Методики експериментального оцінювання структурних компонентів фітомаси дерев, які використовують у практиці фітобіометрії, можна розділити на такі підходи:

- ваговий – безпосереднє відокремлення й зважування фракцій фітомаси дерев у лісі з відбором відповідних зразків;
- стереометричний – визначення об'ємних показників стовбура та гілок крони з наступним перерахунком у одиниці маси через значення щільності деревини та кори;
- комплексний – поєднання елементів вагового та стереометричного методів оцінювання окремих фракцій фітомаси.

На думку П. І. Лакиди (2002) раціональні методики мають об'єднувати оцінювання компонентів фітомаси стовбура та грубих гілок у об'ємних одиницях з наступним перерахунком їх через показники щільності у вагові та безпосереднє зважування дрібних

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

гілок, асимілюючих органів та деревної зелені у польових умовах з відбиранням зразків відповідних фракцій фітомаси для визначення їхньої щільності та вмісту сухої речовини.

Досліджуючи фітомасу лісів України П. І. Лакида (2002) запропонував методичний підхід, який базується на розробленні математичних моделей оцінювання фітомаси дерев та встановленні закономірностей будови деревостанів за діаметром, основою яких є польові експериментальні вихідні дані, зібрані у насадженнях на тимчасових пробних площах.

Аналіз результатів застосування методів математичного моделювання у природничих галузях науки свідчить про їх емпірико-статистичне; імітаційне та аналітичне розмаїття (Г. С. Розенберг, 1984). Враховуючи структуру лісової екосистеми, моделювання параметрів біотичної продуктивності насаджень за компонентами надземної фітомаси повинне проводитися з урахуванням основних етапів системного підходу (И. Я. Лиєпа, 1980, 1982).

Експериментальне оцінювання параметрів фітомаси дерев і деревостанів супроводжується, як правило, багатомірними масивами даних. Математичне оброблення вихідних даних потребує застосування такого методу, який із статистичним оцінюванням дозволяв би проводити пошук аналітичних моделей, які адекватно описують шукані залежності. У таксаційних дослідженнях широкого застосування набув емпірико-статистичний метод (П. І. Лакида, 2002). Базуючись на інструментарії кореляційного, дисперсійного та регресійного аналізів за умови доцільно спланованого експерименту, цей метод дозволяє одержати багатомірні математичні моделі. Дотримання принципу мультиколеніарності – використання значущих факторів впливу, які найтісніше пов'язані з характеристикою моделі, ніж між собою, не використання синтетичних показників та їх складових частин, є запорукою отримання достовірних значущих математичних залежностей.

На думку багатьох дослідників-таксаторів (В. А. Усольцев & З. Я. Нагимов, 1988; А. З. Швиденко, 1987; П. І. Лакида, 2002) певною мірою зазначеним вимогам відповідає множинний

регресійний аналіз. Розробленню регресійної моделі має передувати обґрунтування її структури. Поряд із статистичними підходами, розуміння біологічної природи процесу, який моделюється, змістовний аналіз причинно-наслідкових зав'язків є важливими складовими розроблення регресійних моделей оцінювання біотичної продуктивності. Включення у регресійне рівняння лише одного аргументу впливу, значної кількості взаємокорельованих показників або довгого ланцюжка комбінацій кількох аргументів може вважатися недостатнім для адекватного оцінювання компонентів фітомаси. Для оцінювання значущості одержаних математичних моделей використовується статистичний апарат – коефіцієнт детермінації, критерії Фішера і Стьюдента, довірчі інтервали коефіцієнтів регресії, аналіз розподілу залишків математичних рівнянь. На точність апроксимації значною мірою впливає й аналітичний вигляд рівняння. У таксаційних дослідженнях рекомендується застосування парабол 2-го і 3-го порядків, алометричні рівняння (В. А. Усольцев, 1999; В. А. Усольцев & З. Я. Нагимов, 1988).

Аналіз наукових робіт, спрямованих на оцінювання біотичної продуктивності та екосистемних функцій лісів природних зон України призвів до вибору методик збирання та оброблення експериментального дослідного матеріалу, які запропоновані П. І. Лакидою (2002) (рис. 3.1).

Відповідно до опрацьованих методик, оцінювання біотичної продуктивності й екосистемних функцій робінієвих деревостанів здійснювали за такими етапами – проведення підготовчих, польових лісотаксаційних та лабораторних камеральних робіт. Наведена на рис. 3.1 блок-схема застосування системного підходу у дослідженні біологічних об'єктів розроблена П. І. Лакидою із співавторами, П. І. Лакидою, Л. М. Матушевич, & І. П. Лакида, 2018), доповнена С. А. Ситник з врахуванням завдань дослідження й реалізована при дослідженні робінієвих деревостанів Байрачного степу України.

Для реалізації досліджень біотичної продуктивності й екосистемних функцій у дослідженні використані методичні підходи лісової таксації, лісівництва, аналітичної й неорганічної хімії.

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ



Рис. 3.1. Схема дослідження біопродуктивності робінієвих деревостанів

Визначення щільності фітомаси структурних компонентів стовбура й крони дерев робінії несправжньоакації.

Показники щільності структурних компонентів надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному та

абсолютно сухому станах розраховували за формулами (П. І. Лакида, 2002):

$$P = m_{nat} / v_{nat}, \quad (3.1)$$

де P – природна щільність структурних компонентів фітомаси, $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; m_{nat} – маса зразка компонента фітомаси у свіжозрубаному стані, кг ; v_{nat} – об'єм зразка компонента фітомаси у свіжозрубаному стані, м^3 :

$$P_l = m_0 / v_{nat}, \quad (3.2)$$

де P_l – базисна щільність компонентів фітомаси, $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; m_0 – маса зразка компонента фітомаси в абсолютно сухому стані, кг ; v_{nat} – об'єм зразка компонента фітомаси у свіжозрубаному стані, м^3 .

Локальну щільність деревини та кори дерев робінії несправжньоакації визначали на відносних висотах стовбура – $0,1h$; $0,25h$; $0,5h$; $0,75h$.

У процесі дослідження базисної та природної щільності компонентів надземної фітомаси стовбура робінії несправжньоакації, проведеного у лісостанах Байрачного степу України було зрубано 20 модельних дерев, зроблено заміри та визначено їх таксаційні показники, проаналізовано понад 120 зразків деревини у корі стовбурів дерев робінії (рис. 3.2).

З використанням прикладної таксаційної програми PLOT (П. І. Лакида, 2002) розраховано середню щільність деревини та кори стовбурів дерев робінії несправжньоакації. При обчисленні цього показника використовували формулу:

$$P = (7 P_0 d_0^2 + 32 P_{0,25} d_{0,25}^2 + 12 P_{0,5} d_{0,5}^2 + 32 P_{0,75} d_{0,75}^2) / (7 d_0^2 + 32 d_{0,25}^2 + 12 d_{0,5}^2 + 32 d_{0,75}^2), \quad (3.3)$$

де $P_0, P_{0,25}, P_{0,5}, P_{0,75}$ – щільність дослідних зразків на відносних висотах стовбура ($0; 0,25h; 0,5h; 0,75h$); $d_0, d_{0,25}, d_{0,5}, d_{0,75}$ – діаметри дослідних зразків на відносних висотах стовбура ($0h; 0,25h; 0,5h; 0,75h$).

Оцінювання структурних компонентів надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації.

Для розрахунку надземної фітомаси структурних компонентів дерева використовували класичні формули лісової таксації (П. І. Лакида, 2002).

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ



Рис. 3.2. Дослідні зрізи стовбура модельних дерев робінії несправжньоакації

Фітомаса деревини стовбура:

$$q_d^{cm} = v_{\delta k} \cdot P_{l\delta}^{cm}, \quad (3.4)$$

де q_d^{cm} – фітомаса деревини стовбура, кг; $v_{\delta k}$ – об'єм стовбура дерева без кори, м³; $P_{l\delta}^{cm}$ – базисна щільність деревини стовбура, кг·(м³)⁻¹.

Фітомаса кори стовбура:

$$q_k^{cm} = v_k \cdot P_{lk}^{cm}, \quad (3.5)$$

де q_k^{cm} – фітомаса кори стовбура, кг; v_k – об'єм кори стовбура, м³; P_{lk}^{cm} – базисна щільність кори стовбура, кг·(м³)⁻¹.

Фітомаса деревини стовбура у корі:

$$q_{\text{дк}}^{\text{см}} = q_{\text{д}}^{\text{см}} + q_{\text{к}}^{\text{см}}, \quad (3.6)$$

Фітомаса дрібних гілок з фракції деревної зелені у абсолютно сухому стані:

$$q_{\text{гіл3}} = ((q_{\text{дз}} - (q_{\text{дз}} \cdot p_{\text{л}})) \cdot (P_{\text{лдк}}^{\text{зіл}} / P_{\text{дк}}^{\text{зіл}}), \quad (3.7)$$

де $q_{\text{дз}}$ – фітомаса деревної зелені у свіжозрубаному стані, кг; $p_{\text{л}}$ – коефіцієнт, який виражає частку листя у складі деревної зелені, %; $P_{\text{лдк}}^{\text{зіл}}$ – базисна щільність гілок крони у корі, кг·(м³)⁻¹; $P_{\text{дк}}^{\text{зіл}}$ – середня природна щільність гілок крони у корі, кг·(м³)⁻¹.

Фітомаса грубих гілок крони у корі у абсолютно сухому стані:

$$q_{\text{гіл2}} = q_{\text{гіл1}} \cdot (P_{\text{лдк}}^{\text{зіл}} / P_{\text{дк}}^{\text{зіл}}), \quad (3.8)$$

де $q_{\text{гіл1}}$ – фітомаса грубих гілок крони у свіжозрубаному стані, кг; $P_{\text{лдк}}^{\text{зіл}}$ – базисна щільність гілок у корі, кг·(м³)⁻¹; $P_{\text{дк}}^{\text{зіл}}$ – середня природна щільність гілок у корі; кг·(м³)⁻¹.

Фітомаса кори грубих гілок у абсолютно сухому стані:

$$q_{\text{к}}^{\text{зіл1}} = q_{\text{к}}^{\text{зіл}} \cdot (P_{\text{лк}}^{\text{зіл}} / P_{\text{к}}^{\text{зіл}}), \quad (3.9)$$

де $q_{\text{к}}^{\text{зіл}}$ – фітомаса кори грубих гілок у свіжозрубаному стані, кг; $P_{\text{лк}}^{\text{зіл}}$ – базисна щільність кори гілок, кг·(м³)⁻¹; $P_{\text{к}}^{\text{зіл}}$ – середня природна щільність кори гілок; кг·(м³)⁻¹.

Фітомаса деревини грубих гілок у абсолютно сухому стані:

$$q_{\text{д}}^{\text{зіл1}} = q_{\text{д}}^{\text{зіл}} \cdot (P_{\text{лд}}^{\text{зіл}} / P_{\text{д}}^{\text{зіл}}), \quad (3.10)$$

де $q_{\text{д}}^{\text{зіл}}$ – фітомаса деревини грубих гілок у свіжозрубаному стані, кг; $P_{\text{лд}}^{\text{зіл}}$ – базисна щільність деревини гілок, кг·(м³)⁻¹; $P_{\text{д}}^{\text{зіл}}$ – природна щільність деревини гілок, кг·(м³)⁻¹.

Фітомаса гілок крони у корі дерева у абсолютно сухому стані:

$$q_{\text{гіл}} = q_{\text{гіл2}} + q_{\text{гіл3}}, \quad (3.11)$$

Фітомаса листя у абсолютно сухому стані:

$$q_{\text{л}} = q_{\text{дз}} \cdot p_{\text{л}} \cdot s_{\text{л}}, \quad (3.12)$$

де $q_{\text{дз}}$ – фітомаса деревної зелені у свіжозрубаному стані, кг; $p_{\text{л}}$ – частка листя у деревній зелені, %; $s_{\text{л}}$ – вміст абсолютно сухої речовини у листі, %.

Для визначення частки листя у фракції деревної зелені ($p_{\text{л}}$) здійснювали зважування модельних гілок з листям у свіжозрубаному стані та безлистих пагонів, після відокремлення листя. Вміст абсолютно сухої речовини у листі ($s_{\text{л}}$) розраховували за формулою:

$$s_{\text{л}} = m_0 / m_{\text{нат}}, \quad (3.13)$$

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

s_l – вміст абсолютно сухої речовини у листі; m_0 – маса зразка в абсолютно сухому стані, кг; m_{nat} – маса зразка у свіжозрубаному стані.

Спираючись на дані літератури (Н. Pretzsch & J. Dieler, 2011; Н. Pretzsch et al., 2015) та власні спостереження, об'єм крони дерев робінії несправжньоакації визначали як об'єм тотожної геометричної фігури, яку було прийнято за обернений конус.

Площу бічної поверхні крони дерева розраховано за формулою:

$$s_{кр} = \pi^{1/2} d_{кр} l + \pi(1/2 d_{кр})^2, \quad (3.14)$$

де $s_{кр}$ – площа бічної поверхні крони, м²; $d_{кр}$ – діаметр проекції крони, м; l – твірна конуса, м.

Об'єм крони дерева визначено за формулою:

$$v_{кр} = 1/3 \pi(1/2 d_{кр})^2 l_{кр}, \quad (3.15)$$

де $v_{кр}$ – об'єм крони, м³; $d_{кр}$ – діаметр проекції крони, м; $l_{кр}$ – протяжність крони, м.

За основу моделювання діаметра крони прийнято функцію яка виражає залежність цього показника від діаметра стовбура та висоти дерева (Н. Pretzsch et al., 2015). Отримані коефіцієнти для розрахунку діаметра крони дерев робінії несправжньоакації наведено у рівнянні (3.16):

$$d_{кр} = \exp\left(\left(0,063 + 0,720 \cdot \ln(d) - 0,027 \cdot h + 0,619 \cdot \ln\left(\frac{h}{d}\right)\right)\right), R^2 = 0,60 \quad (3.16)$$

Вибір аргументів рівняння при моделюванні залежності об'єму крони базувався на даних кореляційного аналізу та спричинив введення у рівняння аргументів впливу – діаметра стовбура на висоті 1,3 м, діаметра проекції крони та її протяжність. Рівняння нелінійної регресії набуло наступного виду:

$$v_{кр} = -52,690 + 0,695d + 21,898d_{кр} + 3,40l_{кр}, R^2 = 0,92 \quad (3.17)$$

Оцінювання продукції фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів.

Оцінювання продукції стовбурової деревини, яка визначається у вагових одиницях через базисну щільність цього компонента, ідентифікується із поточним проростом за запасом. Розрахунок продукції стовбурової деревини робінієвих деревостанів здійснено через її поточний приріст за запасом з урахуванням середньої

базисної щільності деревини стовбурів робінії несправжньоакації за рівнянням:

$$Pr_{\delta}^{cm} = Z_{\delta}^{cm} M \cdot P_{l\delta}^{cm}, \quad (3.18)$$

де Pr_{δ}^{cm} – продукція деревини стовбурів деревостану, т·(га·рік)⁻¹; $Z_{\delta}^{cm} M$ – поточний приріст стовбурової деревини за запасом, м³·(га·рік)⁻¹; $P_{l\delta}^{cm}$ – базисна щільність деревини стовбурів, кг·(м³)⁻¹.

Розрахунок продукції стовбурової кори робінієвих деревостанів виконано через її запас з урахуванням відсотка поточного приросту та середньої базисної щільності кори стовбурів дерев робінії несправжньоакації за рівнянням:

$$Pr_k^{cm} = M_k^{cm} \cdot BZ_{\delta}^{cm} M \cdot P_{lk}^{cm}, \quad (3.19)$$

де Pr_k^{cm} – продукція кори стовбурів, т·(га·рік)⁻¹; M_k^{cm} – запас кори стовбурів, м³·га⁻¹; $BZ_{\delta}^{cm} M$ – частка поточного приросту стовбурової деревини за запасом, %; P_{lk}^{cm} – базисна щільність кори стовбурів робінії несправжньоакації, кг·(м³)⁻¹.

Оцінювання екосистемних функцій робінієвих деревостанів.

Для оцінювання депонування вуглецю надземною фітомасою робінієвих деревостанів Байрачного степу України використано отримані у результаті дослідження дані річної продукції структурних компонентів надземної фітомаси та перевідні коефіцієнти G. Matthews (1993), які слугували за основу математичного виразу:

$$M_C = ((M_{C\delta}^{cm} + M_{Ck}^{cm} + M_C^{zil}) \cdot 0,5) + (M_C^l \cdot 0,45), \quad (3.20)$$

де M_C – депонований вуглець у надземній фітомасі деревостану, т·(га·рік)⁻¹; $M_{C\delta}^{cm}$ – депонований вуглець у деревині стовбурів деревостану, т·(га·рік)⁻¹; M_{Ck}^{cm} – депонований вуглець у корі стовбурів деревостану, т·(га·рік)⁻¹; M_C^{zil} – депонований вуглець у гілках крони у корі деревостану, т·(га·рік)⁻¹; M_C^l – депонований вуглець у листі деревостану, т·(га·рік)⁻¹.

Оцінювання киснепродукувальної функції робінієвих деревостанів базувалося на методичному підході М. І. Чеснокова & В. М. Долгошеева (1978), де застосовується показник маси кисню у 1413 кг, який виділяється в атмосферу при продукуванні деревостаном однієї тонни абсолютно сухої органічної речовини. Використання вказаного параметру та даних продукції надземної

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

частини робінієвих деревостанів надало можливість кількісно описати їх киснепродукувальну функцію.

Визначення показників термодеструкції фітомаси структурних компонентів стовбура дерев робінії несправжньоакації.

Деструкція деревини характеризується сумою реакцій термічного розкладання структурних полімерних компонентів рослинних тканин (S. Vichnevsky, B. Fuhr, & J. Melnichuk, 2003). Для оцінювання термохімічних змін, які відбуваються у фітомасі деревини та кори стовбурів робінії несправжньоакації, застосовували диференційно-термогравіметричний (DTG), термогравіметричний (TG) і диференційно-термічний (DTA) аналізи.

DTG – математична диференціальна крива змінювання маси, яка є похідною за температурою від функції змінювання маси досліджуваної речовини $dP/dT = f(T)$, тобто похідною $P = f(T)$ (А. А. Broido, 1969). За кривою DTG можна визначити температуру початку та закінчення реакції, а за піком кривої – температуру максимальної швидкості реакції. А. Tan & J. Stotta (1989) описували диференційний термічний аналіз (DTA) деревини в окиснювальному середовищі та псевдоскраплених шарах і запропонували використовувати його дані задля визначення способу хімічної обробки та спалювання деревини.

У якості критерію оцінювання ступеня термодеструкції природних полімерів приймають енергію активації термоокислювальної деструкції, тобто надлишок енергії, яка необхідна для руйнації хімічних зав'язків, які утворюють основний ланцюг полімеру, під дією світла й кисню повітря.

У дослідженні використовували криві TG, які дозволяють визначити енергію активації термоокислювальної деструкції зразків фітомаси компонентів стовбурів за методом А. А. Broido (1969) у модифікації В. А. Бернштейн & В. М. Егоров (1990). Для цього розраховували значення подвійного логарифма для відповідної температури з використанням залежності:

$$\ln\left(\ln\frac{100}{100-\Delta m}\right) = -\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}, \quad (3.21)$$

де m – маси зразка, %; E – енергія активації, кДж·моль⁻¹; R – універсальна газова стала, 8,314 Дж·(моль·К)⁻¹; T – температура, К.

Термогравіметричний аналіз фітомаси стовбурів робінії несправжньоакації з реєстрацією аналітичного сигналу втрати маси та теплових ефектів здійснювали на дериватографі $Q-1500D$ системи «F. Paulik – J. Paulik – L. Erdey» з чутливістю гальванометра 500 мкВ. Для проведення дослідження були виготовлені наважки фітомаси деревини та кори стовбура масою $100 \pm 0,1$ мг кожна. Зразки деревини та кори нагрівали за програмованим режимом до температури 600 °С та аналізували у динамічному режимі зі швидкістю нагрівання $10 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{хв}^{-1}$ в атмосфері повітря. Еталонний зразок – Al_2O_3 . Зміну маси досліджуваного зразка у залежності від температури й часу нагріву отримували у вигляді термографічної кривої (TG).

Оцінювання акумуляційного потенціалу надземної фітомаси робінієвих деревостанів по відношенню до металічних елементів.

У дослідженні визначено акумуляційний потенціал надземної фітомаси вегетативних та генеративних органів робінієвих деревостанів у лісових насадженнях Байрачного степу. Методологічна основа оцінювання неорганічних контамінантів та етапи дослідження відображені на блок-схемі, наведеної на рис. 3.3.

В основі вибору неорганічних контамінантів для дослідження задіяні – геохімічна класифікація елементів, міграційна здатність неорганічних металічних контамінантів у ґрунтах, кларки металічних елементів селетебних ландшафтів, кількість та якісний склад техногенних викидів у атмосферне повітря регіону дослідження. Обсяги полютантів, тренд емісій забруднюючих речовин у атмосферне повітря Дніпропетровської області, якісний склад викидів визначені за даними державної статистики (www.dneprostat.gov.ua).

Детекцію вмісту неорганічних контамінантів у ґрунті та структурних компонентах надземної фітомаси (деревина стовбурів, кора стовбурів, листя, плоди) здійснено по відношенню до хімічних елементів групи важких металів (елементи з густиною понад $4,5 \text{ г}\cdot(\text{см}^3)^{-1}$: Плюмбум (11,34); Купрум (8,96); Нікель (8,90); Кадмій (8,65); Станум (7,31); Манган (7,21); Хром (7,18); Цинк (7,13); Арсен (5,73) та напівметалу Стибію (6,69).

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ



Рис. 3.3. Блок-схема дослідження акумуляційного потенціалу робінієвих деревостанів по відношенню до металічних елементів

Досліджувані метали за класами небезпеки розподілені наступним чином: I-й клас – *Pb, Cd, As, Zn*, II-й клас – *Cr, Cu, Ni*, III-й клас – *Mn, Sn*. За класифікацією фізіологічної необхідності для рослин *Cu, Zn, Cr, Mn* є есенціальними елементами, які є облігатними складовими метаболізму; *As, Ni* – умовно-есенціальними; *Cd, Pb* – токсичними.

Відбір, пакування, зберігання та транспортування зразків ґрунту для визначення концентрації металічних елементів здійснено за вимогами ДСТУ 17.4.3.01–83 «Ґрунти. Загальні вимоги до відбору проб» та ДСТУ 17.4.3.01–83. «Охорона природи. Методи відбору та підготовки проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізів».

Дослідні зразки ґрунту у кількості 50 проб відібрані у робінієвому деревостані лісового насадження захисного функціонального призначення (ТШП 04241507, Верхньодніпровський лісгосп, квартал 50, виділ 6). Площу лісостану, на якій проводилося дослідження акумуляційного потенціалу надземної

фітомаси робінієвих деревостанів та здійснено точковий відбір проб для хімічного аналізу ґрунту, було розділено на елементарні ділянки з відстанню від одного до п'яти метрів та розташуванням у шаховому порядку. У визначених точках перед відбором зразків ґрунту ретельно видаляли рослинний покрив. Відбір зразків ґрунту здійснено до глибини 50 см за допомогою бура. Об'єднані проби масою $400 \pm 5,0$ г., у кількості 10 штук, формувалися ретельним перемішуванням первинних відібраних зразків ґрунту.

Концентрацію металів у досліджуваному ґрунті визначали у лабораторії моніторингу та агрохімічної паспортизації ґрунтів Дніпропетровської філії ДУ «Держґрунтохорона» (м. Дніпро) за методом атомно-абсорбційної спектрометрії за вимогами ДСТУ 30178-96 (2002) на спектрофотометрі С-15-М-1 за довжини хвиль (нм): *Cd* – 228,8; *Pb* – 283,3; *Cu* – 324,7; *Zn* – 324,7; *Ni* – 232,0; *Mn* – 279,5.

Аналітичне оцінювання фактичного вмісту металічних елементів здійснено відповідно до вимог гігієнічного нормативу 2.1.7.2511–09 «Орієнтовно допустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті» (ОДК) та значень гранично допустимих концентрацій хімічних речовин у ґрунті за показниками шкідливості ДСанПіН 2.2.7.029–99 (ГДК).

Дослідні зразки надземної фітомаси (деревина та кора стовбура, листя, плоди) для визначення концентрації металічних елементів отримано з 30 модельних дерев робінії несправжньоакації у загальній кількості по 50 проб кожної фракції надземної фітомаси. Виготовлено об'єднані проби, у яких було визначено 10 металічних елементів. Підготовку зразків здійснювали за методикою Е. Margui et al. (2015). У якості екстрагентів використано одномолярний розчин нітратної кислоти, перекис водню й ацетатно-амонійний буфер ($pH = 4,8$). Зразки фітомаси подрібнювали до порошкоподібного стану, маса наважки рослинного матеріалу становила 0,3 г, тривалість експозиції з екстрагентами за температури $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ – одна година.

Визначення концентрацій металів у рослинному матеріалі здійснювали за допомогою методу плазмово-оптичної емісійної спектрометрії (ICP-OES) на спектрометрі Technologist 5100

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Agilent з індуктивно зв'язаною плазмою у лабораторії фітореMediaції Жиронського університету (м. Жирона, Іспанія). Умови інструментальних вимірювань спектрофотометру: потужність – 1200 Вт, витрата плазми – 12 л·хв⁻¹; детектор – багатоканальна передача заряду; небулайзер – концентричний; довжина хвиль випромінювання – *As* (193,696 нм), *Cd* (226,502 нм), *Cr* (267,716 нм), *Cu* (327,395 нм), *Ni* (216,555 нм), *Pb* (220,353 нм), *Sb* (217,582 нм), *Mn* (257,610 нм), *Sn* (283,998 нм), *Zn* (202,548 нм). Для кожного металічного елемента діапазон концентрацій вимірювали як функцію інтенсивності, одержану для даного металу.

Концентрація хімічних елементів у ґрунті, деревині й корі стовбурів, листі та плодах визначена у триразовій повторності, отримані дані оброблено з використанням стандартних статистичних методів програми IBM SPSS Statistics 23.

Оцінювання екологічного та фізіологічного стану дерев робінії несправжньоакації в умовах поліелементного забруднення ґрунту здійснено за величинами коефіцієнтів відношень елементів *Fe/Mn*, *Pb/Mn* та *Zn/Cu*, які були запропоновані П. В. Елпатьевским & В. С. Аржановым (1990).

Розроблення фітореMediaційних технологій передбачає дослідження закономірностей концентрування поллютантів у фітомасі рослин. Тому, дослідження акумуляційного потенціалу деревостанів робінії несправжньоакації передбачало визначення здатності поглинання деревами із забрудненого ґрунту НК та їх концентрування у структурних компонентах надземної фітомаси.

Рослинні організми у кореневих системах можуть локалізувати надлишкові концентрації біодоступних металів, зв'язуючи їх з органічними кислотами, лігандами або зберігаючи їх у вакуолях, позбавляючи доступу до біохімічних реакцій. Інша стратегія рослинних організмів по відношенню до металічних елементів полягає у транслокації до надземної фітомаси та накопиченні у тканинах надземних вегетативних та генеративних органів. Такі види рослин можуть бути віднесені до потенційних метал-акумуляторів при розробленні технологій фітоекстракції й фітостабілізації. Такі метали, як *Ni*, *Cu*, *Mn*, *Zn*, є необхідними для

фізіолого-біохімічних функцій рослин, проте надлишкові концентрації, можуть порушувати фізіологічні процеси та призводити до токсичних ефектів. На відміну від зазначених металічних елементів – *As*, *Cd*, *Pb*, *Sb* і *Sn* не є складовими фізіологічно значущих речовин, їх есенціальність для рослин не доведена.

Для реалізації встановлення міграційної активності неорганічних контамінантів використано коефіцієнт біологічної акумуляції неорганічних речовин – відношення середнього вмісту елементу у фракції фітомаси до його середнього вмісту у субстраті вирощування за формулою (С. Bitterli, G. S. Ваñuelos, R. Schulin, 2010.)

$$K_{\text{бак}} = C_{\text{ф}} / C_{\text{суб}}, \quad (3.22)$$

де $K_{\text{бак}}$ – коефіцієнт біологічної акумуляції; $C_{\text{ф}}$ – вміст НК у компоненті надземної фітомаси, $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; $C_{\text{суб}}$ – вміст НК у субстраті вирощування, $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Одним з етапів оцінювання акумуляційного потенціалу робінієвих деревостанів по відношенню до неорганічних контамінантів було дослідження депонування металічних елементів, які кількісно переважають у складі техногенних емісій у регіоні дослідження – Кадмію, Плюмбуму, Купруму, Цинку, Мангану, Нікелю та розроблення картографічного матеріалу градаційного розподілу їх концентрацій у фітомасі листя робінієвих деревостанів лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України.

Картографічні матеріали розроблені за методом зваженої інтерполяції (Inverse Distance Weighted Interpolation) з використанням програми QGIS (https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html#figure-idw-interpolation). Вихідними даними для побудови карт слугували фактичні концентрації металічних елементів, які були визначені у шістдесяти дослідних зразках фітомаси листя модельних дерев робінії несправжньоакації, відібраних у п'яти контрольних точках лісових насаджень регіону дослідження (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Географічні координати точок відбору дослідних зразків
фітомаси листя**

	Географічне	Координати точок периметра
--	-------------	----------------------------

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Точки відбору проб	положення	1	2	3	4
1	широта, N	48,54971038	48,54947364	48,54947364	48,54971038
	довгота, E	34,81050623	34,81050623	34,81014967	34,81014967
2	широта, N	48,55148718	48,55125045	48,55125045	48,55148718
	довгота, E	34,88275163	34,88275163	34,88239507	34,88239507
3	широта, N	48,38571946	48,38548195	48,38548195	48,38571946
	довгота, E	35,17160483	35,17160483	35,17124826	35,17124826
4	широта, N	47,73059511	47,73035454	47,73035454	47,73059511
	довгота, E	34,22673551	34,22673551	34,22637894	34,22637894
5	широта, N	48,31830574	48,31806791	48,31806791	35,11463914
	довгота, E	35,11499572	35,11499572	48,31830574	35,11463914

Таким чином, методологічні підходи визначення акумуляційного потенціалу надземної фітомаси робінієвих деревостанів досліджуваних лісів Байрачного степу об'єднали класичні методики визначення концентрацій металічних елементів у ґрунті й рослинному матеріалі, оцінюванні міграційної активності металів через розрахунок коефіцієнта біологічної акумуляції та сучасні методичні підходи геоінформаційних систем для розроблення картографічного матеріалу градаційного розподілу концентрацій неорганічних металічних контамінантів у асиміляційній складовій робінієвих деревостанів у регіоні дослідження.

3.3. Лісівничо-таксаційна характеристика робінієвих деревостанів за даними реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів»

Особливостям створення та функціонування лісових насаджень робінії несправжньооакації у природній зоні степу України присвячені наукові роботи Н. А. Лохматова (1985а; 1985б; 1999), С. Г. Коханова (1978; 1979; 1990; 2010), С. Г. Коханова & И. Н. Головчанского (1982), А. Н. Масюка (2006; 2009), С. А. Ситник (2014); С. А. Ситник & П. І. Лакида (2014); С. А. Ситник & В. М. Ловинської (2009; 2012; 2014а; 2014б); С. А. Ситник & В. В. Поліщук (2014); С. А. Ситник та ін. (2013; 2014а; 2014б; 2015; 2016а; 2016б), V. Lovynska & S. Sytnyk (2016), V. Lovynska et al. (2016).

На даний час у природній зоні степу робінієві деревостани за площею займають одне з перших місць у лісових насадженнях серед інших лісотвірних видів і виконують захисні, середовищевірні та утилітарні функції (С. А. Ситник та ін., 2013; С. А. Ситник & П. І. Лакида, 2014). Робінієві деревостани є різноманітними за просторовими формами, лісорослинними умовами (Н. А. Лохматов & Г. Б. Гладун, 2004; А. Н. Масюк, 2009; С. А. Ситник & В. М. Ловинська, 2012), технологіями створення (Н. А. Лохматов, 1985а) та функціональним призначенням (С. А. Ситник та ін., 2013, 2014; S. Sytnyk et al. 2015; 2016).

Дослідження біотичної продуктивності робінії несправжньоакації проводилися у 2014–2019 рр. у лісових насадженнях, підпорядкованих Дніпропетровському обласному управлінню лісового та мисливського господарства Державного агентства лісових ресурсів України на території Байрачного степу у межах географічних координат 47–49 °N; 33– 37 °E.

Таксаційна структура робінієвих деревостанів оцінена за даними реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісу» виробничого об'єднання «Укрдержліспроєкт», яка містить кадастрову та таксаційну характеристику насаджень виділів лісового фонду та є важливою складовою інформаційного забезпечення наукових досліджень біотичної продуктивності лісотвірних видів у лісах України, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України. Реляційна база узагальнює інформацію, отриману при проведенні базового лісовпорядкування у лісгосподарських підприємствах, яка актуалізується за допомогою методів математичного моделювання. Насадження таксаційного виділу лісгосподарського підприємства із зазначенням адміністративного району розташування охарактеризоване такими показниками: площа таксаційного виділу, склад деревостану, вік, середні висота і діаметр, деревостану, клас бонітету, тип лісорослинних умов, відносна повнота, запас стовбурової деревини на 1 га та на таксаційний виділ. Особливість інформації реляційної бази даних полягає у тому, що її отримують окомірно-вимірвальним методом, який може обумовити статистичні помилки. Поряд з цим, оскільки база

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

даних фактично є генеральною сукупністю лісових насаджень України, то такі статистичні помилки можуть бути нівельовані (І. П. Лакида, 2011).

Загальна площа лісостанів за участю робінії несправжньоакації на території Байрачного степу України у межах адміністративної Дніпропетровської області, які підпорядковані Державному агентству лісових ресурсів України, становить 17683,7 га. Деревостани робінії несправжньоакації представлені на 4740 таксаційних виділах, середня площа одного виділу становить 4,2 га. Розподіл площі та запасів стовбурової деревини робінієвих деревостанів за лісогосподарськими підприємствами Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства наведено у табл. 3.2.

У лісогосподарській області Байрачного степу робінія несправжньоакація формує насадження різних категорій. Згідно положень Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок» від 16.05.2007 р. № 733 у лісах Байрачного степу, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України на території Дніпропетровської області, робінієві деревостани мають таку представленість за функціональними категоріями (рис. 3.4):

– ліси природоохоронного (ПО), наукового та історико-культурного (ІК) призначення – 1831,1 га (18,8 % від площі лісів зазначеної категорії), запас стовбурової деревини – 290,62 тис. м³;

– рекреаційно-оздоровчі ліси – 7173,5 га (22,9 % площі рекреаційно-оздоровчих лісів), запас стовбурової деревини – 983,82 тис. м³;

– захисні ліси – 8679,1 га (35,2 % площі захисних лісів), запас стовбурової деревини – 1350,76 тис. м³.

Зазначимо відсутність функціональної категорії експлуатаційних лісів у межах досліджуваної лісогосподарської області.

Таблиця 3.2

**Характеристика робінієвих деревостанів підприємств
 Дніпропетровського управління лісового та мисливського
 господарства**

Державне лісове господарство	Площа робінієвих деревостанів, га	Запас стовбурової деревини, тис. м ³
Васильківське	558,5	60,2
Верхньодніпровське	7095,1	1248,5
Дніпродзержинське	2051,3	310,8
Дніпропетровське	3077,7	459,6
Криворізьке	1477,6	201,6
Марганецьке	1805,8	159,4
Новомосковське	3133,9	133,5
Новомосковський військовий	26,9	2,6
Павлоградське	359,3	36,7
Природний заповідник Дніпровсько-Орільський	97,6	12,3
Усього	17683,7	2625,2



Рис. 3.4. Розподіл площі деревостанів робінії несправжньоакації за категоріями функціонального призначення у Байрачному степу України

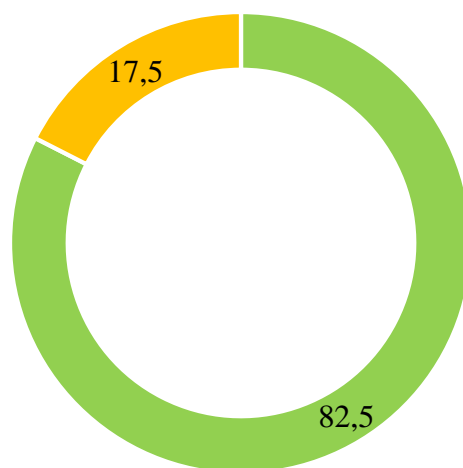
Вікова структура деревостанів робінії несправжньоакації у Байрачному степу України за функціональними категоріями наведена у табл. 3.3. Робінієві деревостани переважно є чистими за складом, займають 82,5 % загальної площі досліджуваних насаджень, мішані деревостани становлять 17,5 % (рис. 3.5). Зростання цього лісотвірного виду відбувається разом із дубом звичайним, ясенами зеленим і звичайним, тополями білою та чорною.

Таблиця 3.3

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Вікова структура деревостанів робінії несправжньоакації у розрізі функціональних категорій лісів

Показник	Всього	Групи віку				
		молодняки	середньо-вікові	пристигли	стигли	перестиглі
Ліси природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення						
Площа, га	1831,1	10,9	96,1	48,3	202,6	1473,2
Запас, тис. м ³	290,62	0,20	3,63	28,01	21,21	237,57
Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	158	18	26	58	104	161
Рекреаційно-оздоровчі ліси						
Площа, га	7173,5	141,4	1026,6	302,9	706,3	4996,3
Запас, тис. м ³	983,82	2,53	34,64	22,83	85,82	838,00
Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	137	17	34	75	122	167
Захисні ліси						
Площа, га	8679,1	217,2	290,2	131,5	1710,1	6330,1
Запас, тис. м ³	1350,76	4,05	9,68	10,34	252,04	1074,65
Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	155	18	33	78	147	170
Усього						
Площа, га	17683,7	369,5	1412,9	482,7	2619,0	12799,6
Запас, тис. м ³	2625,20	6,78	47,95	61,18	359,07	2150,22
Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	149	18	33	126	137	165



■ Чисті деревостани ■ Мішані деревостани

Рис. 3.5. Розподіл площі деревостанів робінії несправжньоакації за складом, %

Провідним чинниками створення й подальшої динаміки штучних робінієвих насаджень є лісорослинні умови. Створення лісів у природній зоні степу передбачає встановлення відповідності деревних видів показникам клімату, рельєфу, ґрунтам із врахуванням біотичних відносин між рослинами, які утворюють лісовий фітоценоз.

Значна площа та різноманітність типів ландшафтів степової зони зумовлюють широкий спектр умов місцезростань та їхніх мікрокліматичних характеристик (Б. Ф. Остапенко & М. С. Улановский, 1999). З існуючих на сьогодні в Україні типологічних класифікацій лісів і лісорослинних умов найбільш відомими є дві: типологія лісів Алексєєва-Погребняка та типологія степових лісів О. Л. Бельгарда (1950). Типологічна основа едафічної сітки Алексєєва-Погребняка, як відомо, будується за двома координатами – родючістю й зволоженням ґрунту. Чотири градації родючості та шість градацій зволоження формують 24 типи лісорослинних умов. Розроблена на матеріалах лісової зони, зазначена типологія може бути недоцільною для використання її у степовій природній зоні, де наявні інші типи лісорослинних умов, які не зустрічаються або слабо виражені в інших природних зонах України.

Специфіка степової зони, наростання засоленості ґрунту на плакорі та у долинах річок, обумовлює зростання лісу у балках і заплавах річок. Лісові насадження, створені на плакорі, займають невластиве їм степове середовище та трансформують його у лісове. Типологія О. Л. Бельгарда має ряд спільних позицій зі школою Алексєєва-Погребняка, проте володіє безсумнівною «автономією», що виражається у використанні для оцінювання трофотопу ступеня мінералізованості ґрунтового розчину та введенні фактора заплавної (В. А. Горейко, 2005). Відповідно до цієї типології степові ліси визначають як позазаплавні та заплавні, останні класифікують на довго-, середньо- і короткозаплавні. Важлива діагностична ознака – ступінь заплавної середовища, яка визначається складом флори лісового ценозу та кількісним

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

співвідношення видів. Як для заплавлених, так і для позазаплавлених лісів, визначається градація гігротопу: ксерофільні, мезоксерофільні, ксеромезофільні, мезофільні, гігромезофільні, мезогігрофільні, гігрофільні, ультрагігрофільні. Таким чином, ордината вологості зберігається, але з більшою диференціацією. Ордината трофності замінена ординатою мінералізованості ґрунтового розчину.

Згідно типології Алексєєва-Погребняка робінієві деревостани у Байрачному степу України функціонують у сімнадцяти едафотопах – А₀–А₂; В₀–В₃; С₀–С₅, D₁–D₄ (табл. 3.4). Найбільша площа досліджуваних деревостанів представлена у сугрудах – 9596,5 га (54,3 % від загальної площі робінієвих деревостанів). У ґрудах зосереджено понад третини площі – 6732,2 га (38,1 %). На незначній площі досліджуваний вид формує деревостани у найбільшій ґрунтових умовах борів – 139,8 га (0,9 %).

Таблиця 3.4

Розподіл площі робінієвих деревостанів Байрачного степу України за типами лісорослинних умов

Гігротоп	Трофотоп								Разом для гігротопів	
	А – бір		В – суббір		С – сугруд		D – ґруд		га	%
	га	%	га	%	га	%	га	%		
0 – дуже сухі	4,6	0,1	38,9	0,2	990,7	5,6	–	–	1034,2	5,9
1 – сухі	32,7	0,2	700,6	4,0	7471,0	42,0	5712,4	32,2	13916,7	78,4
2 – свіжі	102,3	0,6	437,3	2,5	1072,3	6,1	982,2	5,55	2594,1	14,7
3 – вологі	–	–	38,6	0,2	46,8	0,3	29,2	0,2	114,6	0,7
4 – сирі	–	–	–	–	1,2	0,1	8,4	0,1	9,6	0,2
5 – мокрі	–	–	–	–	14,5	0,1	–	–	14,5	0,1
Разом для трофотопів	139,6	0,9	1215,4	6,9	9596,5	54,2	6732,2	38,0	17683,7	100,0

Збільшення вмісту органічної речовини у рядах трофогенної градації, як і збільшення вологості ґрунту, викликає якісні переходи місцезростань, що обумовлює зміни у перебігу фізіолого-біохімічних процесів та позначається на зміні інтегрального показника росту рослин – біотичній продуктивності.

Актуальним є виявлення закономірностей формування деревостанів з максимальною продуктивністю та оцінювання

впливу абіотичних чинників едафотопів на формування стовбурової деревини.

Аналіз даних, наведених на рис. 3.6 свідчить, що за запасом стовбурової деревини перестиглі деревостани переважають в усіх типах лісорослинних умов, займаючи від 72,5 % у борах до 85,0 % у грудях.

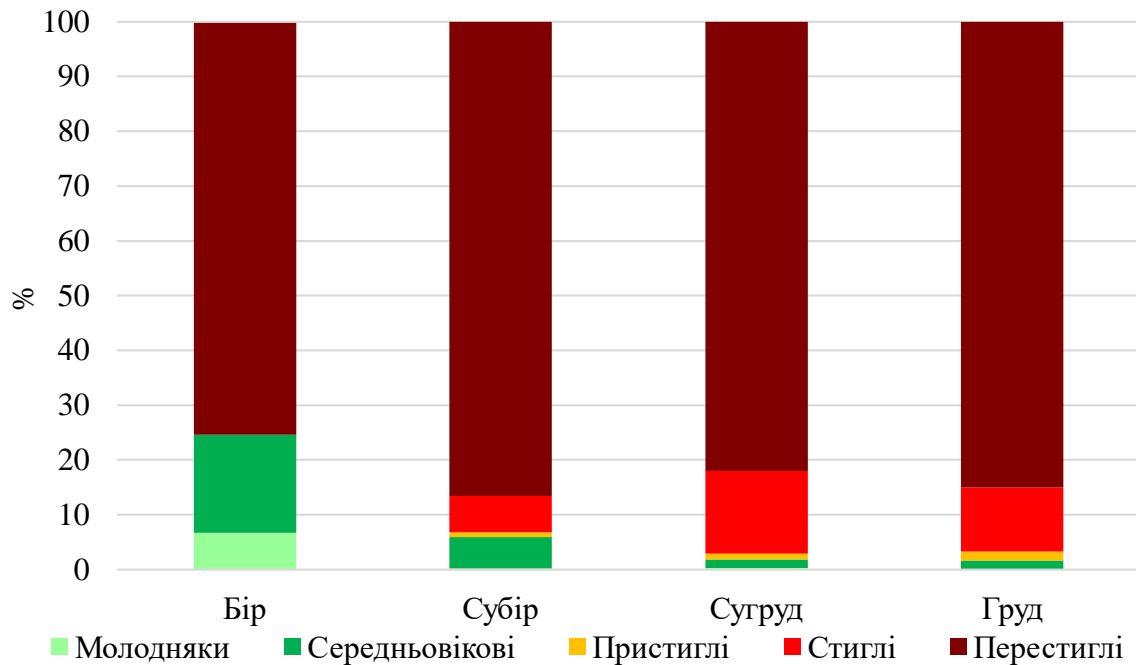


Рис. 3.6. Розподіл запасів стовбурової деревини робінієвих деревостанів Байрачного степу за трофотопами та групами віку, %

Для спрямування лісогосподарської діяльності та визначення перспектив розвитку лісових насаджень потрібний пошук взаємозалежності між абіотичними характеристиками місцезростань та кількісними характеристиками продуктивності деревостанів лісотвірних видів.

За даними реляційної бази проаналізовано закономірності впливу вологозабезпеченості (гігротопу) та родючості ґрунту (трофотопу) на середній запас деревини стовбурів у різновікових робінієвих деревостанах. Клас віку для робінії несправжньо-акації, як для швидкорослого лісотвірного виду, складає 5 років (Основні положення організації і розвитку лісового господарства Дніпропетровської області, 2011).

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Визначений середній запас стовбурової деревини робінієвих деревостанів різного віку у наявних гігротопах продемонстрував залежність досліджуваного показника від умов зволоження: середній запас деревини в умовах вологого гігротопу становить 181,6 % щодо запасу, який формується в умовах дуже сухого гігротопу. Зі зміною умов зволоження у одновікових деревостанів робінії несправжньоакації виявлено тенденцію збільшення середнього запасу стовбурової деревини. В умовах значного зволоження робінієві деревостани досягають максимального запасу деревини ($193,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) у віці п'ятдесяти років (10-й клас віку). У цьому ж віці у різних гігротопах отримані такі показники середнього запасу ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$): дуже сухий – 121,0; сухий – 179,4; свіжий – 186,1.

За дослідженнями Н. А. Лохматова (1985а) для робінії несправжньоакації у найсприятливіших умовах вологозабезпеченості характерне інтенсивне зростання протягом тривалого часу. У середніх умовах зволоження для цього виду характерною є швидка зміна інтенсивного зростання помірним, сповільненим і у несприятливих умовах наявне слабке та дуже слабке зростання. Контрастна енергія зростання робінії несправжньоакації у різних умовах зволоження зумовлює істотні відмінності розвитку та структури насаджень. З переходом від оптимальних до найгірших умов вологозабезпеченості відбувається швидке зниження її пагоно- і листяутворення, густоти крони, розмірів дерев, їхньої стійкості щодо фітопатогенів та ентомошкідників.

Значення середнього запасу стовбурової деревини деревостанів робінії несправжньоакації наявних класів віку у різних умовах трофності ґрунту демонструють відмінність досліджуваного показника: максимальне значення середнього запасу стовбурової деревини робінієвих деревостанів у трофотопі становить ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$): А – 180 (12-й клас віку); В – 202 (13-й клас віку); С – 178,9 (10-й клас віку); D – 180 (13-й клас віку). Наведені дані демонструють відсутність значущої відмінності максимальних значень середнього запасу деревини, який формується у найбідніших ґрунтових умовах борів і найбільш родючих ґрунтах грудів.

Тип лісу – ділянки рослинності, об'єднані спільним едафотопом, який характеризується набором подібних трофо- і

гігроморф. (Е. С. Мигунова, 2014). Отже, в один і той же тип лісу об'єднують корінні та похідні ценози, які формуються у екологічно рівноцінних місцезростаннях Згідно даних матеріалів реляційної повидільної бази, досліджувані робінієві деревостани у Байрачному степу України зростають у 41-му типі лісу (табл. 3.5, рис. 3.7). На третині площі (5668,8 га або 32,0 %) досліджуваний вид зростає у галогенному варіанті сухого сугрудку, значно представлена суха пакленова судіброва. У свіжих умовах зволоження ґрунту переважаючим типом лісу є галогенний варіант свіжого сугрудку, який займає площу 2130,2 га (12,0 %).

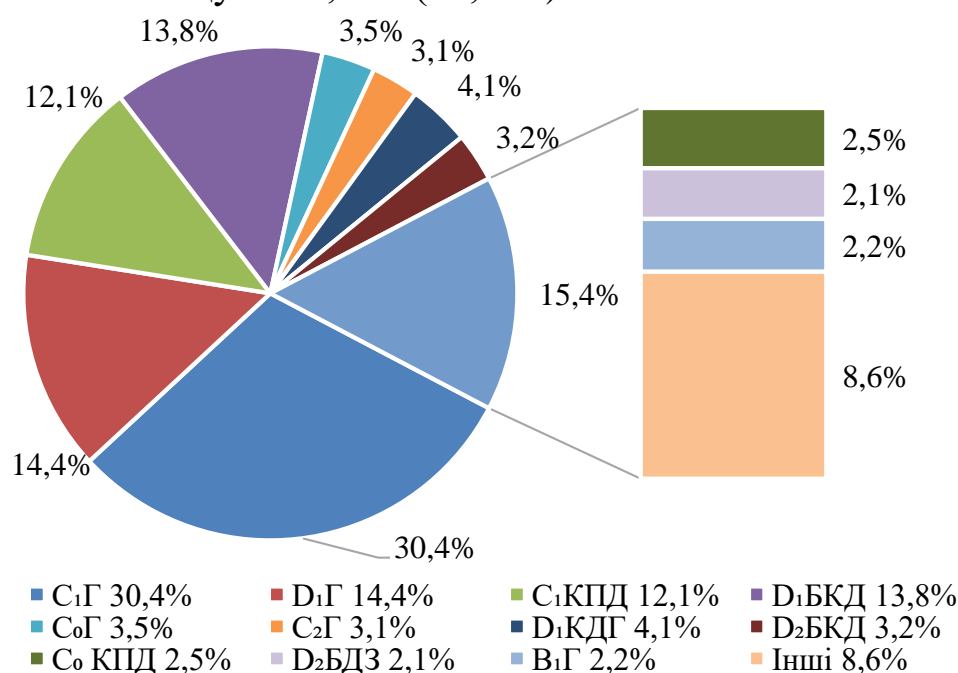


Рис. 3.7. Типи лісу робінієвих деревостанів Байрачного степу України

Згідно положень Лісового кодексу (ст. 42) вік стиглості деревостанів обґрунтовується під час проведення лісовпорядкування за результатами спеціальних наукових досліджень і визначається, виходячи з основного цільового призначення лісів, функцій, які вони виконують, продуктивності, біологічних особливостей деревних видів, лісорослинних умов та способів відновлення лісу. У Байрачному степу України вік стиглості деревостанів робінії несправжньоакації, які належать до господарської секції «Акацієві» у госпчастині з особливим режимом користування становить 31–35 років, з обмеженим режимом користування 26–30 років (Основні

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

положення організації та розвитку лісового господарства Дніпропетровської області, 2011).

Таблиця 3.5

Розподіл площі насаджень робінії несправжньоакації за типами лісу

Тип лісу		Площа, га
A ₀ -C	Дуже сухий сосновий бір	4,6
A ₁ -C	Сухий сосновий бір	32,7
A ₂ -C	Свіжий сосновий бір	102,3
B ₀ -C	Дуже сухий сосновий субір	38,9
B ₁ -дС	Сухий дубово-сосновий субір	279,3
B ₁ ^h	Сухий субір галогенний варіант	363,0
B ₂ -тС ³	Свіжий заплавний тополевий субір	21,7
B ₂ -дС	Свіжий дубово-сосновий субір	138,7
B ₂ ^h	Свіжий субір галогенний варіант	238,2
B ₃ -тС ³	Вологий заплавний тополевий субір	59,1
B ₃ -дС	Вологий дубово-сосновий субір	37,8
C ₀ ^h	Дуже сухий сугруд галогенний варіант	551,1
C ₀ -клД	Дуже суха пакленова судіброва	440,5
C ₁ ^h	Сухий сугруд галогенний варіант	5658,8
C ₁ -клД	Суха пакленова судіброва	2130,2
C ₂ ^h	Свіжий сугруд галогенний варіант	531,0
C ₂ -дСТ	Свіжа степова судіброва	189,0
B ₂ -тД ³	Свіжий заплавний тополевий сугруд	169,2
C ₂ -брД ³	Свіжа заплавна берестова судіброва	106,4
C ₂ -кпД	Свіжа пакленова судіброва	75,2
C ₃ ^h	Вологий сугруд галогенний варіант	16,9
C ₃ -т ^{3h}	Вологий заплавний тополевий сугруд галогенний варіант	16,7
C ₃ -брД ³	Волога заплавна берестова судіброва	7,4
C ₃ -верт ³	Вологий заплавний вербово тополевий сугруд	5,0
C ₃ -дСТ	Волога степова судіброва	0,8
C ₄ ^h	Сирий сугруд галогенний варіант	1,2
C ₅ -віл.ч	Мокрий чорновільховий сугруд	14,5
D ₀ -Д	Дуже суха діброва	0,6
D ₁ ^h	Сухий груд галогенний варіант	2547,1
D ₁ -бр-клД	Суха бересто-пакленова діброва	2446,2
D ₁ -бр-клД ^h	Суха бересто-пакленова діброва галогенний варіант	719,1
D ₂ -бр-клД	Свіжа бересто-пакленова діброва	471,1
D ₂ -бр-клД ³	Свіжа заплавна бересто-пакленова діброва	310,0
D ₂ ^h	Свіжий груд галогенний варіант	176,6
D ₂ -бр-клД ^h	Свіжа заплавна бересто-пакленова діброва галогенний варіант	24,5
D ₃ -т ³	Вологий заплавний тополевий груд	9,6
D ₃ -бр-кпД ³	Волога заплавна бересто-пакленова діброва	8,7
D ₃ -бр-кпД ^h	Волога бересто-пакленова діброва галогенний варіант	8,0

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

D ₃ ^h	Вологий груд галогенний варіант	2,9
D ₄ ^h	Сирий груд галогенний варіант	1,3
D ₄ -вер ³	Сирий заплашний вербовий грул	7,1

Аналіз вікової структури робінієвих деревостанів Байрачного степу України демонструє нерівномірний розподіл площі, зайнятої деревостанами різних груп віку (табл. 3.6). Діапазон віку – 5–95 років, середній вік – 43 роки. Вікова структура характеризується значним переважанням перестиглих модальних деревостанів робінії несправжньоакації, які займають 72,3 % (12786,0 га) від загальної площі деревостанів цього виду, за дуже незначної площі молодняків.

Таблиця 3.6

Вікова структура деревостанів робінії несправжньоакації

Показник	Всього	Групи віку				
		молодняки	середньо-вікові	пристигли	стигли	перестиглі
Площа, га	17683,7	379,2	1414,6	486,3	2626,6	12794,8
Запас, тис. м ³	2625,2	6,4	45,8	34,9	346,4	2191,7
Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	149	17	32	72	132	171

Найменшу частку площі робінієвих деревостанів займають молодняки (насадження віком до 10 років), яка становить 2,0 % загальної площі робінієвих деревостанів, пристиглі – 3,0 %, середньовікові та стиглі – 8,0 і 15,0 % відповідно. Середні таксаційні показники деревостанів за класами віку наведені у табл. 3.7.

Найменша частка запасу стовбурової деревини деревостанів зосереджена у віковій групі молодняків – 0,2 % загального запасу, у пристиглих деревостанах – 1,3 %; середньовікових – 1,7 % та стиглих – 13,2 %.

Деревостани, складені перестиглою робінією, мають найбільший запас стовбурової деревини, який становить 83,6 % від загального запасу деревостанів цього виду у Байрачному степу України. Найбільшим середнім запасом деревини (194 м³·га⁻¹) характеризуються перестиглі робінієві деревостани віком 80–85 років (XVII клас віку), а найменшим серед перестиглої групи віку – VIII клас віку (36–40 років) – 141 м³·га⁻¹ і XVIII (86–90 років) – 142 м³·га⁻¹ (рис. 3.8).

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

У регіоні дослідження за площею домінують робінієві деревостани з відносною повнотою 0,8 (рис. 3.9). Низькоповнотні деревостани майже відсутні, частка насаджень з показником відносної повноти 0,5 і нижче становить усього 0,5 % площі.

Таблиця 3.7

Таксаційні показники деревостанів робінії несправжньоакації у Байрачному степу за класами віку

Клас віку	Загальна площа виділів, га	Запас деревостанів, тис. м ³	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Відносна повнота
I	22,0	0,2	2,5	2,7	0,65
II	348,2	6,3	4,6	4,9	0,71
III	543,1	10,5	5,7	6,5	0,71
IV	416,5	13,3	6,9	8,2	0,76
V	502,3	24,7	8,9	10,7	0,73
VI	493,9	36,6	11,4	13,6	0,74
VII	656,6	73,9	14,4	17,0	0,76
VIII	2057,4	290,3	16,9	19,3	0,76
IX	3784,8	614,7	17,7	19,3	0,75
X	5898,1	1052,1	19,2	21,6	0,76
XI	1428,6	244,3	19,1	21,8	0,74
XII	800,3	131,9	19,9	23,3	0,75
XIII	342,6	59,3	20,1	23,5	0,75
XIV	193,9	31,9	20,1	25,1	0,74
XV	138,0	25,2	21,0	25,5	0,76
XVI	48,8	8,5	21,1	26,1	0,75
XVII	1,8	0,4	21,9	23,0	0,76
XVIII	3,6	0,5	23,3	26,3	0,50
XXI	3,2	0,3	13,0	19,1	0,71

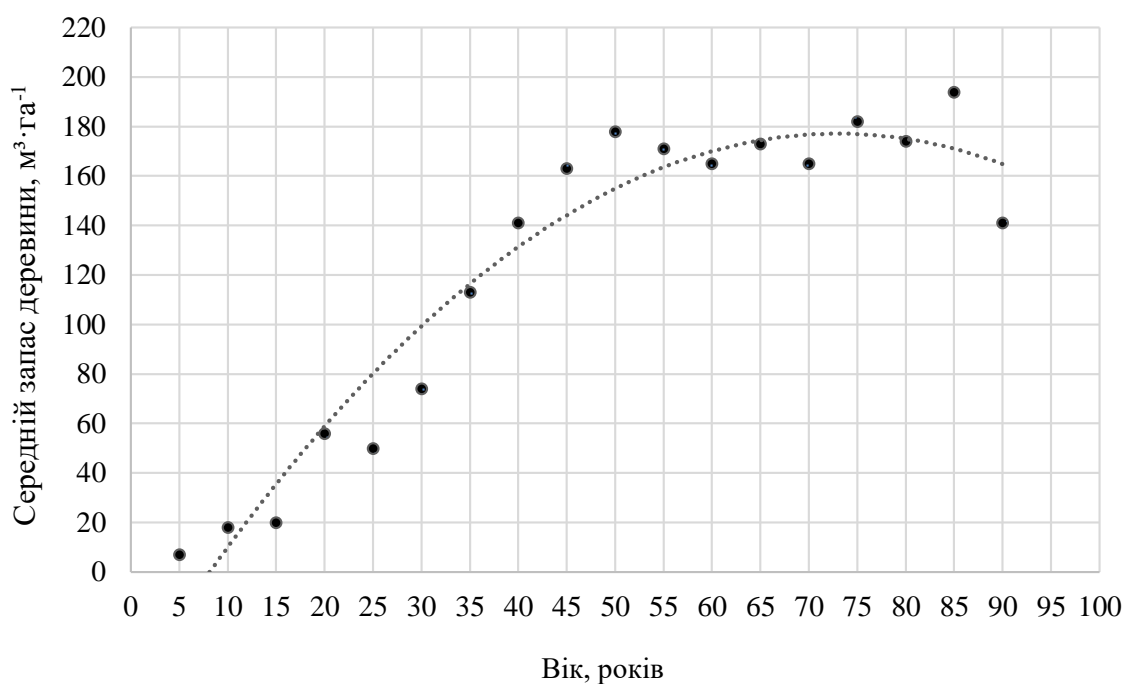


Рис. 3.8. Динаміка середніх значень запасу стовбурової деревини робінієвих деревостанів

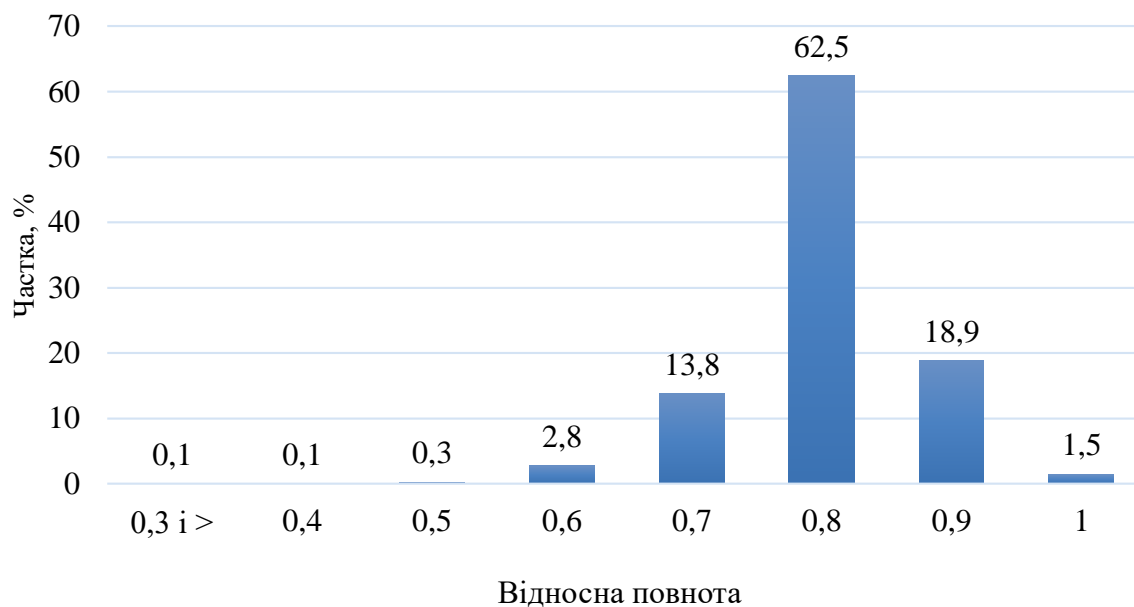


Рис. 3.9. Розподіл площі робінієвих деревостанів за відносними повнотами

Основну частину площі займають деревостани робінії, які зростають за I класом бонітету (рис. 3.10). Значна представленість високобонітетних та дуже незначна частка низькобонітетних (V клас) деревостанів демонструють відповідність досліджуваного

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

виду лісорослинним умовам зростання у Байрачному степу України.

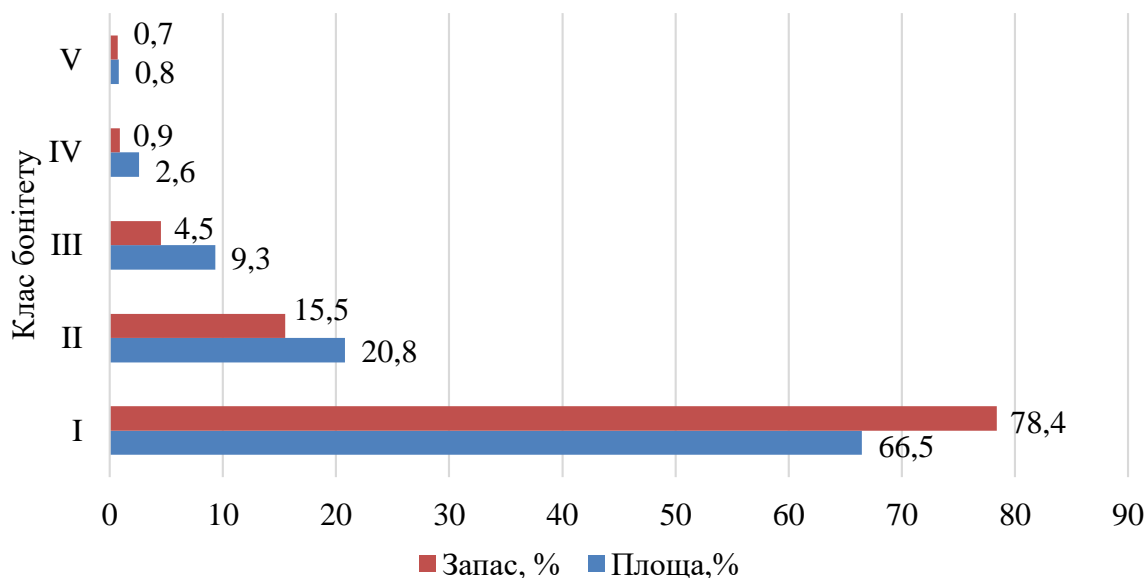


Рис. 3.10. Розподіл площі та запасів стовбурової деревини у деревостанах робінії несправжньоакації за класами бонітету, %

Третина площі деревостанів робінії, які зростають за I класом бонітету, сформовані переважно в умовах галогенного варіанту сухого сугруду (4161,4 га, або 35,3 % від площі, зайнятої деревостанами досліджуваного виду, які зростають за I класом бонітету). Також даний вид формує деревостани за I класом бонітету у галогенних варіантах сухого грудку і сухої берестопакленої діброви. Середній клас бонітету робінієвих деревостанів – II,5.

Відповідність робінієвих деревостанів едафо-кліматичним умовам Байрачного степу, утилітарні функції її деревостанів дозволяють вважати цей лісотвірний вид доцільним для багатовекторного дослідження.

3.4. Таксаційна характеристика деревостанів тимчасових пробних площ

Для здійснення дослідження біотичної продуктивності за компонентами надземної фітомаси дерев і деревостанів робінії несправжньоакації та екологічного й енергетичного потенціалу її

насаджень було використано експериментальні дані, зібрані під час польових робіт у 2013–2019 роках. Методика дослідження передбачала закладання тимчасових пробних площ (ТПП), на яких здійснено збір польового експериментального матеріалу.

В Україні вимоги до закладання пробних площ визначені чинним стандартом СОУ 02.02-37-476 (2006). Відповідно до цього нормативного документа ТПП розміщуються на відстані, не ближче ніж 30 м від квартальних просік, доріг, меж лісу, зрубів та інших категорій лісових ділянок. На пробній площі має налічуватись, як правило, щонайменше 200 дерев основного елементу лісу, а її площа повинна бути кратною 0,05 га, із співвідношенням сторін, не більшим 1/2.

Вибір ділянок, вкритих лісовою рослинністю для закладання ТПП здійснювався з урахуванням поширення робінієвих насаджень штучного походження у Байрачному степу України. За матеріалами реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів», таксаційним описом і планом насаджень підібрано ділянки у лісових насадженнях лісогосподарських підприємств Державного агентства лісових ресурсів України, підпорядкованих Дніпропетровському обласному управлінню лісового та мисливського господарства. Критеріями вибору слугували шукані характеристики деревостанів – тип лісорослинних умов, тип лісу, склад деревостану, вік деревостану, клас бонітету, відносна повнота.

На наступному етапі здійснювався огляд підібраних ділянок вкритих лісовою рослинністю у натурних умовах: актуалізація таксаційних характеристик деревостану на момент обстеження, відповідність лісорослинних умов, наявний санітарний стан насаджень. За умови репрезентативності робінієвих деревостанів й відповідності сформульованим вимогам, приймалося рішення щодо закладання тимчасової пробної площі. Розмір тимчасової пробної площі регламентувався кількістю дерев робінії несправжньоакації, яка підлягала обліку.

У робінієвих деревостанах штучного насінневого походження у державних лісових господарствах Байрачного степу України було закладено 20 тимчасових пробних площ (ТПП) з суцільним обмірюванням, рубанням модельних дерев робінії

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

несправжньооакації та пофракційним оцінюванням компонентів надземної фітомаси. Загальна площа тимчасових пробних площ, на яких здійснювалася дослідна робота становила 4,15 га. Місця закладання ТПП наведені на рис. 3.11, фотофіксація робінієвих насаджень ТПП, модельних дерев робінії несправжньооакації продемонстрована на рис. 3.12, 3.13.

Лісівничо-таксаційна характеристика робінієвих деревостанів з тимчасових пробних площ наведена у табл. 3.8, детальні лісівничі й таксаційні показники робінієвих насаджень тимчасових пробних площ наведені у Додатку А.

Пошук раціонального методу підбору модельних дерев та їх граничної кількості, яка повинна забезпечити точність оцінювання компонентів фітомаси насаджень, на думку В. А. Усольцева (1997) повинен базуватися на визначених завданнях дослідження з урахуванням мінливості основних таксаційних показників (вік, клас бонітету, тип лісу) і затратних складових (час, кошти) на проведення польового етапу досліджень.

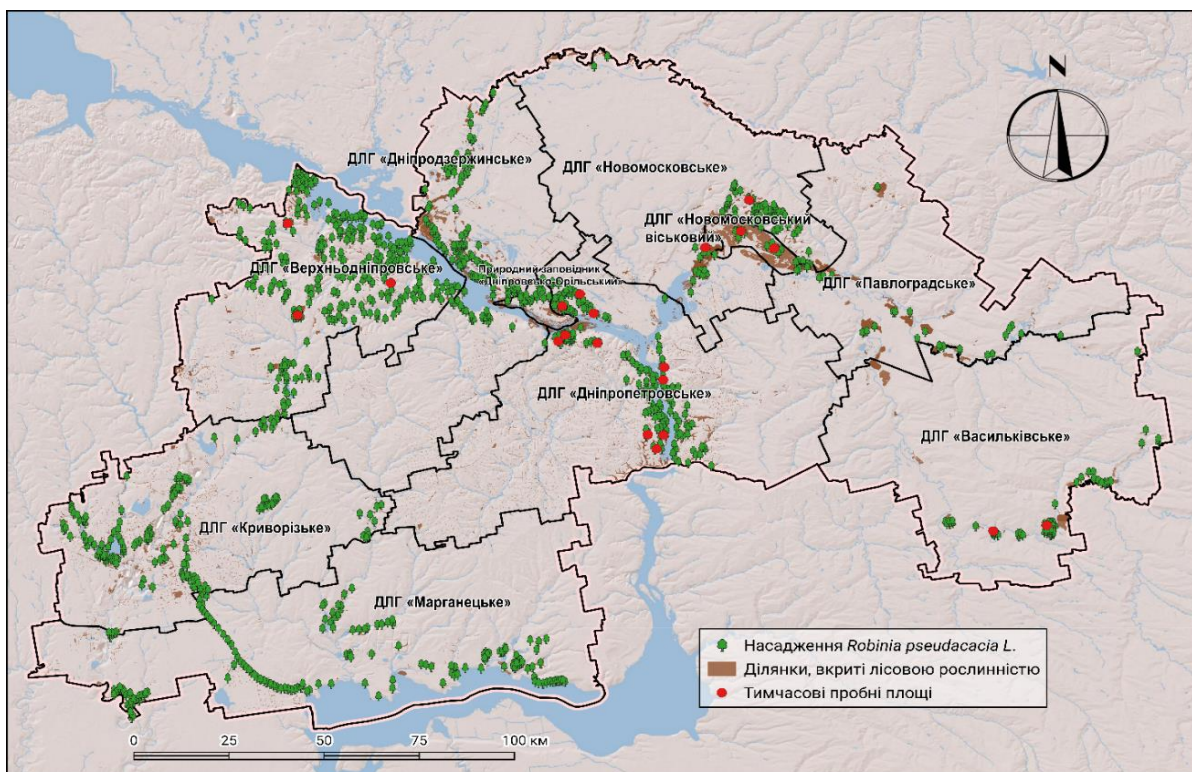


Рис. 3.11. Місця закладання тимчасових пробних площ у робінієвих насадженнях лісгосподарських підприємств

Дніпропетровського обласного управління лісового та
мисливського господарства



Рис. 3.12. Робінієві деревостани ТПП 04241506
(Дніпропетровська обл, ДП «Васильківське лісове господарство»,
Великомихайлівське лісництво)



3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Рис. 3.13. Модельне дерево робінії несправжньоакації (ТПП 04241501 (Дніпропетровська обл, ДП «Верхньодніпровське лісове господарство», Верхньодніпровське лісництво)

Для одержання точних результатів оцінювання компонентів фітомаси деревостанів рекомендують відбирати 3–5 модельних дерев. Дослідження В. А. Усольцева (1999) свідчать, що збільшення кількості середніх модельних дерев більше п'яти практично не впливає на точність експерименту. Головна причина систематичних помилок цього методу полягає у розбіжностях закономірностей будови насаджень за діаметром стовбурів, на чому базується теоретична основа методу середнього модельного дерева у лісовій таксації та параметрів фітомаси крон. Тобто, середні за діаметром модельні дерева не є середніми за основними компонентами фітомаси крон. Правильність цього положення доведена експериментальними роботами (В. Ф. Лебков, 1989; М. Г. Семечкина, 1984).

Згідно даних аналізу реляційної бази даних найпоширенішими типами лісорослинних умов у яких зростають робінієві деревостани є сугруди. За даними обліку лісового фонду сугруди займають половину площі (54,3 %) вкритих лісовою рослинністю ділянок, груди представлені на площі 6732,2 га (38,1 %). Незначна площа представлена борами – 139,8 га (0,9 %). Для забезпечення репрезентативності досліджень закладені ТПП відображали типологічну структуру досліджуваних деревостанів (табл. 3.9).

Таблиця 3.8

Лісівничо-таксаційна характеристика робінієвих насаджень на тимчасових пробних площах

Шифр пробної площі	Склад деревостану	Вік, років	Середні		Кількість дерев, шт. га ⁻¹	Абсолютна повнота, м ² ·га ⁻¹	Відносна повнота	Запас, м ³ ·га ⁻¹	ТЛУ	Клас бонітету
			діаметр, см	висота, м						
04241401	10Акб	32	12,2	12,5	1111	12,49	0,56	84	C ₀	І ^a
04241402	10Акб	63	16,4	15,3	1150	37,00	1,08	291	B ₂	І
04241403	7Акб3Сз	12	5,7	5,7	2095	4,27	0,30	12	A ₀	IV

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

04241404	10Акб	36	22,4	21,1	589	44,64	1,04	247	C ₂	I ^a
04241405	7Акб3Сз	3	3,9	5,2	1175	1,25	0,25	6	D ₁	III
04241501	10Акб	48	23,9	19,9	500	22,44	0,73	235	D ₁	I ^a
04241502	10Акб	58	26,0	20,0	473	25,16	0,80	237	D ₁	I
04241503	7Акб3Дз	82	24,4	21,5	520	25,04	0,81	247	C ₂	III
04241504	10Акб	77	24,8	16,1	396	19,17	0,71	154	C ₂	III
04241505	9Акб1Яз	56	16,2	17,0	1280	24,77	0,85	231	C ₁	II
04241506	10Акб	47	16,4	14,6	908	19,30	0,78	155	D ₁	II
04241507	10Акб	50	24,7	20,2	579	27,84	0,91	237	C ₀	I
04241601	10Акб	43	18,6	17,4	1106	30,18	1,07	269	D ₁	I
04241602	8Акб2Сз	34	15,8	16,2	1108	22,59	0,77	195	B ₂	III
04241603	9Акб1Сз	33	15,2	13,2	812	4,92	0,21	109	B ₂	III
04241604	10Акб	62	20,6	18,4	658	24,76	0,88	216	D ₁	III
04241605	10Акб	71	19,8	16,2	587	29,54	0,72	198	D ₁	III
04241606	10Акб	43	19,6	13,4	875	39,65	0,82	195	C ₀	I
04241607	10Акб	10	6,2	6,4	956	37,87	0,88	22	C ₀	I
04241608	10Акб	15	6,6	5,3	867	27,87	0,78	36	C ₁	I

Дослідний матеріал робінієвих деревостанів відібрано переважно у високобонітетних насадженнях, ТПП закладені у деревостанах, які зростають за I^a й I класами бонітету, що об'єктивно відображає структуру модальних деревостанів.

Таблиця 3.9

**Розподіл кількості ТПП за класами бонітету та панівними
типами лісорослинних умов**

Тип лісорослинних умов	Клас бонітету					Всього
	I ^a	I	II	III	IV	
A ₀	–	–	–	–	1	1
B ₂	–	1	–	2	–	3
C ₀	1	3	–	–	–	4
C ₁	–	1	1	–	–	2
C ₂	1	–	–	2	–	3
D ₁	1	2	1	3	–	7
Разом	3	7	2	7	1	20

Вікова структура деревостанів робінії несправжньоакації у Байрачному степу України характеризується значним переважанням перестиглих деревостанів. Максимальний вік насаджень за участю робінії несправжньоакації у регіоні дослідження сягає 104 років. Вік стиглості деревостанів для господарської секції «Акацієві» у степовій природній зоні України

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

у госпчастині з особливим режимом користування становить 31–35 років, з обмеженим режимом користування 26–30 років. Відповідно до вікової структури здійснено підбір та закладання ТПП (рис. 3.14, табл. 3.10).

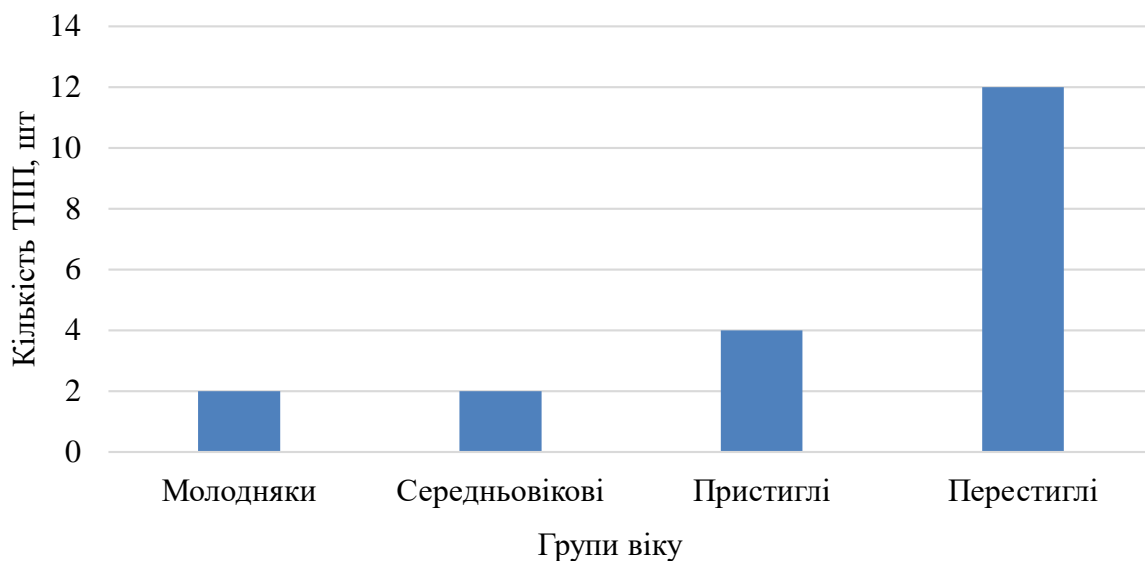


Рис. 3.14. Розподіл деревостанів на тимчасових пробних площах за групами віку робінії несправжньоакації

Таблиця 3.10

Розподіл кількості ТПП за класами віку та бонітету насаджень

Клас бонітету	Клас віку												Всього
	I	II	III	VII	VIII	IX	X	XII	XIII	XV	XVI	XVII	
I ^a	–	–	–	1	1	–	1	–	–	–	–	–	3
I	–	1	1	–	–	2	1	1	1	–	–	–	7
II	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	2
III	1	–	–	2	–	–	–	–	1	1	1	1	7
IV	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Разом	1	1	2	3	1	2	3	2	2	1	1	1	20

Аналіз даних, наведених у табл. 3.10, свідчить, що підібрані дослідні деревостани достатньо рівномірно розподілені за основними класами віку і відображають реальну вікову структуру, що у процесі математичного моделювання залежностей між основними таксаційними ознаками дерев і деревостанів та компонентами надземної фітомаси з використанням регресійного аналізу забезпечить їх об'єктивність і адекватність. Згідно з

розподілом закладених ТПП за групами віку, найбільшу кількість пробних площ закладено у перестиглих деревостанах, що відповідає фактичному розподілу модальних робінієвих деревостанів Байрачного степу України за віком.

Поряд з вищенаведеними характеристиками досліджуваних деревостанів, актуальним є оцінювання дослідних даних за відносною повнотою. Розподіл кількості ТПП за відносною повнотою деревостанів і групами віку наведено у табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Розподіл кількості ТПП за відносною повнотою і групами віку деревостанів робінії несправжньоакації

Група віку	Відносна повнота							Всього
	0,1	0,2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Молодняки	1	1	–	–	1	1	–	4
Пристиглі	–	–	1	–	–	–	1	2
Перестиглі	–	1	–	5	4	2	2	14
Разом	1	2	1	5	5	3	3	20

Тимчасові пробні площі були закладені з урахуванням діапазону цієї таксаційної ознаки, найбільш репрезентативними є відносні повноти 0,7–0,9. Аналіз даних реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів» свідчить, що відносна повнота робінієвих деревостанів Байрачного степу України характеризується широким діапазоном значень, від 0,3 до 1,08. При цьому наявна тенденція до збільшення відносної повноти деревостанів зі збільшенням середнього віку. Тому, закладання переважної кількості ТПП у перестиглих робінієвих деревостанах є доцільним.

У насадженнях на тимчасових пробних площах здійснювали суцільний перелік дерев із визначенням діаметра стовбура на висоті 1,3 м. Вибір модельних дерев (МД) робінії несправжньоакації здійснювався за принципом аналізування наявних класів товщини. На основі значень висот дерев, будувалася крива висот.

Кількісні й якісні параметри стовбурів і крон дерев робінії несправжньоакації досліджували за даними 60 модельних дерев. Заміри протяжності та діаметра проекції крони дерева на модельному дереві здійснювали у двох взаємо перпендикулярних

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

напрямок – Пн-Пд та Зх-Сх. На зрубаному МД відокремлювалися фракції надземної фітомаси – грубі гілки (гілки крони з діаметром пагону понад 1 см), деревна зелень (викриті листям дрібні пагони крони дерева, діаметр яких у місці зрізу не перевищує 1 см). Маса зазначених фракцій визначалася ваговим методом. Загалом зважено близько 249,4 кг деревної зелені та понад 492,4 кг гілок. Для дослідження якісних параметрів фотосинтезуючої фракції дерев робінії несправжньоакації було взято 810 проб компонентів крони, з яких для визначення частки листя у деревній зелені було відібрано 540 модельних гілок, для встановлення вмісту абсолютно сухої речовини у листі було використано 270 наважок свіжого листя.

Формування крон дерев забезпечується регуляторними ендогенними фізіолого-біохімічними процесами та дією факторів навколишнього середовища, що й зумовлює високу дисперсію показників структурних компонентів фітомаси крони (В. А. Усольцев & З. Я. Нагимов, 1988). Маса деревної зелені та листя поточного року на дереві залежить від дії багатьох чинників: кількості вегетативних бруньок, які були закладені у минулому році, дії абіотичних факторів у період зимового спокою; світлового, температурного та водного режимів на початку й протягом вегетаційного періоду, просторового положення дерева у наметі деревостану. Тому, збираючи дослідний матеріал, особлива увага приділялася забезпеченню значного діапазону фактичних значень маси деревної зелені та гілок для виявлення у віковій структурі дерев параметрів, з якими найтісніше вони пов'язані і через які проявляється функціональний зв'язок.

З метою визначення щільності деревини та кори стовбурів на МД робінії несправжньоакації різних ступенів товщини випилювалися дослідні зрізи деревини у корі товщиною 3–5 см – на пні, на висоті 1,3 м та на відносних висотах стовбура – $0,1h$, $0,25h$, $0,5h$ і $0,75h$ (рис. 3.15). Для визначення показників щільності деревини та кори гілок були випиляні дослідні зрізи з живих гілок різної довжини, відібраних з нижньої, середньої та верхньої частини крони дерева. Загалом для дослідження показників щільності деревини та кори стовбурів і гілок було відібрано 300 дослідних зрізів, з яких 120 зрізів отримані на пні, висоті 1,3 м

та на відносних висотах стовбура – $0,1h$, $0,25h$, $0,5h$ і $0,75h$ та 180 зрізів живих гілок.



Рис. 3.15. Дослідні зрізи деревини у корі стовбура робінії несправжньоакації

Заключний етап польових робіт на тимчасовій пробній площі полягав у маркуванні та консервації дослідних зразків фітомаси дерев, відібраних для лабораторних досліджень.

Лабораторне оброблення зрізів стовбура та гілок крони виконувалася з метою визначення показників природної та базисної щільності відповідних фракцій фітомаси. На першому етапі були визначені вага дослідних зрізів у свіжозрубаному стані та їх об'єм. Сушінням зрізів при температурі $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ було досягнуто абсолютно сухий стан, у якому здійснено повторне зважування.

Для встановлення частки листя у фракції деревної зелені, модельні гілки зважували у свіжозрубаному стані, потім відокремлювали листя та повторно зважували пагони без листя. Для визначення частки абсолютно сухої речовини у листі, з відокремленого листя відбирали 3–5 наважок масою 10 г кожна. Зразки листя висушували за температури $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до досягнення постійної ваги, що свідчило про абсолютно сухий стан листя.

Комплексний підхід проведення наукових таксаційних досліджень дозволив отримати блок даних, які характеризують

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

об'єкт дослідження – процес накопичення надземної фітомаси робінієвих деревостанів у Байрачному степу України.

Головною вимогою при реалізації наукових досліджень є статистична достовірність вихідних даних та результатів їх інтерпретації. Недостовірні вихідні дані можуть призводити до необґрунтованих теоретичних узагальнень та висновків, і як наслідок – неможливість імплементації отриманого наукового продукту у прикладну площину.

Результати польових та лабораторних досліджень обробляли з використанням табличного процесора Excel, статистичної програми IBM SPSS Statistics 23, спеціалізованих таксаційних і біометричних програм. Проведені статистичне оброблення дослідного матеріалу та розроблення регресійних рівнянь.

Таксаційна характеристика досліджуваних робінієвих насаджень одержана за допомогою спеціальної програми ПЕРТА, розробленої співробітниками кафедри лісової таксації Української сільськогосподарської академії у 1984 р. (нині НУБіП України) А. З. Швиденком і Я. А. Юдицьким. Вихідними даними для роботи цієї програми слугували результати переліку дерев на ТПП та результати обміру модельних дерев – діаметр стовбура у корі, товщина кори та приріст діаметра за останні 5 років на рівні пня, на висоті 1,3 м та серединах секцій. Об'єм стовбура у корі та без кори, як сума об'ємів секцій, обчислено за алгоритмом програми ПЕРТА, об'єми секцій розраховувалися за формулою Симпсона (П. І. Лакида, 2002).

З метою отримання кількісних та якісних характеристик фітомаси дерев робінії несправжньоакації проводилася біометричне оброблення дослідних даних з використанням спеціальних прикладних програм ZRIZ (визначення параметрів дослідних зрізів стовбурів і гілок крони дерева), PLOT (розрахунок середньої природної та базисної щільності деревини і кори деревного стовбура на основі локальних даних).

Об'єктивне оцінювання масиву вихідних даних, отриманих у польових, лабораторних та камеральних дослідженнях, здійснювалося за допомогою інструменту описової статистики. Вихідними даними слугували абсолютні значення таксаційних

параметрів та їхні логарифми, які у літературі пропонують використовувати для зменшення загальної дисперсії вихідних даних (П. І. Лакида, 2002; Р. Д. Васишин, 2016; Т. Verwijst, 1991; D. G. Sprugel, 1983).

Для проведення статистичного аналізу, встановлення закономірностей розподілу досліджуваних показників і виявлення однорідності дослідного матеріалу, одержаного у результаті опрацювання вихідної дослідної інформації, було підготовлено робочий масив даних, який генерував наступну інформацію:

– для деревостану: A – середній вік деревостану, роки; D – середній діаметр деревостану у корі на висоті 1,3 м, см; H – середня висота деревостану, м; G – абсолютна повнота, $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$; P – відносна повнота деревостану; M_d^{cm} – запас стовбурової деревини у корі, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; клас бонітету; ТЛУ – тип лісорослинних умов;

– для модельного дерева: a – вік, роки; d – діаметр стовбура дерева на висоті 1,3 м, см; h – висота, м; $d_{кр}$ – діаметр проекції крони, м; $l_{кр}$ – протяжність крони, м; $q_{дз}$ – маса деревної зелені у свіжозрубаному стані, кг; $q_{гил}$ – фітомаса гілок крони у корі, кг.

У табл. 3.12 наведено біометричні параметри розподілу абсолютних значень та логарифмів натуральних величин основних таксаційних показників робінієвих деревостанів тимчасових пробних площ, закладених у Байрачному степу України.

Таблиця 3.12

Біометричні параметри розподілу значень таксаційних показників робінієвих деревостанах на тимчасових пробних площах

Біометричний параметр описової статистики	Таксаційний показник						
	вік, роки	середній діаметр, см	середня висота, м	кількість дерев, шт·га ⁻¹	сума площ поперечних перерізів, м ² ·га ⁻¹	відносна повнота	запас, м ³ ·га ⁻¹
Абсолютні величини							
Мінімальне значення	3,0	3,9	5,2	396	1,25	0,21	6
Максимальне значення	82,0	26,0	21,5	2095	44,64	1,08	291
Середнє значення	43,0	16,9	14,8	887	24,04	0,75	168
Стандартна помилка	4,9	1,5	1,2	88,1	2,6	0,1	20,6

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Стандартне відхилення	22,3	6,9	5,3	393,8	11,7	0,2	91,9
Медіана	45,0	17,5	16,2	871,0	24,9	0,8	168,0
Асиметрія	-0,183	-0,606	-0,769	1,440	-0,039	-1,039	-0,706
Ексцес	-0,629	-0,699	-0,490	3,446	-0,104	0,676	-0,883
Логарифми натуральних величин							
Мінімальне значення	1,1	1,4	1,6	6,0	0,2	-1,6	1,8
Максимальне значення	4,4	3,3	3,1	7,6	3,8	0,1	5,7
Середнє значення	5,6	2,7	2,6	6,7	2,9	-0,4	4,8
Стандартна помилка	0,18	0,13	0,11	0,09	0,20	0,10	0,25
Стандартне відхилення	0,82	0,56	0,48	0,42	0,88	0,47	1,13
Медіана	3,8	2,9	2,8	6,8	3,2	-0,2	5,3
Асиметрія	-1,739	-1,286	-1,251	0,198	-2,039	-1,737	-1,667
Ексцес	3,152	0,582	0,183	-0,231	4,110	2,119	1,778

Аналізуючи результати модуля описової статистики можна констатувати мінливість біометричних показників за якими здійснено аналіз масиву вихідних дослідних даних. Значення біометричних показників розподілу основних таксаційних ознак деревостанів робінії несправжньоакації тимчасових пробних площ Байрачного степу України свідчить про варіабельність дослідних даних для усіх досліджуваних параметрів. Мінімальне й максимальне значення показника дозволяють оцінити граничні значення вибірки із генеральної сукупності даних. Середнє арифметичне вказує на середнє значення показника вибірки, цей показник широко використовується для характеристики таксаційних показників та їх порівняння (П. І. Лакида, А. Є. Шамрай, О. В. Морозюк, & І. П. Лакида, 2015).

Робінієві деревостани у Байрачному степу України мають наступні середні значення таксаційних показників: вік – 43 роки; діаметр стовбура на висоті 1,3 м – 16,9 см; висота – 14,8 м; абсолютна повнота – $23,7 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$; відносна повнота – 0,74; запас деревостану у корі – $165,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Фактичні значення біометричного показника медіани, які поділяють вибірку на дві однакові частини, незначно, проте відрізняються від середніх арифметичних показників таксаційних ознак деревостану.

Одним з найбільш розповсюджених способів описання характеру мінливості є застосування закону розподілу, який визначає ймовірність того, що результат вимірювання параметру

знаходиться у певному інтервалі значень (П. І. Лакида, Р. Д. Васишин, & О. М. Васишин, 2010). Відповідність умовам нормального розподілу значень показника, який характеризує біологічні об'єкти є явищем рідкісним. Для кривих розподілів наявні певна асиметрія й ексцес (К. Е. Никитин & А. З. Швиденко, 1978; М. П. Горошко, С. І. Миклуш, & П. Г. Хомюк, 2004). М. І. Калинин (1978) зазначав незначний зв'язок між асиметрією, ексцесом та іншими біометричними показниками.

Статистична вибірка дослідних даних зі ступенем свободи у 20 одиниць, яка мала місце у дослідженні робінієвих деревостанів, має критичне значення показника асиметрії 0,711 ($p \leq 0,01$), ексцесу – 0,877 ($p \leq 0,01$). Коефіцієнт асиметрії описує міру несиметричності розподілу, від'ємне значення свідчить про правосторонню симетрію, додатне – лівосторонню. Значення асиметрії для переважної більшості досліджуваних таксаційних параметрів деревостанів, окрім кількості дерев на 1 га, не перевищують критичних значень. Фактичні розрахункові значення асиметрії таксаційних ознак робінієвих деревостанів є від'ємними, тобто наявна правостороння асиметрія, що свідчить про переважання фактичних значень, які є більшими за середньоарифметичне значення. Коефіцієнт ексцесу вимірює пікоподібність розподілу значень досліджуваних характеристик. Перевищення критичного значення для розрахункових фактичних даних фіксується для показників відносної повноти насаджень й кількості дерев головної породи на 1 га. Наявне переважання від'ємного ексцесу вказує на плосковершинність піку розподілу значень більшості таксаційних ознак робінієвих деревостанів – середніх для віку, діаметра стовбура та висоти, суми площ поперечних перерізів та запасу стовбурової деревини.

Вибірка модельних дерев робінії несправжньоакації із генеральної сукупності становила 60 одиниць. Для вихідних дослідних даних таксаційних показників модельних дерев здійснено логарифмування та розраховано значення описових статистик у абсолютних числах та логарифмах натуральних величин (табл. 3.13).

Аналіз наведених даних дозволяє констатувати, що розподіл абсолютних значень таксаційних параметрів модельних дерев

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

робінії несправжньоакації, переважно є наближеним до нормального розподілу з огляду на фактичні значення асиметрії та ексцесу, які не перевищували відповідні критичні (К. Е. Никитин & А. З. Швиденко, 1978; А. В. Янцев, 2012).

Перевищення критичних значень асиметрії й ексцесу ($A = 0,723$, $p \leq 0,01$; $E = 0,843$, $p \leq 0,01$) зафіксовано лише для таких таксаційних ознак модельних дерев, як маса деревної зелені та маса живих грубих гілок дерев. Від'ємне значення асиметрії має одна таксаційна ознака – висота дерева, тобто фактичні значення усіх інших досліджуваних параметрів модельних дерев досліджуваного виду є меншими за середньоарифметичне.

Трансформація абсолютних значень вихідних таксаційних ознак дерев робінії несправжньоакації у натуральні логарифми спричинили збільшення значень асиметрії та ексцесу для віку, висоти та діаметра стовбура дерев, тобто зменшення мінливості абсолютних величин не відбувалося.

Одержані результати блоку даних описової статистики вихідних дослідних даних та розподіл таксаційних ознак дерев та деревостанів робінії несправжньоакації свідчить про можливість розроблення на їх основі математичних моделей оцінювання фітомаси структурних компонентів за ймовірності 0,95 %.

Таблиця 3.13

Біометричні параметри розподілу таксаційних показників модельних дерев робінії несправжньоакації у Байрачному степу України

Біометричний параметр описової статистики	Таксаційні показники дерев						
	вік, роки	діаметр, см	висота, м	протяжність крони, м	діаметр проекції крони, м	маса деревної зелені, кг	маса живих гілок, кг
Абсолютні величини							
Мінімальне значення	3,0	2,7	3,7	2,7	0,8	1,8	0,6

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Максимальне значення	89,0	40,0	25,8	16,6	8,4	108,0	48,1
Середнє значення	38,4	16,5	14,2	8,9	3,4	29,4	13,6
Стандартна помилка	2,76	1,34	1,11	0,74	0,67	2,54	1,27
Стандартне відхилення	22,1	8,5	5,8	15,8	1,9	28,6	10,6
Медіана	39,2	17,0	14,8	9,0	3,8	30	14,2
Асиметрія	0,238	0,341	-0,149	0,973	0,684	1,693	1,420
Ексцес	-0,792	-0,323	-0,822	0,099	-0,556	2,753	1,873
Логарифми абсолютних величин							
Мінімальне значення	1,09	0,99	1,31	0,59	-0,51	-0,22	0,99
Максимальне значення	4,49	3,68	3,25	5,94	4,33	2,13	2,81
Середнє значення	3,41	2,64	2,53	2,90	2,32	1,06	2,08
Стандартна помилка	0,11	0,09	0,13	0,13	0,08	0,10	0,18
Стандартне відхилення	0,81	0,62	0,51	1,21	0,88	0,61	0,51
Медіана	3,2	2,8	2,6	3,1	2,3	1,2	2,2
Асиметрія	-1,243	-0,690	-0,843	-0,088	-0,386	-0,171	-0,525
Ексцес	1,321	-0,359	-0,402	-0,062	0,832	-0,910	-0,949

За наведеними результатами лісівничо-таксаційного й статистичного аналізів можна стверджувати, що експериментальний дослідний матеріал представлений репрезентативно і відображає сучасний стан модальних деревостанів робінії несправжньоакації штучного походження, які зростають у лісогосподарській області Байрачного степу України.

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

Дослідження біотичної продуктивності та екологічного потенціалу робінієвих деревостанів Байрачного степу України передбачало оцінювання якісних показників надземної фітомаси дерев. У науковій літературі наявна значна кількість праць провідних вчених, присвячених дослідженню якісних показників структурних компонентів надземної фітомаси лісотвірних видів – П. І. Лакида (1993, 2002), П. І. Лакида & Я. А. Юдицький (1993), П. І. Лакида & І. М. Матейко (2016), Р. Д. Василюшин (2016), І. В. Блищик (2007а, 2007b), А. М. Білоус (2009), Т. Kubota & Т. Hase (1966). E. Magel, J. Allemand & C. H. Ziegler (1994), E. Magel, C. Jay-Allemand, & H. Ziegler (1994), E. Nogueira, Ph. Fearnside, & B. Nelson (2008), M. Larjavaara & H. Muller-Landau (2010), A. Fajardo (2016), J. Camarero & J. Gutiérrez (2017).

Дослідження компонентів надземної фітомаси дерев і деревостанів робінії несправжньоакації включало встановлення кількісних значень якісних характеристик фітомаси дерев:

- локальну природну щільність деревини стовбурів;
- локальну базисну щільність деревини стовбурів;
- локальну природну щільність кори стовбурів;
- локальну базисну щільність кори стовбурів;
- локальну природну щільність деревини стовбурів у корі;
- локальну базисну щільність деревини стовбурів у корі;
- середню природну щільність деревини гілок;
- середню базисну щільність деревини гілок;
- середню природну щільність кори гілок;
- середню базисну щільність кори гілок;
- середню природну щільність гілок у корі;
- середню базисну щільність гілок у корі;
- середню природну щільність деревини стовбурів;
- середню базисну щільність деревини стовбурів;
- середню природну щільність кори стовбурів;
- середню базисну щільність кори стовбурів;
- середню природну щільність деревини стовбурів у корі;

- середню базисну щільність деревини стовбурів у корі;
- частку листя у фракції деревної зелені;
- вміст абсолютно сухої речовини у листі.

4.1. Локальна щільність структурних компонентів фітомаси стовбурів дерев

Дослідження варіабельності щільності деревини вздовж стовбура дозволяють зрозуміти процес її формування на різних етапах онтогенезу дерева. Діапазон коливань значень щільності всередині стовбура характеризує ступінь однорідності його будови, відповідно, значні коливання щільності у поздовжньому напрямку є небажаними, і навпаки, рівномірність щільності деревини стовбура характеризує його високу господарчу цінність, тому локальну щільність деревини розглядають як фактор якості сортиментів (О. И. Полубояринов, 1976).

Варіації локальної щільності деревини у корі стовбура дозволяють отримати попередні відомості про механічні властивості деревини в окремих частинах стовбура. У поєднанні з показниками продукції деревини, щільність можна розглядати як інформативний показник інтенсивності діяльності меристематичної тканини – камбію, у різних зонах стовбурів (М. М. Мусієнко, 2005; P. Wareing & D. Roberts, 1956).

Вищенаведене становить значний теоретичний і прикладний інтерес у практиці ведення лісогосподарської діяльності. Розподіл щільності деревини вздовж стовбура необхідно враховувати при здійсненні рубок, лісозаготівлі та транспортуванні лісових матеріалів (Г. Сафонов & А. Флаксерман, 1931; Р. А. Бунь, М. І. Густі, & В. С. Дачук, 2004). Здійснення лісогосподарських заходів, спрямованих на отримання якісної деревини, раціональна переробка деревної сировини мають базуватися на розумінні закономірностей розподілу щільності деревини вздовж стовбура дерев лісотвірних видів.

Виділяють чинники елементів анатомічної будови деревини, які істотно впливають на інтегральний показник її якісної характеристики – щільність. Це лінійні розміри анатомічних елементів; кількісні співвідношення тканин; варіабельність

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

щільності надмембранних структур клітин, хімічний склад клітинних стінок (І. М. Сопушинський, Х. Мілітц, Р. Т. Максимчук, & В. Біцікс, 2018; J. Szaban, W. Kowalkowski, Z. Karaszewski, & M. Jakubowski, 2014).

Серед значного різноманіття факторів, які впливають на процеси формування деревини в онтогенезі дерева В. А. Полубояринов (1976) виділяє наступні: анатомічна будова річного шару деревини (відсоток пізньої деревини, ширина річних шарів); вік, у якому формується деревина; процес утворення ядра. Вміст пізньої деревини розглядають як найважливіший фактор, який впливає на формування щільності деревини. Щільність пізньої деревини в абсолютно сухому стані перевищує щільність ранньої деревини в 2–3 рази (Н. А. Дружинин, Ф. Н. Дружинин, & С. Е. Грибов, 2016). Зважаючи на це, збільшення відсотка пізньої деревини неминуче призводить до збільшення загальної щільності. У ряді робіт показано, що різниця між значеннями щільності ранньої та пізньої деревини більш виражена у деревних видів, для яких характерним є чіткий розподіл між цими двома зонами (Д. А. Данилов & В. Б. Скупченко, 2014; С. Pritzkow, I. Heinrich, N. Grudd, & G. Helle, 2014).

У деревині розрізняють вікові зміни обумовлені зменшенням активності камбію, яка є наслідком або фізіологічного старіння деревини, або результатом впливу процесів утворення ядра, які пов'язані з подальшою деструкцією деревини (P. Wareing & D. Roberts, 1956).

Стовбури старих дерев можуть містити до трьох типів деревини, кожен з яких відповідає окремим стадіям онтогенезу дерева (О. И. Полубояринов, 1976): 1) центральна навколосерцевинна деревина, яка утворилася на початкових стадіях росту; 2) зріла деревина, яка сформувалася після того, як камбій розпочав продукувати клітини максимальних розмірів; 3) перестиглий тип деревини, характерний для старих дерев.

Навколосерцевинна деревина, займає від 5 до 25 річних кілець і простягається від окоренка до верхівки дерева. Навколосерцевинну деревину визначають як деревину, яка сформувалася в оточенні крони. Камбій у цій зоні є локацією найбільшої концентрації фітогормонів – активаторів росту

(М. М. Мусієнко, 2005). Внутрішньокроновий камбій знаходиться у мікросередовищі, яке характеризується більш високою температурою, ніж камбій, який функціонує нижче крони, що може істотно впливати на інтенсивність його діяльності.

Два параметра крони дерев – протяжність й асиміляційна потужність, які детерміновані кількістю та фізіологічним станом фракції листя є найважливішими чинниками, які впливають на щільність деревини. У верхівковій частині стовбура зосереджений значний обсяг навколосерцевинної деревини.

Для кожного виду існує індивідуальна вікова межа, після якої спостерігається поступове зниження щільності. Чим інтенсивніше відбувається збільшення щільності з віком, тим раніше певний деревний вид досягає межі, за якою починається поступове її зниження (О. И. Полубояринов, 1976; В. А. Усольцев, 1999).

У деревині стовбура зміни зі збільшенням віку знаходять своє найбільше вираження у ядроутворенні та пов'язаних з ним процесах виникнення ядерної гнилі (П. В. Билей & И. С. Винтонив, 1983). Метаболіти, які синтезуються у процесі утворення ядра, можуть відкладатися у порожнинах клітинах і депонуватися в їх клітинних стінках. Це призводить до певного збільшення щільності деревини. Ядро і заболонь відрізняються за своєю щільністю, і тим сильніше, чим більше ядерна і заболонна деревина відрізняються за хімічним складом.

Коливання щільності деревини у поздовжньому напрямку стовбура обумовлені його довжиною. Найбільші за абсолютним значення коливання спостерігаються у довгих стовбурах, проте короткі стовбури виявляють найбільш різкі (в розрахунку на одиницю довжини) коливання значень щільності. Ця закономірність була встановлена для деревних видів у різних географічних зонах (M. Larjavaara & H. C. Muller-Landau, 2010; G. Giroud, J. Begin, M. Defo, & C. Ung, 2017).

Актуальним питанням є дослідження локального розподілу щільності структурних компонентів стовбура лісотвірних деревних видів-інтродуцентів, для яких відсутні дані, які характеризують процеси функціонування у нових кліматичних і

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

едафічних умовах, які іноді дуже істотно відрізняються від умов природного ареалу.

Локальна щільність структурних компонентів стовбурів модельних дерев досліджуваного виду демонструє особливості формування деревини та кори у різних його частинах (табл. 4.1, рис. 4.1–4.6).

Таблиця 4.1

Середні показники локальної природної та базисної щільності структурних компонентів стовбура дерев робінії несправжньоакації на відносних висотах стовбура, кг·(м³)⁻¹

Структурний компонент фітомаси стовбура	Відносна висота стовбура				
	0h	0,1h	0,25h	0,5h	0,75h
Природна щільність					
Деревина стовбура	832 ± 11,7	794 ± 8,7	773 ± 11,3	795 ± 13,6	764 ± 9,4
Кора стовбура	387 ± 9,9	467 ± 7,4	523 ± 8,2	574 ± 9,4	515 ± 12,4
Деревина стовбура у корі	766 ± 10,4	788 ± 9,4	762 ± 12,8	775 ± 11,2	736 ± 9,9
Базисна щільність					
Деревина стовбура	528 ± 9,4	554 ± 9,8	572 ± 10,9	592 ± 9,2	537 ± 9,0
Кора стовбура	265 ± 7,4	374 ± 7,2	417 ± 9,4	429 ± 8,8	361 ± 8,2
Деревина стовбура у корі	476 ± 8,8	529 ± 9,8	540 ± 11,5	547 ± 10,3	494 ± 9,1

Зміну усередненої локальної природної та базисної щільності деревини стовбурів робінії несправжньоакації відображають криві чотирьох груп віку (рис. 4.1, 4.2).

За даними графічного зображення усередненої природної локальної щільності деревини стовбура дерев робінії несправжньоакації можна спостерігати різноспрямовані тенденції змінювання цієї якісної характеристики деревини. Природна локальна щільність деревини стовбурів у молодих та середньовікових дерев збільшується від окоренка до середини стовбура, і надалі зменшується. Найбільша за абсолютним значенням пошукова характеристика зафіксована у дерев віком 41–60 років на відносній висоті стовбура 0,5h. У перестиглих дерев віком 40–60 років наявний низхідний тип: від окоренкової частини до верхівки дерева природна локальна щільність зменшується.

Базисна локальна щільність деревини робінії має значне варіювання на відносних висотах дерев. У дерев середньовікової (21–40 років) та перестиглої груп віку (41–60 і 61–80 років)

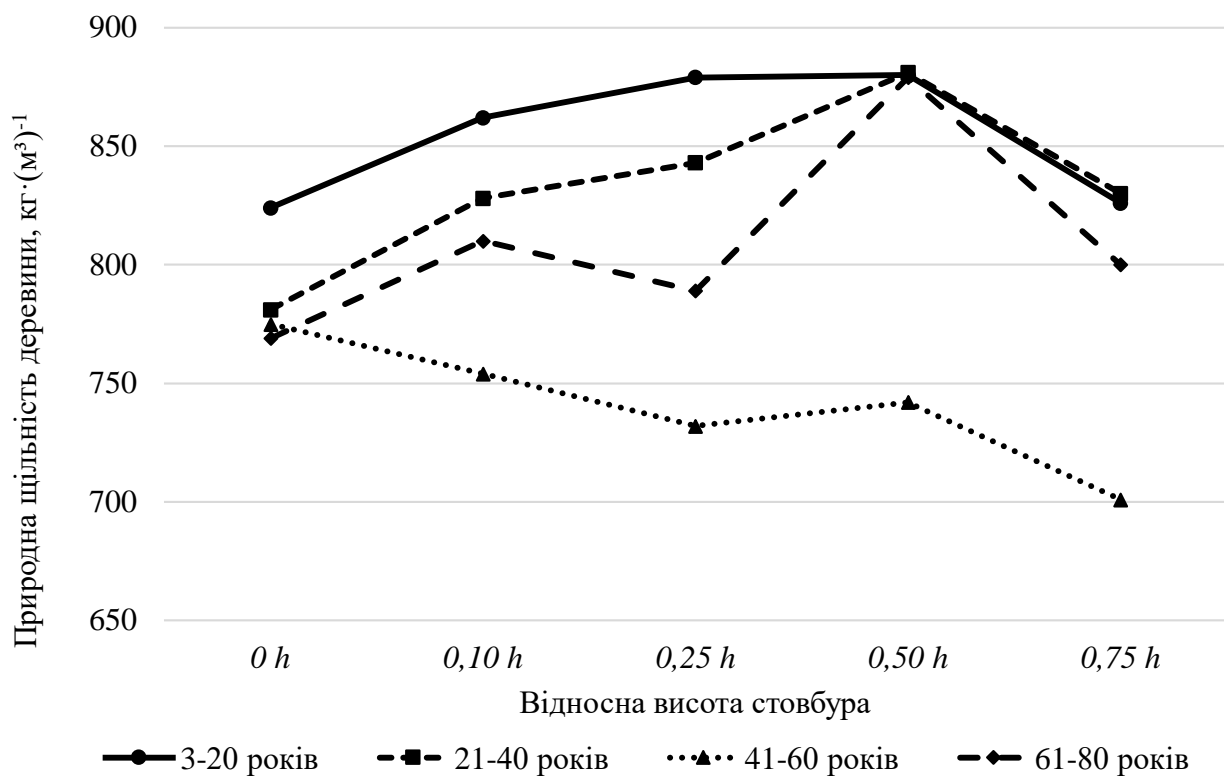


Рис. 4.1. Зміна природної щільності деревини стовбурів робінії несправжньоакації з відносною висотою та віком дерев

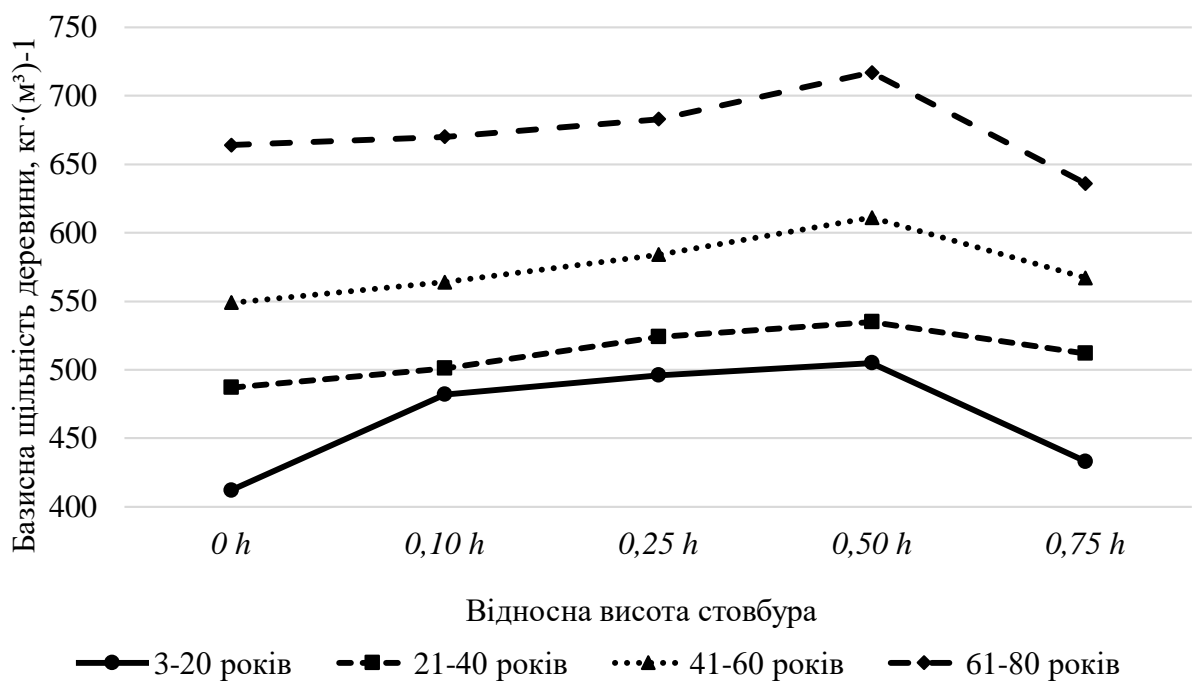


Рис. 4.2. Зміна базисної щільності деревини стовбурів робінії несправжньоакації з відносною висотою та віком дерев

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

спостерігається тенденція збільшення показників базисної щільності від окоренка до відносної висоти стовбура $0,5h$, де вона досягає максимальних значень, із подальшим їх зменшенням до верхівки дерева.

Тренд базисної локальної щільності деревини стовбура для стиглої та перестиглої груп віку є тотожним, проте абсолютні значення пошукової характеристики вищі у найстарших дерев, віком 61–80 років – $717 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. У дерев робінії віком 21–40 років, тобто тих, які досягли віку стиглості у деревостанах Байрачного степу України, базисна локальна щільність деревини є більш вирівняною за усією довжиною стовбура, але тенденція ущільнення деревини до середини стовбура ($0,5h$) із наступним зниженням її абсолютних значень до висоти $0,75h$ зберігається.

Більші абсолютні значення локальної базисної щільності деревини у стиглих і перестиглих дерев робінії може бути пояснена потовщенням клітинних стінок за рахунок відкладання вторинних метаболітів та зменшенням вмісту паренхімної тканини (О. П. Полубояринов, 1976).

Локальна базисна щільність деревини молодих дерев (3–20 років) має стрімке зростання від окоренкової частини до відносної висоти $0,1h$ з подальшими змінами, характерними для дерев інших груп віку.

За даними літератури відомо, що у кільцесудинних деревних видів, до яких належить робінія несправжньоакація, зі збільшенням ширини річних шарів значення щільності деревини збільшуються, а з віком знижуються (Г. Сафонов & А. Флаксерман, 1931; О. И. Полубояринов, 1976; J. Szaban, W. Kowalkowski, Z. Karaszewski, & M. Jakubowski, 2014). Така закономірність може бути пояснена особливостями формування річних кілець у швидкорослих дерев, яким є досліджуваний вид (P. Wareing & D. Roberts, 1956). Завдяки швидкорослості робінії несправжньоакації, одночасно зі збільшенням приросту у висоту, збільшується і приріст за діаметром, що може сприяти стабілізації базисної щільності на відносній висоті $0,5h$.

Кора дерев робінії несправжньоакації, які формують лісостани у Байрачному степу України, складає значну частку в

об'ємі стовбура – до 25,8 %, у порівнянні з іншими лісотвірними видами: ясен звичайний – 13–28 % (П. І. Лакида & І. М. Матейко, 2016) осика – 12,6 % (А. М. Білоус, 2009). Динаміку середніх значень локальної природної та базисної щільності кори стовбурів робінії можна оцінити за даними рис. 4.3, 4.4.

Порівняно з щільністю деревини, щільності кори на відносних висотах стовбура за діапазонами віку дерев робінії притаманна більш значна мінливість. Варіювання значень середньої локальної базисної щільності кори є меншим, ніж у природної, як за віком, так і за відносними висотами стовбура.

Характер зміни локальної природної щільності кори робінії є неоднотипним для дерев різного віку. Для дерев віком 61–80 років на стовбурі від окоренка до відносної висоти 0,1h спостерігається дуже різке збільшення щільності кори, від 0,1h до 0,25h залишається майже незмінною, надалі до відносної висоти 0,5h вона нестрімко збільшується, і до верхівки поступово зменшується.

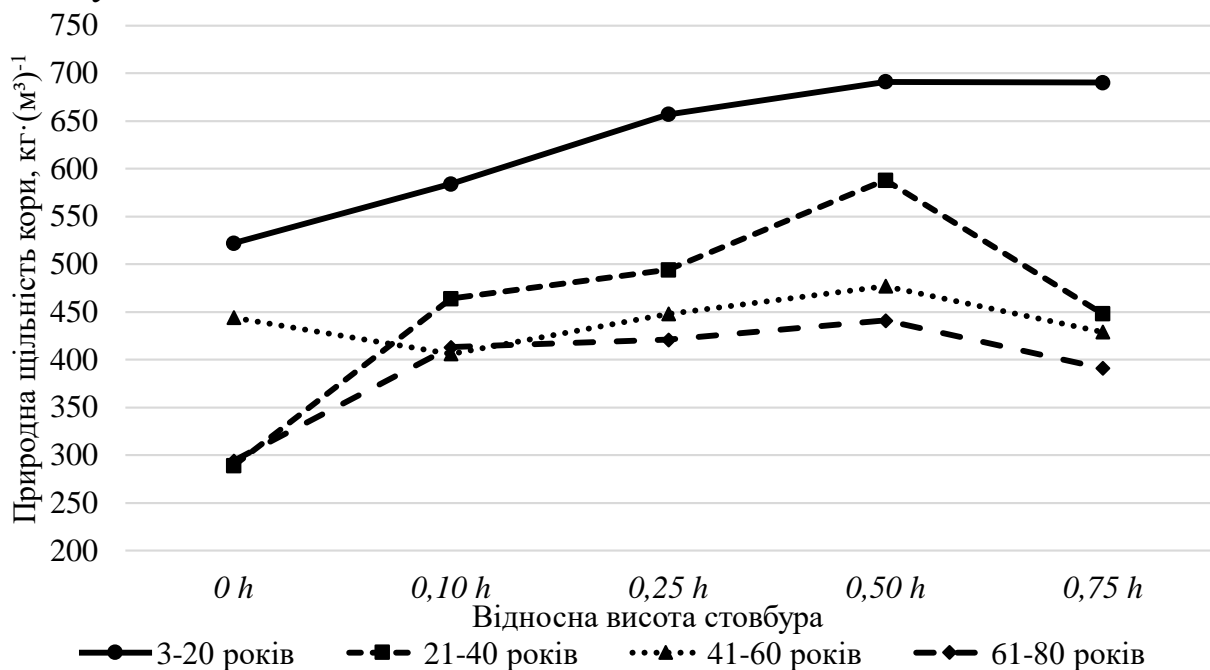


Рис. 4.3. Зміна локальної природної щільності кори стовбурів робінії несправжньоакації з відотною висотою та віком дерев

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

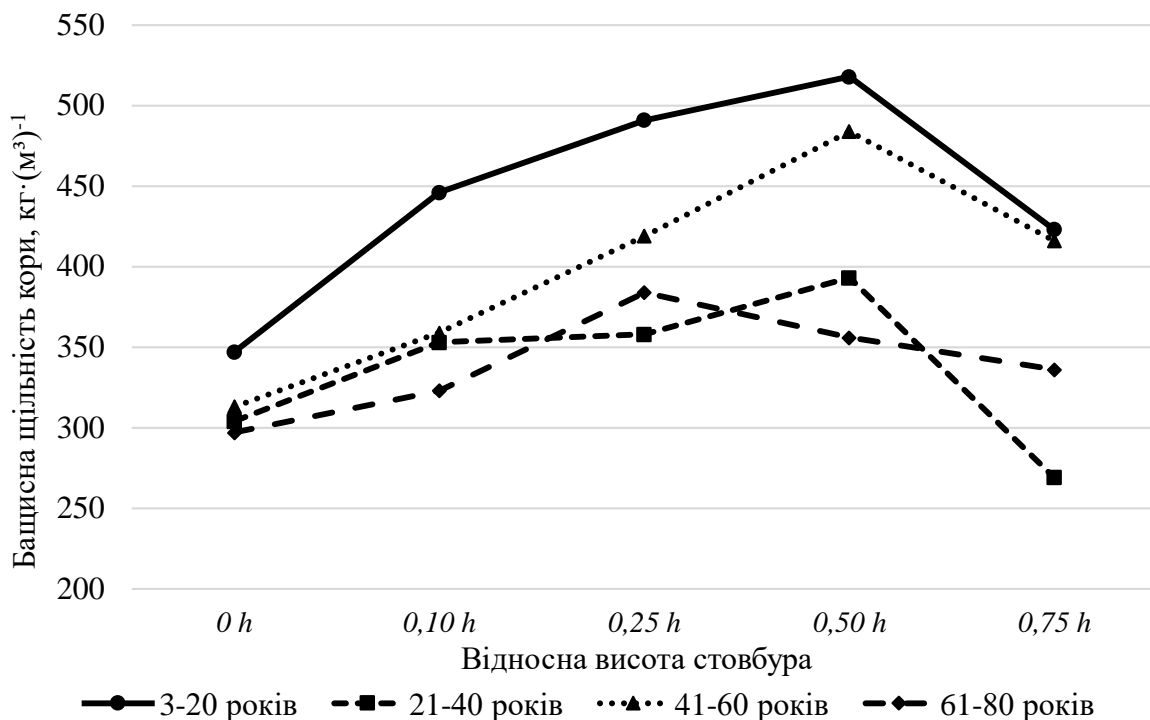


Рис. 4.4. Зміна локальної базисної щільності кори стовбурів робінії несправжньоакації з відносною висотою та віком дерев.

Змінювання природної локальної щільності кори для молодих та середньовікових дерев є практично однаковим – збільшення від окоренкової частини до відносної висоти $0,5h$ з подальшим поступовим і рівномірним зменшенням до верхівки дерева.

За умови збереження загального тренду, для дерев різного віку зміна значень базисної локальної щільності кори стовбура є неоднаковою. Найбільші абсолютні значення базисної локальної щільності кори ($518 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$) характерні для наймолодших дерев на відносній висоті $0,5h$. Для перестиглих дерев зазначена тенденція зберігається, проте абсолютні значення щільності кори є значно меншими. Для дерев віком понад 60 років загалом характерним є висхідний тип зміни базисної локальної щільності кори з незначним зменшенням на половині висоти стовбура, проте на відміну від дерев інших груп віку, зниження значень пошукової якісної характеристики починається з відносної висоти $0,25h$.

Загальною закономірністю зміни природної та базисної локальної щільності кори для всіх груп віку дерев робінії є

збільшення їхніх значень від окоренкової частини до середини стовбура (відносна висота $0,5h$) з різним ступенем рівномірності: до середини стовбура характеризується висхідним типом, а на верхній половині стовбура – низхідним.

Локальна щільність деревини у корі є важливою характеристикою при здійсненні лісгосподарської діяльності, особливо при заготівлі сортиментів дерев. Динаміку показників локальної природної та базисної щільності деревини у корі стовбурів робінії різних груп віку на відносних висотах можливо спостерігати за даними, які наведені на рис. 4.5, 4.6.

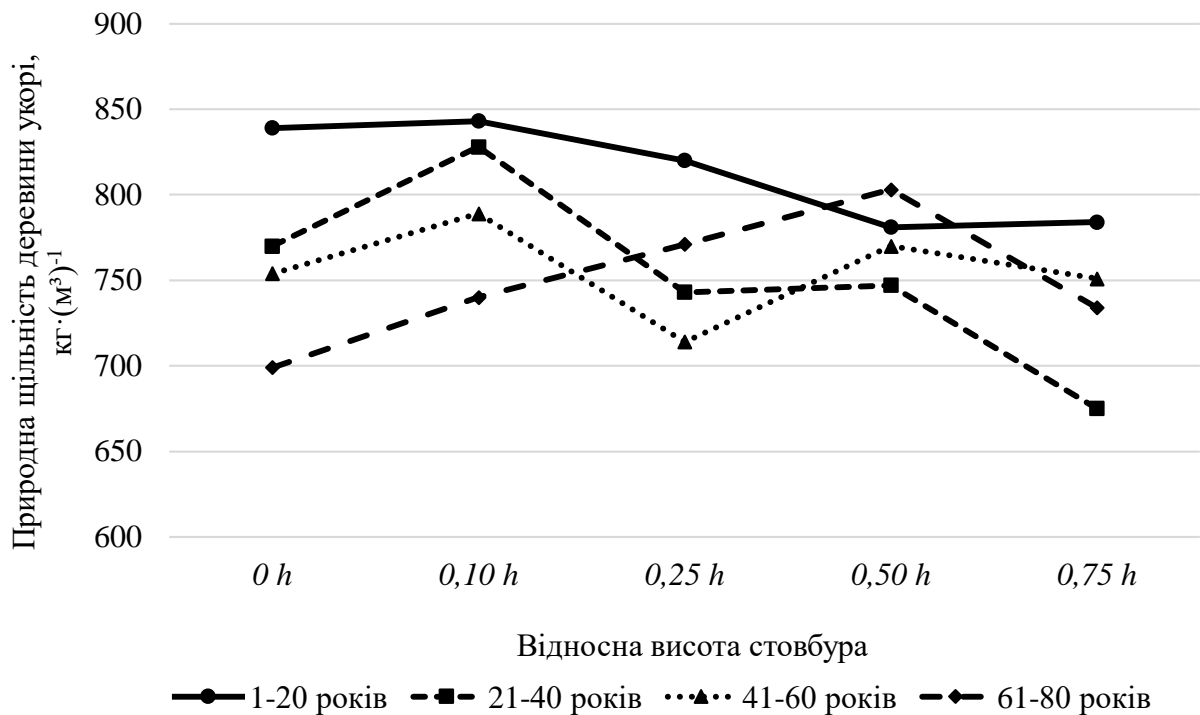


Рис. 4.5. Зміна локальної природної щільності деревини у корі стовбурів робінії з відносною висотою та віком дерев

Максимальні значення локальної природної щільності деревини у корі середньовікові та стиглі дерева мають у нижній частині стовбура, на відносній висоті $0,1h$. Далі, вздовж стовбура наявне зменшення значень цієї якісної характеристики, проте нерівномірне і непоступове. Ущільнення деревини у корі у перестиглих дерев відбувається у нижній частині стовбура, у напрямку від окоренка до $0,5h$, надалі у верхній половині стовбура

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

спостерігається зменшення локальної щільності деревини у корі. Найбільш щільна деревина і кора у робінії несправжньоакації формується на середині стовбура ($0,5h$) у віці 41–60 років.

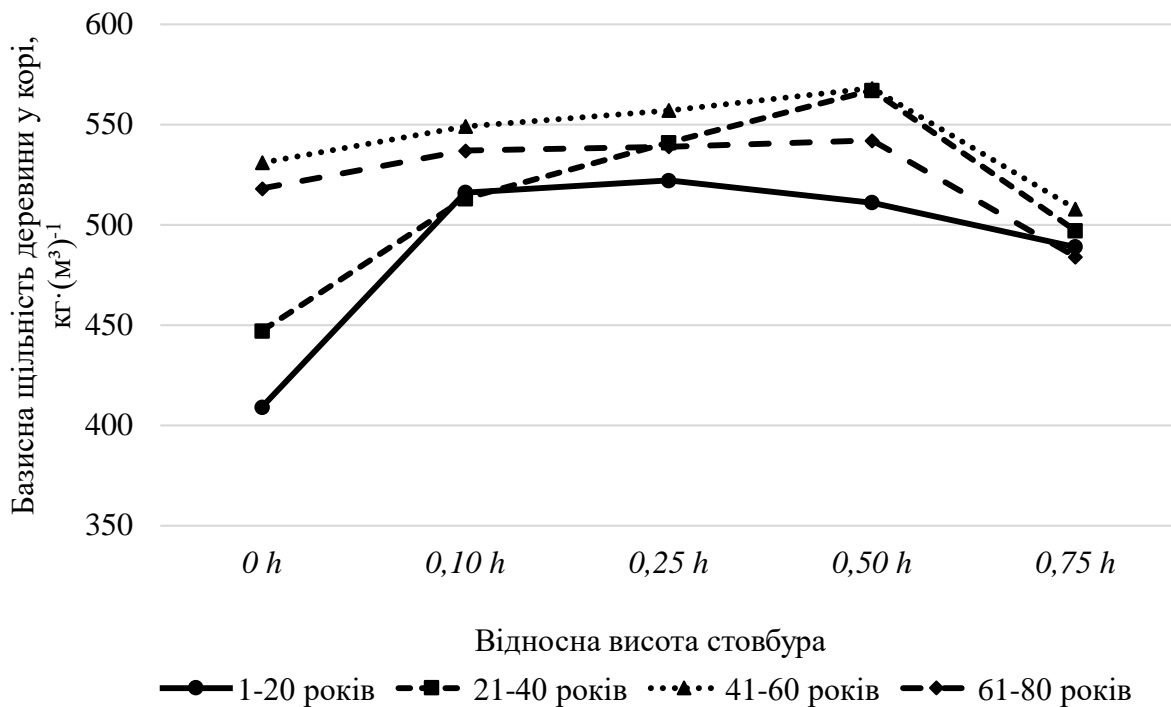


Рис. 4.6. Зміна локальної базисної щільності деревини у корі стовбурів робінії несправжньоакації з відносною висотою та віком дерев

Варіювання значень усередненої локальної природної щільності деревини у корі вздовж стовбура узгоджується з характером варіювання локальної базисної щільності деревини у корі тільки для дерев робінії вікової групи молодняків. У дерев віком до 20 років даний пошуковий якісний показник має збільшення від окоренка до відносної висоти $0,1h$. Після зазначеної висоти до верхівки дерева спостерігається зменшення локальної природної щільності деревини у корі.

Характерне для робінії несправжньоакації збільшення щільності деревини у корі у нижній частині стовбура, переважно від окоренка до $0,25h$ висоти може бути пов'язано зі збільшенням кількості механічних волокон і потовщенням клітинних стінок. Протягом висот $0,1h$ – $0,5h$ спостерігається незначні зміни цього

показника якості стовбура. У діапазоні висот $0,5h$ – $0,75h$ спостерігається тенденція незначного зменшення показників базисної щільності деревини у корі. Варіювання кількості судин і механічних волокон та їх просторове розміщення можуть спричиняти вплив на щільність деревини.

Зменшення локальної базисної щільності деревини у корі може бути обумовлено кількісним переважанням структурних елементів ксилеми – судин, трахеїд і меншим вмістом механічних тканин. Зниження значень щільності у верхній половині стовбурів дерев робінії може бути обумовлене збільшенням площі перерізу судин ксилеми і вмісту паренхіми (А. П. Рябоконт, 1990; P. Wareing & D. Roberts, 1956).

Характер зміни середньої локальної базисної щільності деревини у корі за усією довжиною стовбура для дерев робінії різного віку є подібним. Абсолютні значення цієї якісної характеристики у дерев усіх груп віку є близькими за значеннями на висоті $0,75h$. Найбільші значення середньої локальної базисної щільності деревини у корі – $568 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$, зафіксовані для дерев, вік яких знаходиться у діапазоні 41–60 років на відносній висоті $0,5h$.

Отже, загальний характер змін локальної, як природної так і базисної щільності, тотожний, проте більш чітка закономірність наявна для локальної базисної щільності деревини, кори та деревини у корі відносно природної локальної щільності зазначених компонентів фітомаси стовбура. Для останньої, наявна більша дисперсія значень та менше прослідковуються залежності для дерев різного віку. Це може бути обумовлено коливаннями вмісту води у деревині та корі, яке спричиняє значущий вплив на зазначену пошукову якісну характеристику дерев.

Таким чином, визначені середні значення локальної природної та базисної щільності деревини та кори дерев робінії несправжньоакації в умовах Байрачного степу України демонструють комбінований тип змін з відносною висотою дерев: від окоренкової частини стовбура до відносної висоти $0,5h$ відбувається збільшення щільності з подальшим поступовим її зменшенням від середини стовбура до верхівки. Це може бути пояснено тим, що за висотою дерева змінюється відносне співвідношення зон пізньої та ранньої

деревини у межах річних шарів. Така загальна закономірність у зміні процентного вмісту пізньої деревини з висотою знаходить своє безпосереднє відображення на загальній щільності деревини, яка з висотою зменшується.

Одержані дані про локальну базисну та природну щільність та їх варіабельність за відносними висотами і діапазонами віку модельних дерев надають можливість оцінювати якість компонентів фітомаси окремих частин стовбурів дерев досліджуваного виду, а також слугуватимуть за базис для розрахунку усереднених показників щільності компонентів фітомаси стовбурів дерев робінії несправжньоакації.

4.2. Середня щільність деревини і кори стовбурів дерев

Якісні характеристики надземної фітомаси лісотвірних деревних видів детерміновані спадковими програмами рослинного організму та дією абіотичних і біотичних чинників середовища зростання.

При дослідженнях біотичної продуктивності лісостанів деревних видів, і деревостанів *Robinia pseudoacacia* зокрема, одним із найбільш інформативних та значущих показників є середня щільність деревини та кори стовбурів дерев.

Якісні ознаки надземної фітомаси дерев є предметом значної кількості сучасних досліджень. Визначенню щільності структурних компонентів фітомаси лісотвірних видів у лісах різних природних зон України присвячені роботи П. І. Лакиди (2002) та вчених його наукової школи Л. М. Матушевич (1998), В. І. Блищика (2007а, 2007b), А. М. Білоуса (2009), І. М. Матейка (2014).

Сучасні закордонні дослідження щільності деревини, як показника якості фітомаси, є достатньо різноспрямованими. G. Giroud, J. Begin, M. Defo, & C. Ung (2017) оцінювали регіональні відмінності щільності деревини головних бореальних хвойних та листяних деревних видів у лісах Канади. Автори спостерігали значущу залежність щільності деревини від просторової структури насадження та кліматичного градієнта:

показник щільності збільшувався зі зростанням значень середньодобової температури у всіх досліджуваних видів деревних рослин. Для *Betula papyrifera* L. і *Populus tremula* L. був характерний широтний градієнт, пов'язаний з кліматом. Для хвойних дерев, навпаки, просторовий розподіл щільності деревини не був однорідним, що вказує на більш обмежену екологічну адаптивність хвойних дерев у порівнянні з вищенаведеними листяними видами.

А. Fajardo (2016) досліджував варіації щільності деревини у популяціях двох видів дерев, які формують лісові насадження у Патагонії. Було визначено, що даний показник є слабким предиктором конкурентних здібностей серед індивідуумів одного і того ж виду деревних рослин.

Запропоновано регресійні моделі, як альтернативний спосіб отримання значень базисної щільності деревини безпосередньо при здійсненні польових досліджень у лісах Центральної Амазонії (Е. Nogueira, Ph. Fearnside, & В. Nelson, 2008). J. Machado et al. (2014) вивчали поздовжні та радіальні варіації щільності деревини та механічних властивостей (міцність на стиск і вигин, модуль пружності) *Acacia metaxylon* R. Br., яка зростає у лісах Португалії. Найбільш значуща різниця встановлена для окремих дерев. Всередині дерева радіальна зміна була значною для всіх ознак, в той час як поздовжня зміна була значущою тільки для щільності деревини.

У роботі Н. Nguyen, J. Firn, D. Lamb, & J. Herbohn (2014) досліджено щільність деревини, як інформативну характеристику при виборі головних і супутніх деревних видів під час закладання мішаних за складом лісових плантацій на Філіппінах. Виявлені значущі обернені кореляційні залежності між щільністю деревини і висотою дерев у найбільш поширених лісових видів. Види з більшими значеннями щільності деревини стовбурів мали повільні темпи зростання та були менш продуктивними.

При оцінюванні якості деревної сировини важливими є характеристики анатомічних структурних елементів деревини. Базисна щільність компонентів стовбура деревних рослин залежить

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

насамперед від анатомічної будови, яка обумовлена генетично та детермінована впливом екологічних чинників умов зростання.

Дослідження зв'язків анатомічної будови деревини із щільністю та вмістом сухої речовини для деревних видів були проведені ще у позаминулому столітті (О. И. Полубояринов, 1976). Натепер також проводяться дослідження у зазначеному напрямі (Д. А. Данилов & В. Б. Скупченко, 2014). Н. А. Дружинин, Ф. Н. Дружинин, & С. Е. Грибов (2016) розглядали можливість регулювання щільності деревини рубками догляду. Встановлено, що різні типи і режими догляду за лісом впливають на діяльність камбія у стовбурі дерева, що спричиняє зміни анатомічної будови деревини та її базисної щільності.

Анатомічна будова деревини та її щільність у дерев *Pinus sylvestris*, які зростали у лісах північної Швеції у контексті змін клімату досліджена С. Pritzkow, I. Heinrich, H. Grudd, & G. Helle (2014). Значна кореляція між щільністю й анатомічними ознаками деревини була встановлена щодо пізньої деревини. Авторами показано, що максимальна щільність і сильний кліматичний сигнал, тобто літні середньодобові температури, знаходяться у тісному кореляційному зв'язку. Динаміка розмірів трахеїд за роками продемонструвала значний потенціал для отримання сезонної кліматичної інформації та розуміння кліматичних впливів на процеси утворення деревини.

Для характеристики деревини можуть використовуватися такі анатомічні ознаки – розподіл судин, перфораційні пластини в судинах, типи променів, осьовий розподіл паренхіми.

Robinia pseudoacacia – ядрова деревна порода. У живих паренхімних клітинах деревини стовбурів робінії, які слугують для транслокації та відкладання поживних речовин, перед руйнацією протопласту й остаточним відмиранням відбуваються численні зміни, завдяки яким виявляється можливим відрізнити фізіологічно активну заболонь від ядра. У робінії несправжньо-акації заболонь розвинена слабо, є дуже вузькою, становить всього декілька річних шарів, має чітку межу з ядром і різко відрізняється від нього за кольором. Заболонь світло-жовта, ядро

зеленувато-жовте, зеленувато-сіре або зеленувато-буре з шовковистим блиском. Відмінності, які спостерігаються між заболонню і ядром, обумовлені переважно їх хімічним складом. З віком деревина втрачає воду, запасні речовини та депонує різні вторинні органічні метаболіти. Деякі з цих речовин відкладаються у клітинних стінках, інші можуть міститися і в лакунах клітин. Поява забарвлення в ядрі – повільно протікаючий процес, залежний від окиснення фенолів, яке у свою чергу залежить від гідролізу крохмалю і порушення ферментативного контролю (А. П. Рябоконт, 1990; P. Wareing & D. Roberts, 1956). Проте, не усі характеристики структурних елементів деревини та кори знаходяться у закономірному зв'язку із щільністю. Відмінності щільності всередині стовбура дерева О. И. Полубоя-ринов (1976) пояснює перш за все розмірами і властивостями клітинних стінок. Вирішальне значення набуває співвідношення об'єму клітинних стінок до об'єму порожнин клітин. Певну роль може відігравати і власне щільність клітинних стінок.

Поряд з визначальним впливом структурних особливостей клітинних стінок у деревних видів певний вплив на щільність може спричиняти і об'єм деревної паренхіми. Зміна відносного вмісту серцевинних променів у деревині може значно впливати на щільність. Зазначають, що різноманітні комбінації зміни параметрів клітин деревини можуть спричиняти однаковий результат, вимірювальний абсолютними значеннями щільності.

Елементи вторинної ксилеми у робінії несправжньоакації у функціональному відношенні спеціалізовані різною мірою: трахеальні елементи та волокна, які здійснюють функції водопроведення й опори відповідно, зазвичай виявляються позбавленими протопластів до того, як починається активне здійснення їх фізіологічної функції (А. Nejnowicz & Z. Nejnowicz, 1959).

У екземплярів однієї деревної породи розподіл судин деревини може варіювати у залежності від віку дерева і абіотичних умов зростання. Робінія несправжньоакація має деревину з судинами різного діаметра, найкрупніші зосереджені у ранній деревині. P. Wareing & D. Roberts (1956) зазначали, що у цього виду вміст пізньої деревини становить 73–84 %, кількість річних

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

шарів на 1 см поперечного розрізу знаходиться у діапазоні 1,9–3,6. Такий тип деревини визначається як кільцесудинний. Він є високоспеціалізованим і зустрічається порівняно у небагатьох видів дерев, з яких всі мають природний ареал у північній помірній зоні. У кільцесудинної деревини судини довші, ніж у розсіяносудинної. З функціональної точки зору кільцесудинна деревина також є спеціалізованою. Проведення води у ній здійснюється переважно зовнішньою зоною приросту або його частиною і відбувається приблизно в 10 разів швидше, ніж у розсіяносудинної деревини. Робінія несправжньоакація, як дерево з кільцесудинним типом деревини, швидко утворює систему судин ранньої деревини, у якій часто спостерігається ранній розвиток тілл у крупних судинах ранньої деревини. Високоспеціалізовані судини ранньої деревини, які призначені для проведення води, є функціонуючими лише протягом незначного періоду часу. Тіллами закупорені також судини ядра, судини заболоні залишаються порожнистими на весь час функціонування дерева.

Деревина робінії несправжньоакації має різноспрямовану текстуру – волокна у ній розташовуються назустріч одне одному. Особливістю деревини цього виду є те, що волокна часто зустрічаються і у найбільш зовнішній частині первинної флоєми, і у вторинній флоємі, причому у значній кількості. Серцевинні промені розвинені незначно: на поперечному розрізі мало помітні, а на радіальному мають вигляд вузьких світлих смужок.

Значущий вплив на щільність деревини виявляють розміри трахеїд та деревних волокон – головних складових деревини. Відмічають такі варіанти зміни розмірів клітин і товщини їх стінок (О. И. Полубояринов, 1976): за умови рівних розмірів клітин варіюють товщини їх клітинних стінок, і як результат цього, розміри порожнин; за рівної товщини клітинних стінок варіюють розміри клітин і їх порожнин, причому може змінюватися як форма, так і довжина клітин; одночасно варіюють розміри клітин і товщини їх стінок.

Формування елементів лубу і деревини залежать перш за все від ступеня активності камбію. Первинна стимуляція діяльності цієї тканини визначається фітогормонами, які переміщуються із

функціонуючих бруньок у базипетальному напрямку. Розміри та об'єм веретеноподібних ініціалей камбію у деревних видів коливаються у широких межах: *Pinus strobus* – 3,20; *Ginkgo biloba* – 2,20; *Miristica* – 1,31; *Pyrus communis* – 0,53; *Populus alba* – 0,49; *Fraxinus exelsors* – 0,29. У *Robinia pseudoacacia* даний показник становить 0,17, що є найменшим значенням серед зазначених деревних видів. Довжина камбіальних ініціалей змінюється в онтогенезі, як правило, вона збільшується з віком, але після досягнення певного максимуму залишається постійною. У роботі P. Wareing & D. Roberts (1956) показано, що зі збільшенням віку, тобто у радіальному напрямку від серцевини до кори довжина трахеїд збільшується, досягає певного максимуму і залишається майже без змін. Варіації довжини трахеїд у поздовжньому напрямку стовбура менш регулярні. Зміна розмірів веретеноподібних ініціалей спричиняють подібні зміни у клітин вторинної флоєми, що мають походження з цих ініціалей. Але остаточний розмір клітин вторинної флоєми залежить від розміру камбіальних ініціалей лише частково, так як зміни в їх розмірах спостерігаються як у процесі диференціації клітин, так і зазнають значного впливу абіотичних чинників навколишнього середовища.

У робінії несправжньоакації ситоподібні елементи флоєми та пов'язані з ними клітини розташовуються у вигляді тангенціальних тяжів, їх групи більш або менш правильно чергуються з тангенціальними тяжами тургесцентних клітин паренхіми. Характерною особливістю цього деревного виду є наявність кристалів оксалату кальцію у вторинній флоємі, у клітинах, які оточують тяжі волокон. Протопласти ситоподібних трубок і клітин-супутниць мають слизові тільця, які зберігають свою структурну цілісність протягом тривалого часу. Клітини перидерми у робінії мають значне зчеплення, і послідовні шари ритидома залишаються міцно з'єднаними один з одним. Зовнішня кора з часом ущільнюється, тріскається і поступово відшаровується. Кірка тріщинувата із сочевичками, які розташовуються на дні тріщин.

Дослідження якісних показників компонентів надземної фітомаси дерев лісотвірних видів мають ґрунтуватися на розумінні

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

механізмів трансформації анатомічної будови деревини, які відбуваються в онтогенезі дерева, тому, що зміни структурних елементів деревини є основою зміни показників її щільності.

Зазначені особливості анатомічної будови деревини стовбура робінії несправжньоакації обумовлюють її фізичні характеристики, і насамперед щільність деревини, яка являє собою внесок вуглецю в одиницю об'єму стовбура.

Деревина робінії характеризується такими фізичними параметрами: колірний тон – 581 НМ; чистота – 6096. Технологічні та експлуатаційні властивості деревини досліджуваного виду становлять: міцність (МПа) при статичному вигині – 148; стисненні вздовж волокон – 73; розтягуванні вздовж волокон – 171; ударна в'язкість при вигині – $190 \text{ кДж} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$; опір розколюванню ($\text{Н} \cdot \text{мм}^{-1}$) у радіальній площині – 20,9, тангенціальній – 27,2; твердість ($\text{Н} \cdot \text{мм}^2$)⁻¹ торцева – 94,2, радіальна – 66,2, тангенціальна – 75,9. Робінію несправжньоакацію відносять до сильноусихаючих деревних видів: її водопоглинання становить близько 80 %, вологопоглинання – 22,8 %. Коефіцієнти усихання (зміна розмірів зразка у відсотках по відношенню до зміни вологості) у деревини робінії складають: об'ємний – 0,61; у радіальному напрямку – 0,25; тангенціальному – 0,34 (V. Romanovsky, E. Dobrowolska, P. Kozakiewicz, & A. Jegorowa, 2016).

Отримані у дослідженні значення основних статистик вихідних даних – середньої природної щільності деревини стовбурів (P_{δ}^{cm}), середньої природної щільності кори стовбурів (P_{κ}^{cm}), середньої природної щільності деревини стовбурів у корі ($P_{\delta\kappa}^{cm}$), середньої базисної щільності деревини стовбурів ($P_{l\delta}^{cm}$), середньої базисної щільності кори стовбурів ($P_{l\kappa}^{cm}$), середньої базисної щільності деревини стовбурів у корі ($P_{l\delta\kappa}^{cm}$), а також таксаційних параметрів модельних дерев робінії несправжньоакації – вік (a), діаметр (d), висота (h) наведені у табл. 4.2. Для статистичної вибірки у 20 одиниць критичне значення показника асиметрії (A) дорівнює 0,711 ($p \leq 0,05$), ексцесу (E) – 0,907 ($p \leq 0,01$) (А. В. Янцев, 2012).

Таблиця 4.2

**Основні статистики таксаційних показників модельних дерев
 та середньої базисної і природної щільності стовбурів дерев
 робінії**

Щільність, кг·(м ³) ⁻¹	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	стандартне квадратичне відхилення	асиметрія	ексцес
P_{∂}^{cm}	721,0	916,0	835,1	55,3	-0,645	-0,481
P_{κ}^{cm}	318,0	733,0	530,9	111,7	0,113	-0,640
$P_{\partial\kappa}^{cm}$	643,0	890,0	771,1	66,1	-0,329	-0,694
$P_{\partial\kappa}^{cm}$	375,0	612,0	499,8	68,7	0,011	-0,839
P_{κ}^{cm}	214,0	421,0	300,8	46,6	0,485	1,406
$P_{\partial\kappa}^{cm}$	318,0	605,0	400,7	79,0	0,001	-0,684

Сукупності даних, які характеризують досліджувані показники, характеризуються подібністю до нормального розподілу. Розподіл таких показників як середня природна щільність деревини стовбура та середня природна щільність стовбура у корі характеризується від'ємною асиметрією, що свідчить про зсув кривої розподілу за цими ознаками ліворуч. Переважає від'ємний ексцес, що демонструє плосковершинність кривої розподілу. Тільки у випадку середньої природної щільності кори стовбура значення ексцесу є додатним.

Біологічним об'єктам властиві взаємозв'язки між окремими ознаками, тому наявність та тісноту зв'язку середніх значень природної та базисної щільності деревини стовбурів з основними таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації встановлювали за допомогою кореляційного аналізу (табл. 4.3). Визначено, що середні значення природної і базисної щільності деревини та деревини у корі мають достовірний прямий помірний зв'язок з основними таксаційними показниками модельних дерев. Значення коефіцієнтів кореляції середньої природної щільності деревини є більшими щодо значень середньої базисної щільності деревини. Найтіснішим ($r = 0,64$) є зв'язок середньої природної щільності деревини з віком дерева. Природна і базисна щільність кори стовбурів характеризуються значущим оберненим, але слабким зв'язком з біометричними параметрами дерев, причому для показника висоти дерева, цей зв'язок є найслабшим.

Таблиця 4.3

**Коефіцієнти кореляції середньої природної та базисної
щільності стовбурів з таксаційними показниками дерев
робінії**

Показники дерев	Середня щільність компонентів фітомаси стовбура					
	природна			базисна		
	деревина	кора	деревина у корі	деревина	кора	деревина у корі
<i>a</i> , роки	+0,64	-0,28	+0,56	+0,54	-0,46	+0,35
<i>d</i> _{1,3} , см	+0,63	-0,20	+0,57	+0,54	-0,23	+0,39
<i>h</i> , м	+0,60	-0,14	+0,59	+0,45	-0,19	+0,42

Середню природну і базисну щільність компонентів фітомаси стовбура аналізували залежно від основних таксаційних показників модельних дерев: віку, діаметра стовбура та висоти з метою встановлення закономірностей розподілу досліджуваних параметрів та забезпечення інформативності й адекватності математичних залежностей взаємозв'язку показників щільності компонентів фітомаси стовбура з основними таксаційними параметрами модельних дерев (табл. 4.4).

Значеннями якісних параметрів компонентів фітомаси стовбурів є: середня природна щільність деревини – $848 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня природна щільність кори – $508 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня природна щільність деревини у корі – $779 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня базисна щільність деревини – $499 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня базисна щільність кори – $301 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня базисна щільність деревини у корі – $456 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$.

Природна щільність деревини детермінована вмістом води та переважно залежить від впливу абіотичних умов навколишнього середовища. Вологозабезпеченість різних тканин та органів рослинного організму може значно відрізнятись, що позначається на природній щільності (К. Эсау, 1969).

Динаміку середньої природної щільності структурних компонентів фітомаси стовбурів дерев робінії несправжньоакації від основних таксаційних показників дерев графічно зображено на рис. 4.7–4.9.

Таблиця 4.4

**Середня щільність структурних компонентів фітомаси
 стовбурів модельних дерев робінії несправжньоакації**

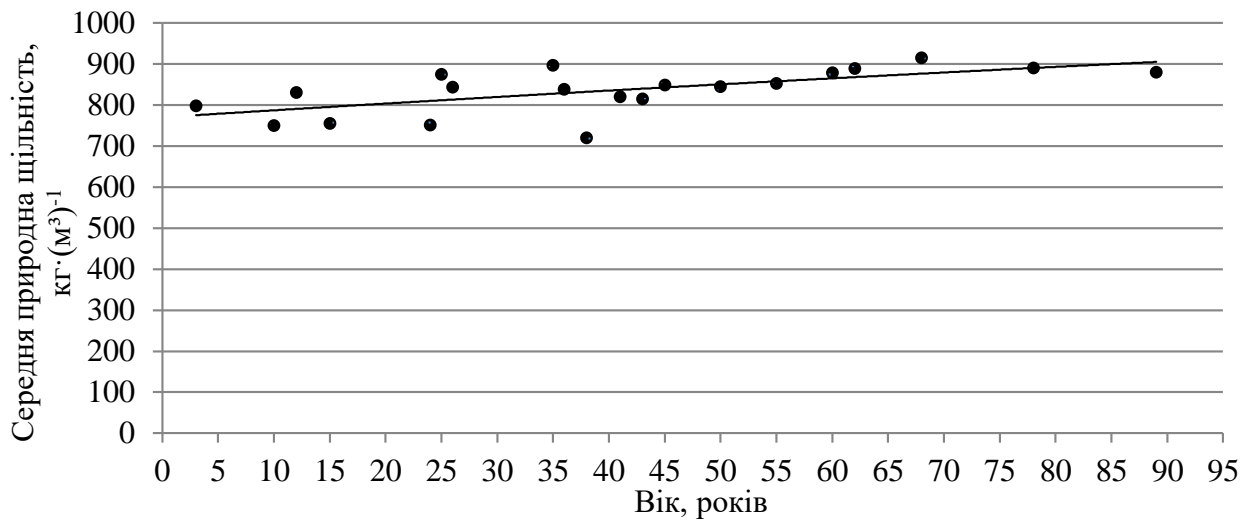
Таксаційні показники модельних дерев			Середня щільність компонентів фітомаси стовбура, кг·(м ³) ⁻¹					
a, років	d, см	h, м	природна			базисна		
			деревина	кора	деревина у корі	деревина	кора	деревина у корі
45	18,3	14,0	849	483	831	551	421	519
24	8,0	7,0	792	498	689	474	295	438
12	7,8	6,5	811	593	740	463	271	443
41	27,4	21,6	920	449	754	521	325	515
3	4,5	5,8	728	579	630	512	310	495
25	17,0	14,7	875	542	768	469	315	442
55	19,1	16,1	853	419	753	424	258	369
89	28,6	22,7	880	490	789	529	214	410
78	24,0	15,7	891	426	835	585	260	605
60	21,0	20,0	879	489	866	611	287	577
50	21,5	16,4	845	433	790	580	303	525
38	16,0	15,7	921	558	843	375	361	355
36	12,0	14,8	839	498	782	425	300	318
26	14,0	14,5	844	594	821	544	351	525
35	18,7	14,2	897	517	823	479	314	425
62	20,6	18,4	890	435	834	520	270	500
68	21,8	16,2	916	513	890	612	226	586
43	19,6	13,4	815	387	794	490	325	477
10	6,2	6,4	750	633	681	425	290	411
15	6,6	5,3	756	622	677	407	320	396

Значення середньої природної щільності компонентів фітомаси стовбурів модельних дерев робінії несправжньоакації мають незначну дисперсію відносно ліній тренду, які характеризують залежність цього якісного параметру від таксаційних показників дерев.

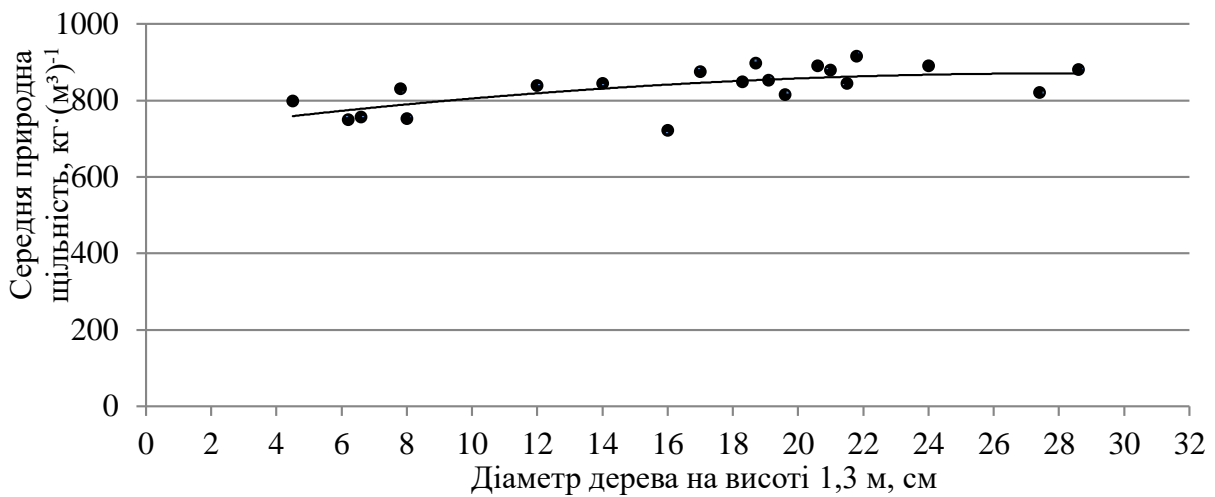
За наведеними на рисунках даних, природна щільність деревини характеризується наростаючим типом із віком, діаметром стовбура та висотою модельних дерев. Максимальне значення природної щільності деревини дорівнює 921 кг (м³)⁻¹ і відповідає екземпляру дерева з перестиглої групи віку ($a = 38$ років, $d = 16,0$ см, $h = 15,7$ м); мінімальне значення цього показника зафіксовано для трирічного дерева робінії 5,8 м висотою із діаметром стовбура 4,5 см.

а)

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ



б)



в)

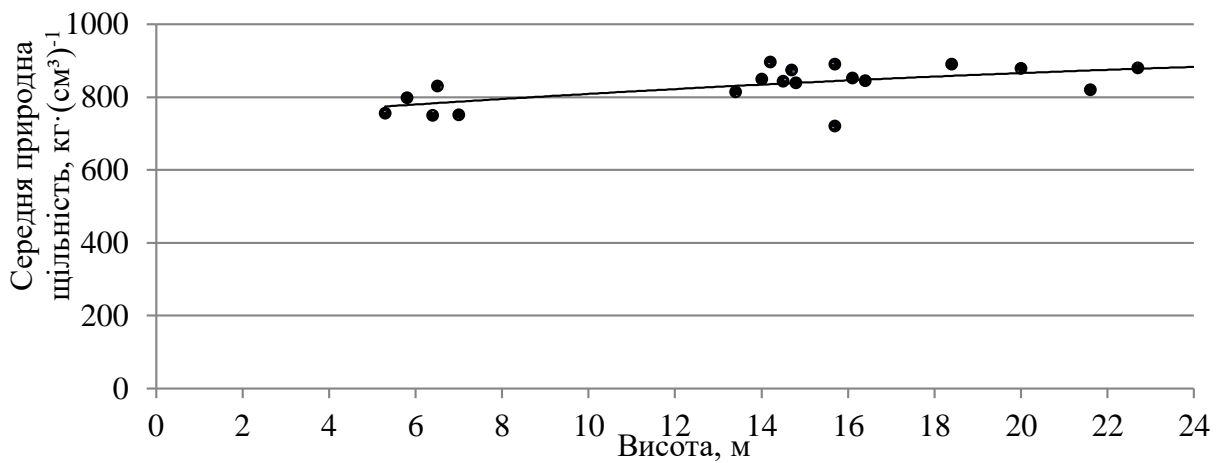


Рис. 4.7. Залежність середньої природної щільності деревини стовбура робінії несправжньоакації від: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

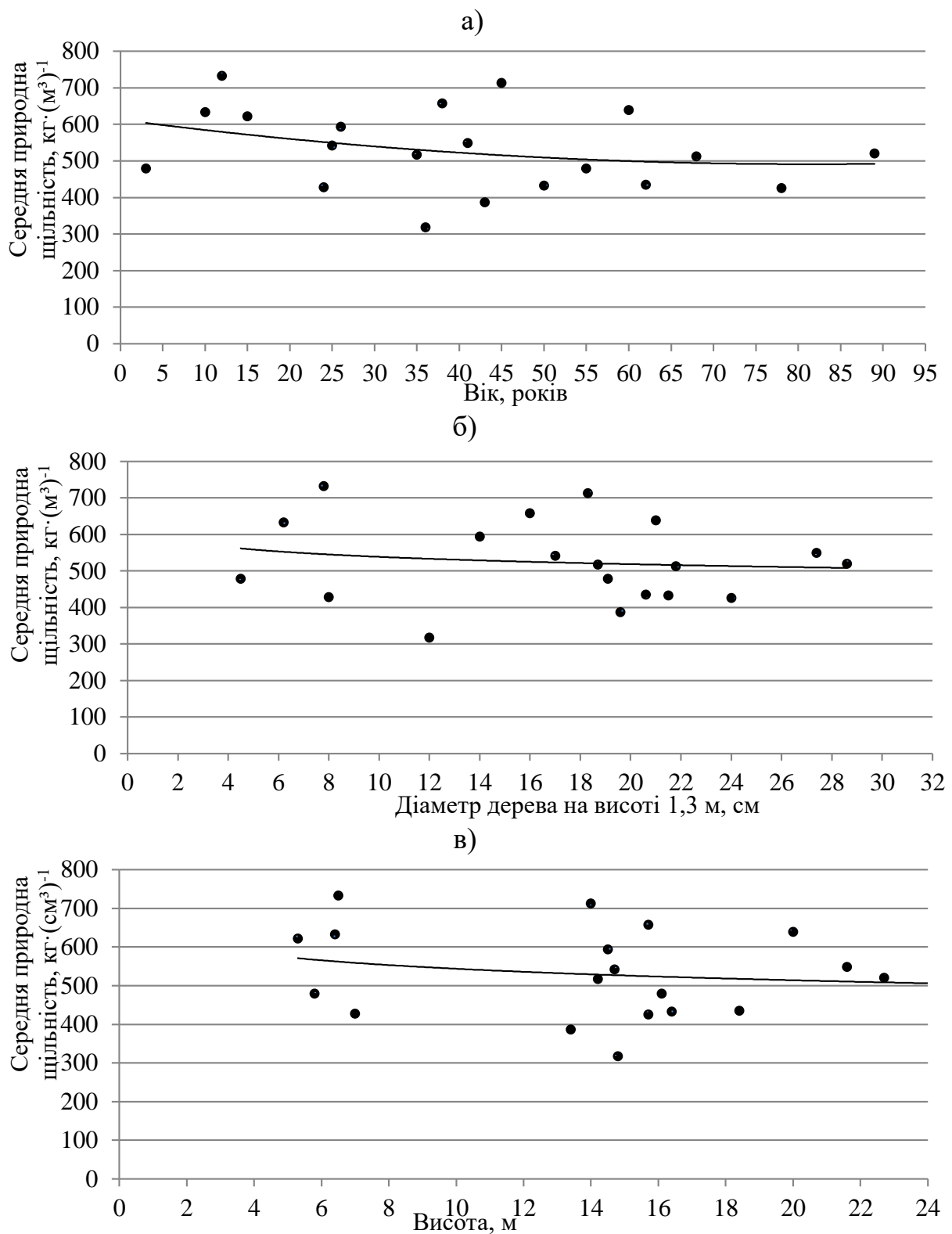
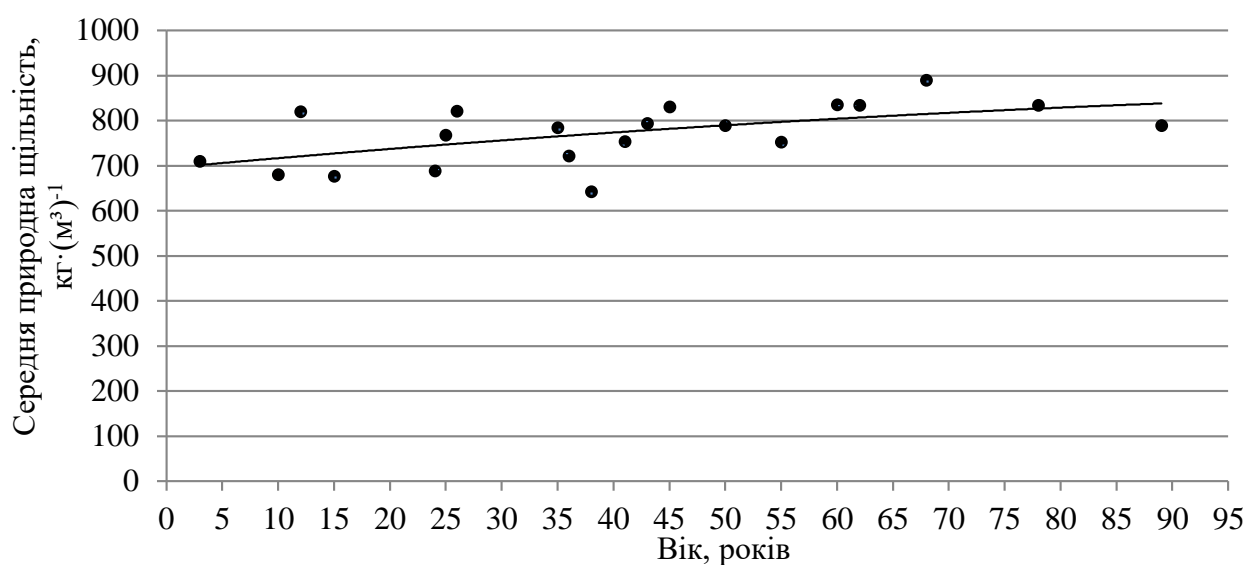


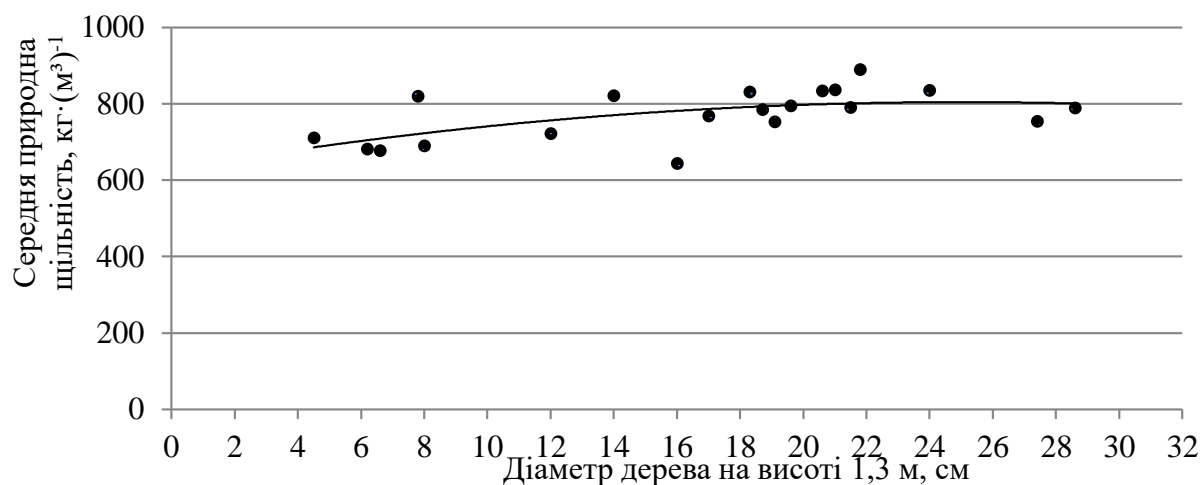
Рис. 4.8. Залежність середньої природної щільності кори стовбура робінії несправжньоакації від: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

а)

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ



б)



в)

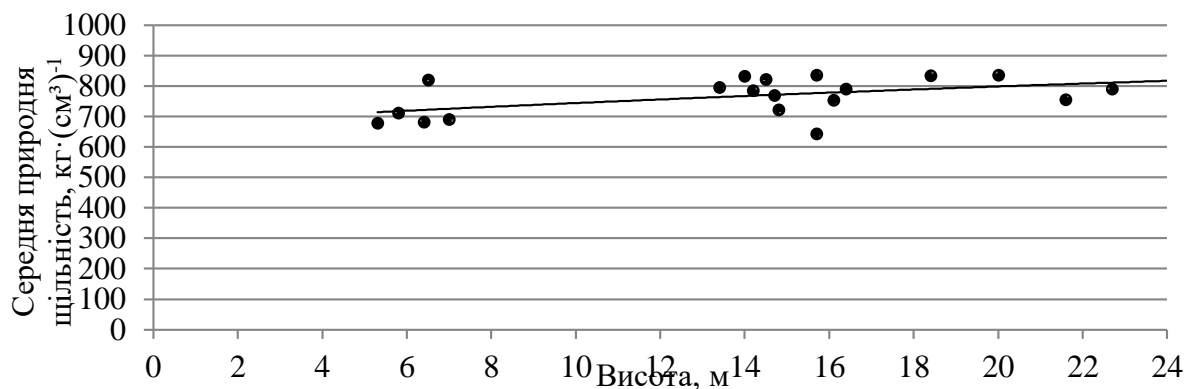


Рис. 4.9. Залежність середньої природної щільності деревини у корі стовбура робінії несправжньоакації від: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

Середня природна щільність кори стовбурів робінії має значну дисперсію. Різниця між максимальним абсолютним значенням природної щільності кори ($633 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ – модельне дерево: $a = 10$ років, $d = 6,2$ см; $h = 6,4$ м) та мінімальним значенням ($387 \text{ кг} (\text{м}^3)^{-1}$ модельне дерево: $a = 43$ роки, $d = 19,6$ см; $h = 13,4$ м) складає 61,1 %. Тенденція значної дисперсії природної щільності кори особливо спостерігається для молодих та середньовікових дерев. У цілому природна щільність кори робінії характеризується зменшенням її показників із віком, діаметром та висотою дерев (рис. 4.8).

Наростаючий характер ліній трендів встановлено для залежності середньої природної щільності деревини у корі стовбурів дерев робінії від таксаційних параметрів модельних дерев (рис. 4.9).

На основі отриманих даних проведено пошук і розрахунок математичних рівнянь для оцінювання середньої природної щільності структурних компонентів фітомаси стовбура робінії несправжньоакації за таксаційними показниками дерев.

На основі достовірних значень коефіцієнтів детермінації й перевірки моделей на адекватність за F -тестом, відібрано значущі математичні рівняння (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Моделі оцінювання природної щільності структурних
 компонентів фітомаси стовбура дерев робінії
 несправжньоакації**

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації	F -тест
Для деревини			
4.1	$P_{\delta}^{cm} = 745,96 \cdot a^{-0,030} \cdot \exp(0,005d)$	0,40	12,11
4.2	$P_{\delta}^{cm} = 762,05 \cdot \exp(0,001a) \cdot \exp(0,0203d) \cdot \exp(-0,0001h)$	0,43	11,67
Для кори			
4.3	$P_k^{cm} = 692,12 \cdot \exp(0,004a) \cdot \exp(0,132d) \cdot h^{-0,123}$	0,27	9,93
Для деревини у корі			
4.4	$P_{\delta k}^{cm} = 634,70 \cdot \exp(0,001a) \cdot d^{0,056}$	0,25	9,32

Фактичні значення коефіцієнта Фішера розроблених моделей перевищували його критичне значення, яке за умови числа

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

ступенів свободи $n = 20$ і кількості аргументів впливу $m = 2-3$, дорівнює 8,66.

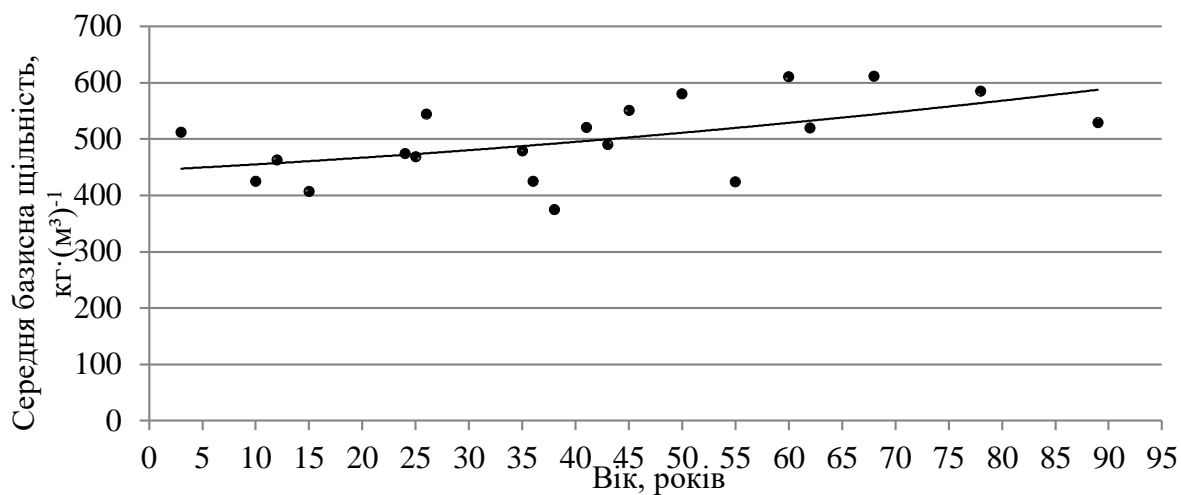
Найбільш інформативними виявилися моделі оцінювання природної щільності деревини за умови одночасного введення до рівняння трьох аргументів – віку, діаметра та висоти дерев робінії несправжньоакації. Не вдалося отримати позитивних результатів під час розроблення математичних моделей оцінювання середньої природної щільності кори стовбурів.

Зміну середньої базисної щільності деревини стовбурів, кори стовбурів і деревини у корі графічно зображено на рис. 4.10–4.12.

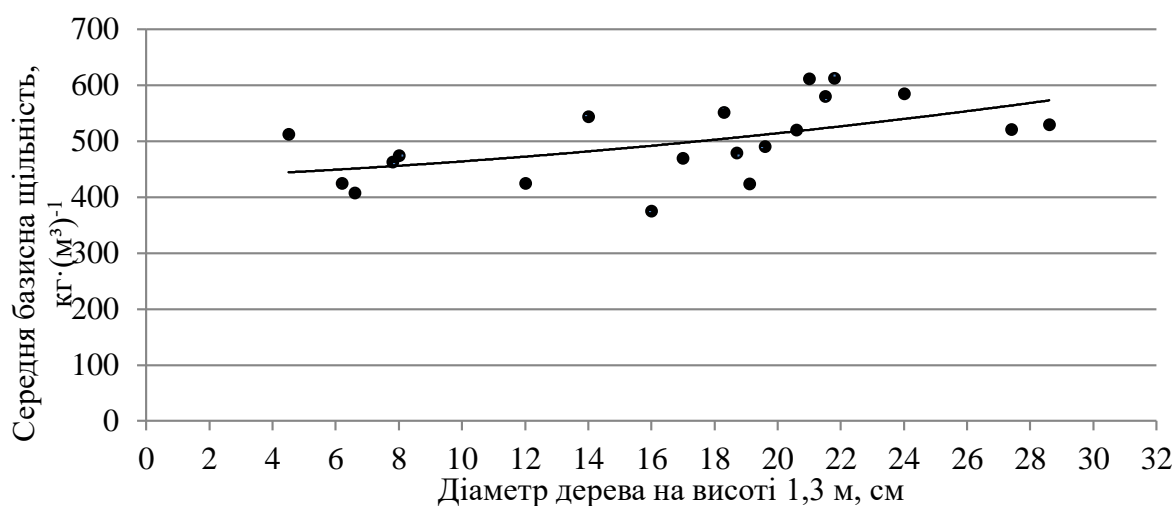
Дослідження залежності середньої базисної щільності деревини стовбура від віку дерева становить прикладний інтерес. Графічна інтерпретація варіабельності значень середньої базисної щільності деревини стовбурів дерев робінії несправжньоакації демонструє поступове зростання зазначеного показника зі збільшенням віку, діаметра та висоти модельних дерев. За результатами аналізу зміни показників середньої базисної щільності деревини стовбура встановлено, що відмінності крайніх абсолютних значень склали 61,2 %: максимальне значення ($612 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$) зафіксовано для дерева висотою 16,2 м, діаметром 21,8 см, віком 68 років, яке належить до перестиглої групи віку, тоді як мінімальне ($375 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$) – для екземпляра з такими показниками: $a = 38$ років; $d = 16,0$ см; $h = 15,7$ м.

У дерев робінії групи молодняків показники базисної щільності деревини мали дуже незначні відмінності: дерево віком 10 років – $425 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; 12 років – $463 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ та 15 років – $407 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. У дерев, віком наближеним до верхньої межі віку стиглості досліджуваного виду у Байрачному степу України, мінливість значень середньої базисної щільності деревини була такою: 35 років – $479 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$, 36 років – $425 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ та 38 років – $375 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. Збільшення значень пошукового показника можна спостерігати у модельних дерев робінії, вік яких перевищує вік стиглості у два рази й більше: 62 роки – $520 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; 68 років – $612 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; 78 років – $585 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; 89 років – $529 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$.

а)



б)



в)

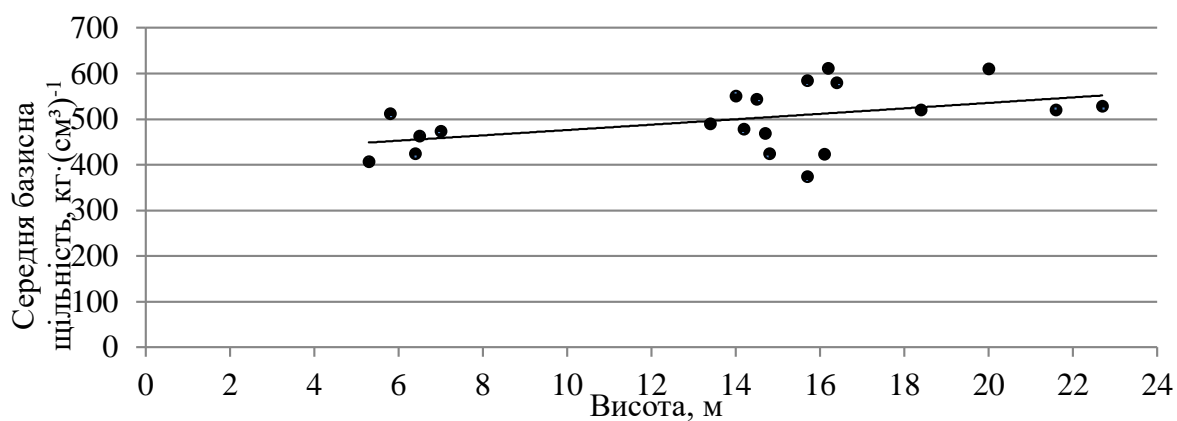
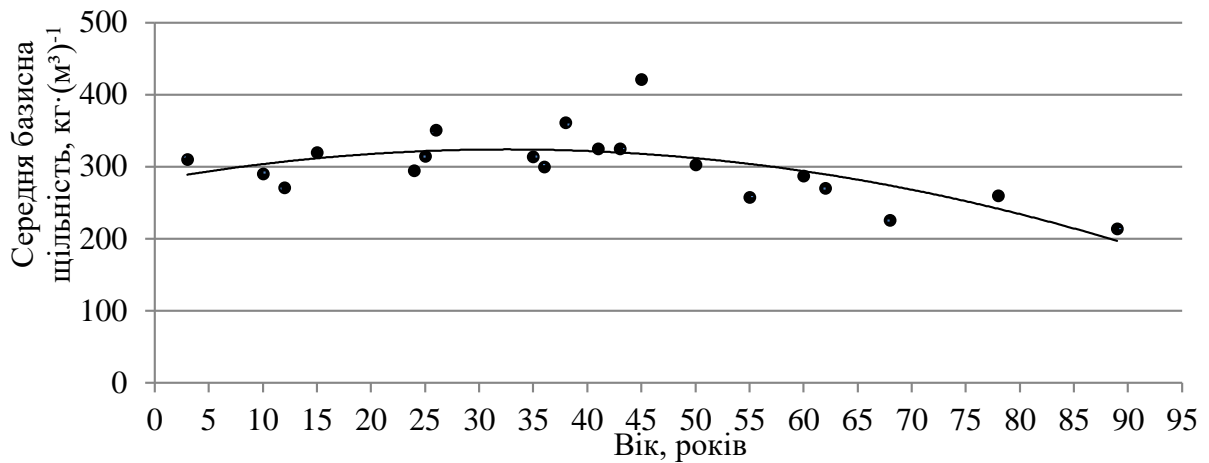


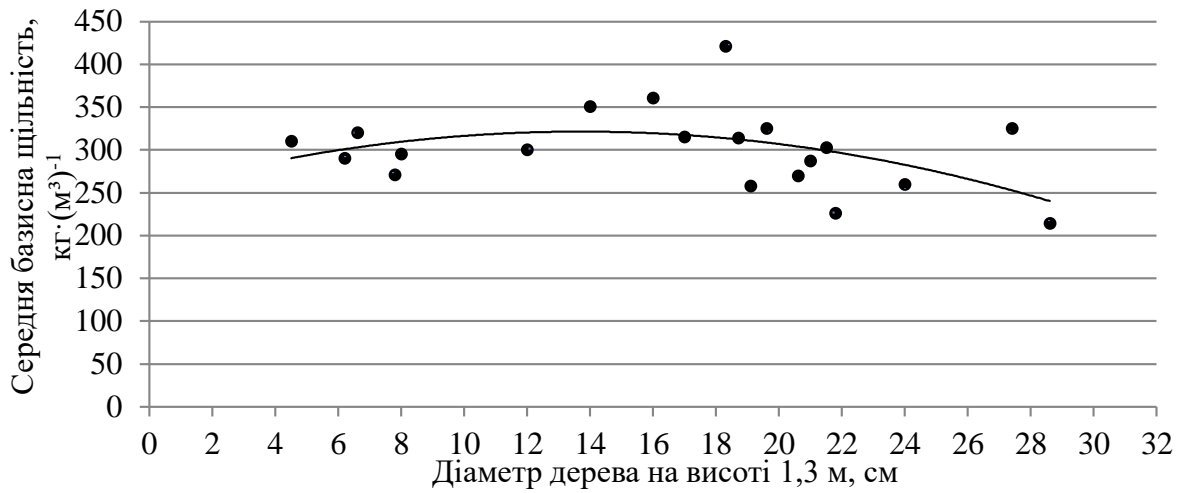
Рис. 4.10. Залежність середньої базисної щільності деревини стовбура робінії несправжньоакації від: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

а)

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ



б)



в)

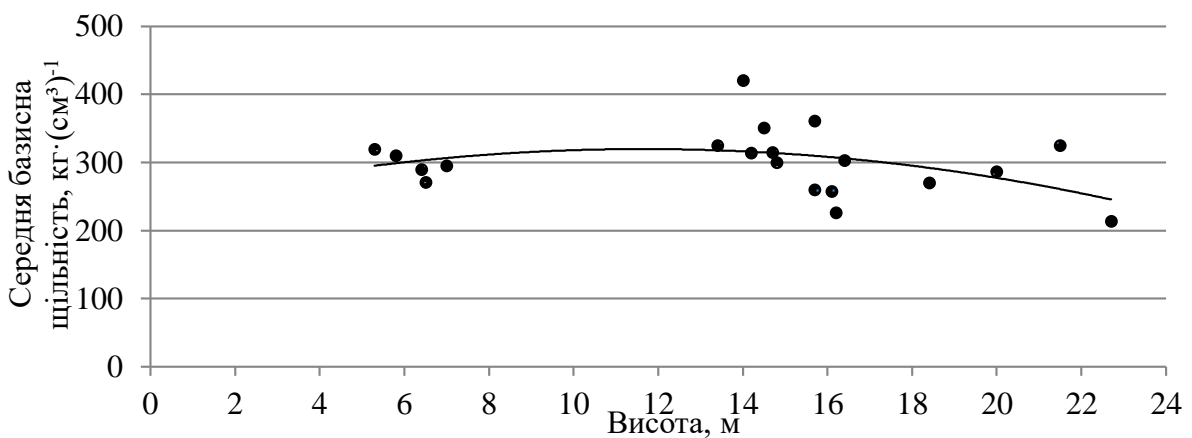
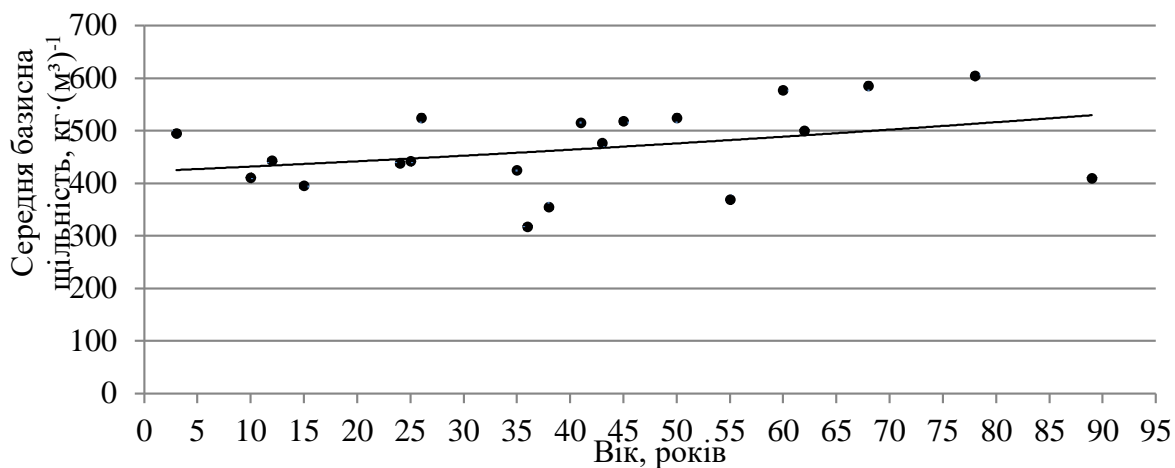


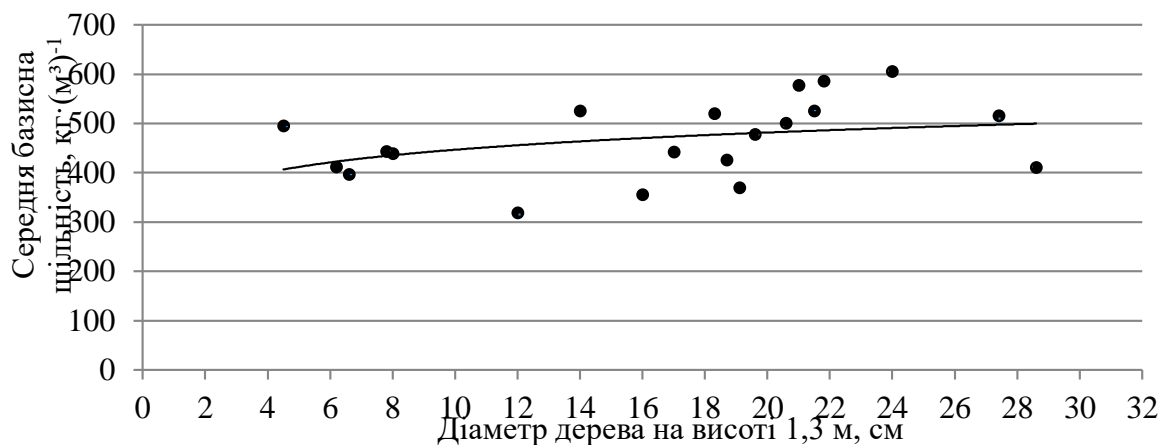
Рис. 4.11. Залежність середньої базисної щільності кори стовбура дерев робінії несправжньоакації від: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

а)

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
 ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ



б)



в)

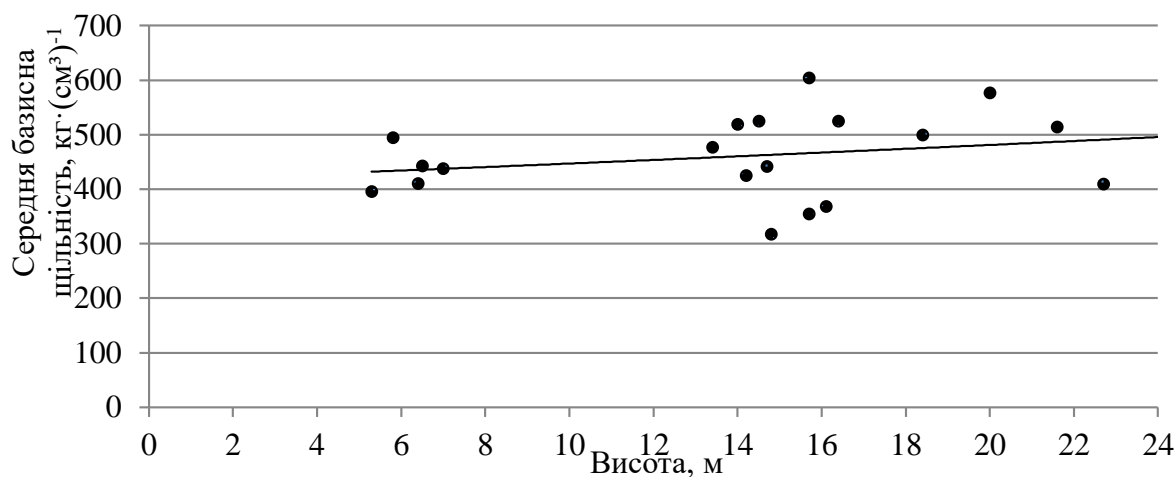


Рис. 4.12. Залежність середньої базисної щільності деревини у корі стовбура робінії від: а) – віку, б) – діаметра; в) – висоти

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

Середня базисна щільність деревини стовбура робінії характеризується наростаючим типом із віком. Встановлена залежність може бути пов'язана із пропорційними змінами паренхімної тканини та структурних елементів ксилеми – судинами. Також, значущий вплив на щільність деревини можуть спричиняти варіації розмірів трахеїд та деревних волокон – головних складових деревини. У дерев робінії спостерігається втрата води з віком і накопичення вторинних метаболітів у клітинних стінках, що й може спричиняти збільшення базисної щільності деревини з віком.

За даними П. І. Лакида & І. В. Блищик (2010) зі збільшенням віку базисна щільність компонентів фітомаси стовбура досягає певного максимуму і залишається майже без змін, що узгоджується з наростаючим трендом пошукової якісної характеристики дерев робінії несправжньоакації.

Абсолютні значення середньої базисної щільності кори характеризується істотним варіюванням відносно ліній тренду, мають більшу дисперсію у порівнянні із базисною щільністю деревини.

Відзначено зниження значень пошукового показника зі збільшенням віку, діаметра та висоти дерев. Встановлена слабка залежність середньої базисної щільності кори від основних таксаційних параметрів дерев, що узгоджується з даним кореляційного аналізу (рис. 4.11).

Абсолютні значення середньої базисної щільності деревини у корі характеризується істотним варіюванням відносно ліній тренду. Як показано на рис. 4.13, середня базисна щільність деревини у корі зі збільшенням віку, діаметра та висоти дерев досягає максимального значення ($605 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$) у екземпляра віком 78 років із діаметром стовбура 24,0 см. Графічна інтерпретація залежності середньої базисної щільності деревини у корі стовбура від висоти дерева свідчить, що найвищий її показник встановлений для дерева висотою 15,7 м і саме у цих межах значень висоти зосереджені найвищі значення пошукового параметру.

Враховуючи достатню однорідність дослідних даних за бонітетом та типом лісорослинних умов, на основі отриманих

даних проведено пошук математичних моделей оцінювання середньої базисної щільності структурних компонентів фітомаси стовбурів від основних таксаційних параметрів модельних дерев (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Моделі оцінювання базисної щільності компонентів стовбура
 дерев робінії несправжньоакації**

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації	F-тест
Для деревини стовбура			
4.5	$P_{l_0}^{cm} = 429,87 \cdot \exp(0,017d) \cdot \exp(-0,010h)$	0,31	11,12
4.6	$P_{l_0}^{cm} = 485,57 \cdot \exp(0,016d) \cdot h^{-0,093}$	0,30	14,35
4.7	$P_{l_0}^{cm} = 490,51 \cdot \exp(0,002a) \cdot \exp(0,011d) \cdot h^{-0,092}$	0,33	17,23
4.8	$P_{l_0}^{cm} = 435,01 \cdot \exp(0,002a) \cdot \exp(0,012d) \cdot \exp(-0,010h)$	0,33	13,56
Для кори стовбура			
4.9	$P_{l_k}^{cm} = 211,76 \cdot \exp(-0,008a) \cdot d^{0,190} \cdot h^{0,058}$	0,40	16,79
Для деревини у корі стовбура			
4.10	$P_{l_{0k}}^{cm} = 429,57 \cdot \exp(0,0005a) \cdot \exp(0,027d) \cdot \exp(-0,028h)$	0,38	14,97
4.11	$P_{l_{0k}}^{cm} = 582,42 \cdot \exp(0,00004a) \cdot \exp(0,022d) \cdot h^{0,237}$	0,42	17,19

Адекватність математичних моделей оцінювали за розрахованими значеннями коефіцієнтів детермінації й Фішера для отриманих рівнянь. Запропоновані математичні залежності, які мають значення коефіцієнта детермінації, що є вищим за його критичне значення, яке дорівнює 0,25 (А. В. Янцев, 2012). При включенні у рівняння відразу трьох факторів впливу (a , d , h) отримано математичні моделі, для яких коефіцієнт детермінації був вищим ніж у одно- і двофакторних моделей. Фактичні значення коефіцієнта Фішера розроблених моделей перевищували його критичне значення, яке за умови числа ступенів свободи $n = 20$ і кількості аргументів впливу $m = 2-3$, дорівнює 8,66.

Таким чином, для середньої природної щільності зафіксована більш значна мінливість показників у порівнянні з показниками середньої базисної щільності, що узгоджується з результатами інших дослідників, які у своїх роботах відзначали значну дисперсію значень показника природної щільності для таких деревних порід, як *Populus tremula* L., *Fraxinus excelsior* L., *Alnus*

glutinosa (L.) Gberth. (А. М. Білоус, 2009; Н. Nguyen, J. Firn, D. Lamb, & J. Herbohn, 2014).

Результати досліджень певною мірою узгоджуються з висновками О. И. Полубояринова (1976) і В. А. Усольцева (1985) у тому, що вік дерева є найбільш інформативним чинником, який обумовлює щільність деревини стовбурів.

Отримані показники середньої природної та базисної щільності структурних компонентів стовбура дерев робінії несправжньоакації у лісостанах Байрачного степу України не можна порівняти з даними для досліджуваного виду, який зростає у інших природних зонах України за причини відсутності таких досліджень.

Виявлені особливості показників середньої природної та базисної щільності деревини, кори та деревини у корі стовбурів робінії несправжньоакації є необхідною складовою визначення біотичної продуктивності робінієвих деревостанів за компонентами надземної фітомаси, розрахунків обсягів депонування вуглецю та розроблення заходів, спрямованих на регулювання екологічних функцій лісостанів у лісогосподарській зоні Байрачного степу України.

4.3. Щільність деревини та кори гілок крони дерев

Фітомаса деревини та кори гілок дерев робінії несправжньоакації є складовою їх надземної фітомаси. Системний менеджмент поводження з ресурсами лісових насаджень у лісогосподарських підприємствах природної зони степу мав би передбачати використання гілок робінії несправжньоакації, як джерело отримання продукту з доданою вартістю. Оцінювання потенціалу використання гілок цього лісотвірного виду, як основи виробництва продуктів альтернативної енергії, неможливо без знання їх якісних характеристик. Тому, дослідження якісних показників фракції гілок – базисної та природної щільності є необхідною передумовою оцінювання екологічного та енергетичного потенціалу дерев і деревостанів досліджуваного виду у Байрачному степу України.

Природну та базисну щільності структурних компонентів фітомаси гілок (природна щільність деревини гілок; природна щільність кори гілок; природна щільність гілок у корі) (базисна щільність деревини гілок, P_{lk}^{zil} – базисна щільність кори гілок; P_{lok}^{zil} – базисна щільність гілок у корі) аналізували залежно від віку (a , роки), діаметра стовбура дерева на висоті 1,3 м (d , см), висоти (h , м) задля встановлення закономірності динаміки показників щільності структурних компонентів гілок зі зміною таксаційних параметрів дерев.

Статистики розподілу показників базисної та природної щільності деревини гілок, кори гілок та гілок у корі та таксаційних характеристик дерев робінії несправжньоакації з яких було відібрано дослідні зрізи для дослідження щільності наведено у табл. 3.12, 4.7.

Значення щільності деревини гілок, кори гілок і гілок крони у корі демонструють варіювання їх показників. Фактичні дані статистичного аналізу за умови порівняння із критичними значеннями асиметрії та ексцесу свідчать, що сукупності показників базисної та природної щільності усіх структурних компонентів гілок мають розподіл, подібний до нормального.

Таблиця 4.7

Основні статистики середньої базисної і природної щільності гілок крони дерев робінії несправжньоакації

Щільність $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	середнє квадратичне відхилення	асиметрія	ексцес
P_{δ}^{zil}	684,0	987,0	850,5	67,8	-0,279	0,976
P_{k}^{zil}	473,0	703,0	567,0	61,1	0,720	-0,096
$P_{\delta k}^{zil}$	658,0	909,0	792,9	60,7	-0,313	0,133
P_{lo}^{zil}	390,0	611,0	525,3	67,4	-0,440	-0,694
P_{lk}^{zil}	230,0	429,0	333,2	49,2	-0,302	0,159
P_{lok}^{zil}	408,0	588,0	490,9	50,8	0,160	-0,545

Аналізуючи значення коефіцієнтів кореляції можна зробити висновок про слабкий, переважно прямий зв'язок між щільністю деревини й кори гілок та таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації (табл. 4.8). Обернений слабкий зв'язок

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

виявлено для природної та базисної щільності гілок у корі із діаметром стовбура та висотою дерева. Одержані значення коефіцієнтів кореляції узгоджуються з висновками О. І. Полубояринова (1976) та В. А. Усольцева (1999), що вік дерева є найбільш інформативною характеристикою, яка визначає щільність. За рахунок вікової динаміки конуса наростання у напрямку від верхівки до окоренка дерева відбуваються зміни у співвідношенні деревини з різним вмістом фізіологічно обумовленої вологи.

Графічна інтерпретація зміни природної та базисної щільності структурних компонентів фітомаси гілок за віком, діаметром і висотою дерев наведена на рис. 4.13–4.18.

Таблиця 4.8

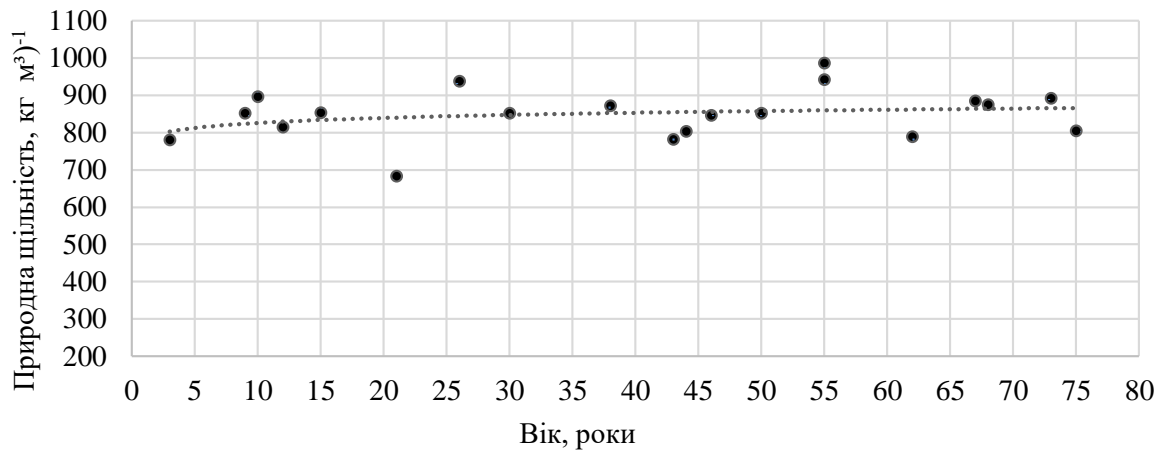
Коефіцієнти кореляції середньої природної та базисної щільності гілок з таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації

Таксаційні показники дерев	Середня щільність компонентів фітомаси гілок крони					
	природна			базисна		
	деревина	кора	гілки крони у корі	деревина	кора	гілки крони у корі
<i>a</i> , років	+0,24	+0,25	+0,20	+0,25	+0,24	+0,16
<i>d</i> _{1,3} , см	+0,14	+0,18	-0,20	+0,22	+0,18	-0,23
<i>h</i> , м	+0,15	+0,40	-0,20	+0,19	+0,25	-0,13

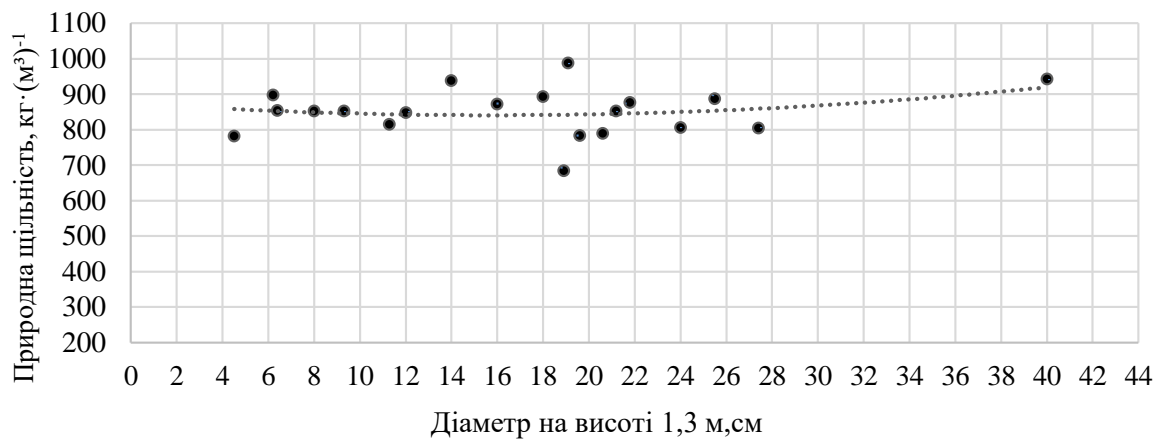
Для розуміння закономірностей зміни щільності деревини гілок зі збільшенням значень таксаційних параметрів були використані лінії тренду, які вказують на помірне збільшення абсолютних значень природної щільності деревини гілок та гілок крони у корі зі збільшенням віку, діаметра стовбура та висоти дерева. Встановлено широкий діапазон значень природної щільності: щільність деревини гілок – $684\text{--}987 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$; щільність кори гілок $473\text{--}703 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$; щільність гілок у корі – $658\text{--}909 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$. Це може бути обумовлено значною залежністю цієї якісної характеристики компонентів фітомаси крони від інтенсивності дії абіотичних чинників, переважно забезпечення ґрунту вологою. Неоптимальне забезпечення дерев водою та елементами мінерального живлення, як надмірне

зволоження так і його дефіцит, впливають на формування природної щільності фітомаси.

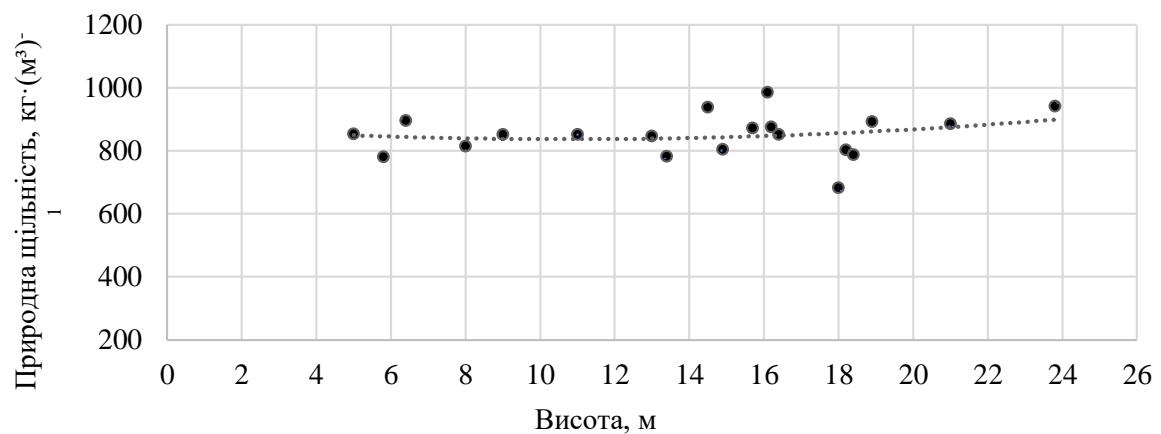
а)



б)



в)



4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

Рис. 4.13. Залежність природної щільності деревини гілок робінії несправжньоакації від параметрів дерева: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

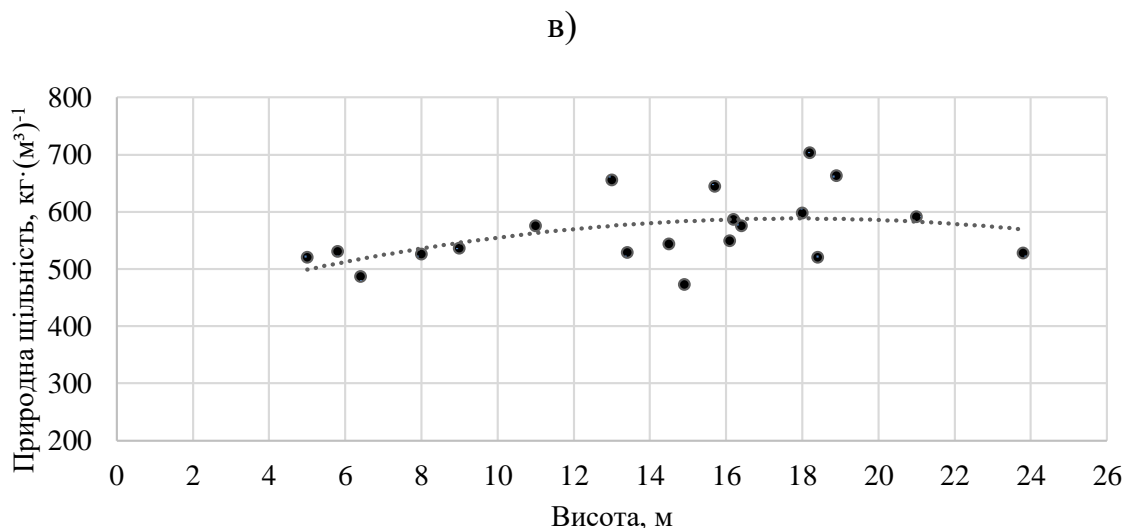
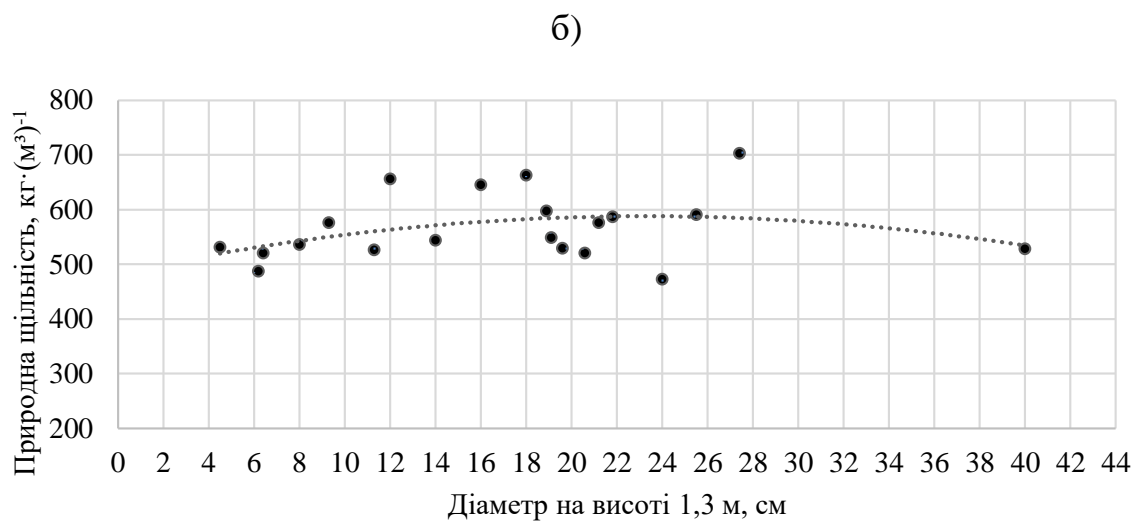
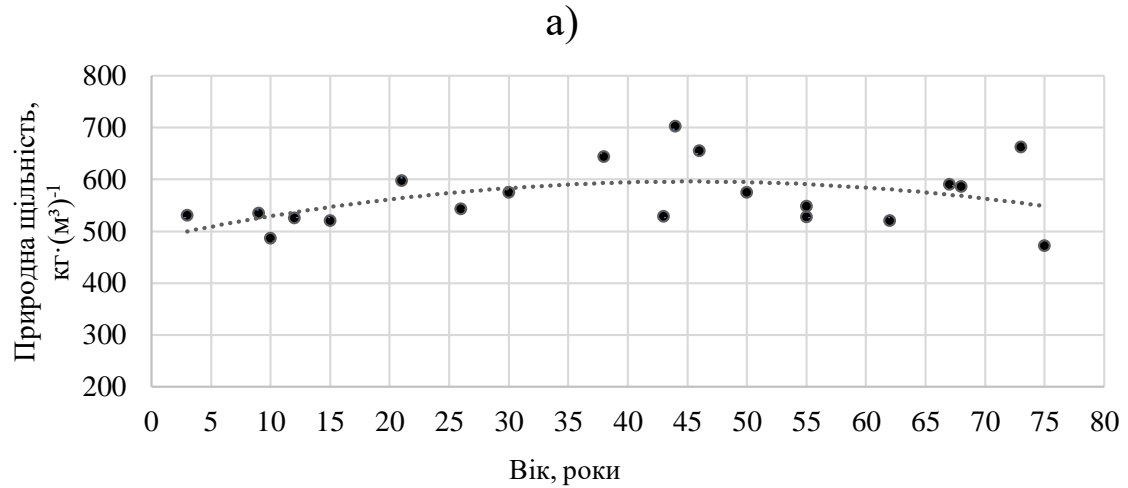
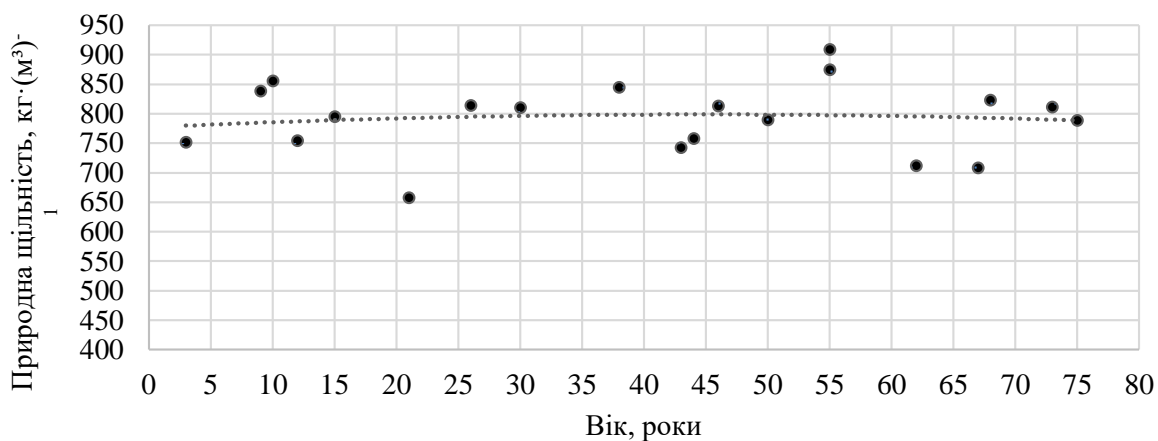
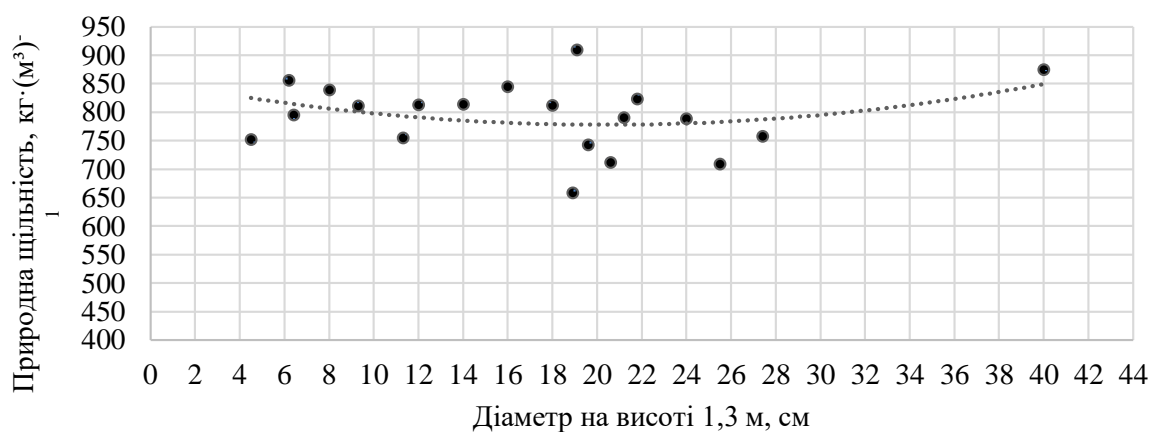


Рис. 4.14. Залежність природної щільності кори гілок робінії
від параметрів дерева: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

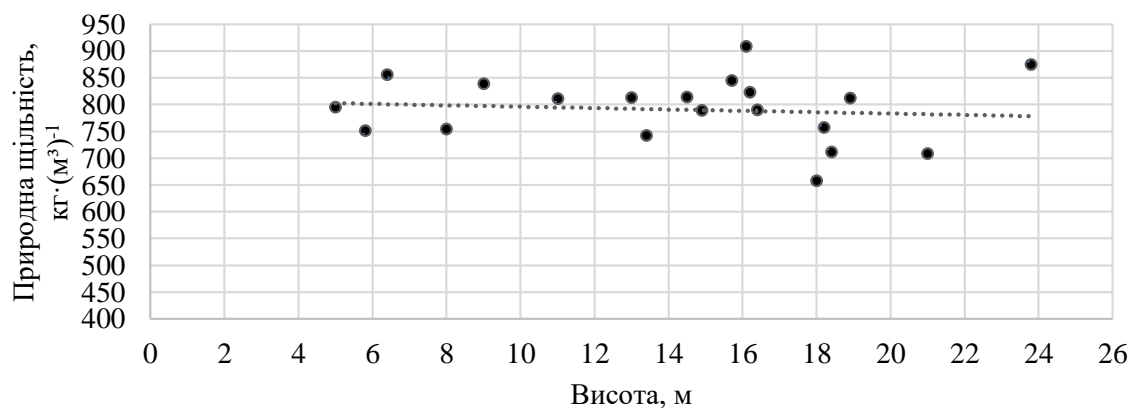
а)



б)



в)



4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

Рис. 4.15. Залежність природної щільності гілок крони у корі робінії несправжньоакації від параметрів дерева: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

Нестача ґрунтової та атмосферної вологи, що є лімітуючим абіотичним чинником у Байрачному степу України, у деревних рослин може призводити до інтенсифікації лігніфікації та збільшення товщини клітинних стінок, що і позначиться на природній щільності компонентів надземної фітомаси гілок.

За даними графічного аналізу базисна щільність деревини гілок є залежною від таксаційних параметрів дерева: з віком, збільшенням значень діаметра та висоти дерева збільшується і значення пошукової якісної характеристики структурного компонента фітомаси крони (рис. 4.16).

Можливо це обумовлено функціонуванням елементів провідної тканини флоєми: висхідний рух асимілянтів за ситоподібними клітинами у першу чергу забезпечує вуглеводами меристеми конусів наростання верхівкових пагонів та гілок крони.

Значення базисної щільності гілок крони варіюють у таких межах: щільність деревини – $390\text{--}611 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$; щільність кори $230\text{--}429 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$; щільність гілок у корі – $408\text{--}588 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$.

Подальші дослідження якісних характеристик фітомаси гілок дерев робінії несправжньоакації здійснювали на основі математичного моделювання, при цьому використовували різні комбінації таксаційних параметрів дерев, які виступали за фактори впливу (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

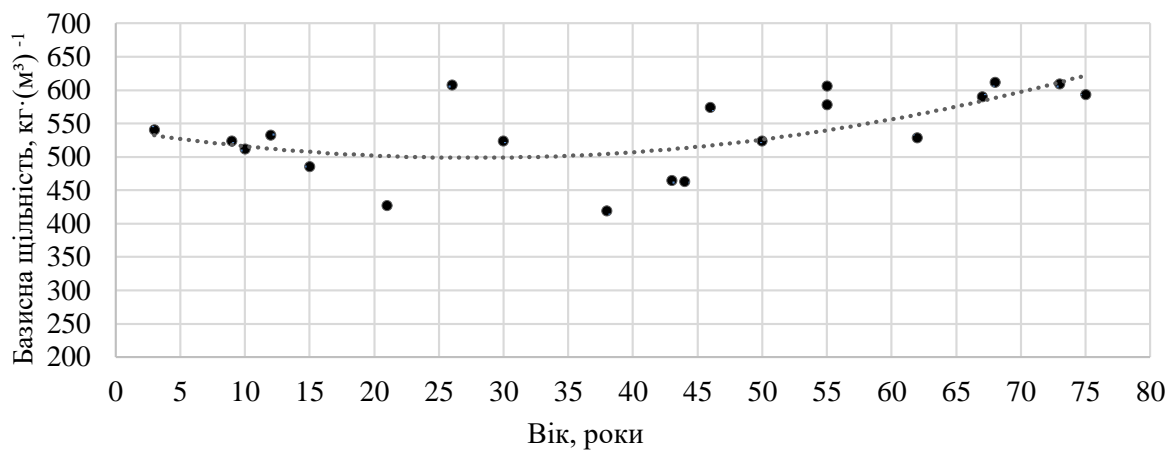
Моделі оцінювання базисної і природної щільності гілок дерев робінії несправжньоакації у Байрачному степу України

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації	F-тест
Базисна щільність деревини гілок			
4.12	$P_{\text{л} \delta}^{\text{зіл}} = 520,88 \cdot a^{0,063} \cdot d^{-0,053} \cdot h^{-0,024}$	0,25	11,73
Базисна щільність кори гілок			
4.13	$P_{\text{лк}}^{\text{зіл}} = 230,61 \cdot d^{0,205} \cdot h^{0,358}$	0,42	16,18
4.14	$P_{\text{л} \delta}^{\text{зіл}} = 242,39 \cdot a^{0,086} \cdot d^{-0,271} \cdot h^{0,294}$	0,49	17,88
Базисна щільність гілок у корі			
4.15	$P_{\text{л} \delta}^{\text{зіл}} = 540,77 \cdot a^{0,103} \cdot d^{-0,167}$	0,48	16,65
4.16	$P_{\text{л} \delta}^{\text{зіл}} = 507,24 \cdot a^{0,094} \cdot d^{-0,239} \cdot h^{0,113}$	0,52	21,11
Природна щільність деревини гілок			
4.17	$P_{\delta}^{\text{зіл}} = 816,70 \cdot a^{0,053} \cdot d^{-0,060} \cdot h^{0,009}$	0,55	18,23

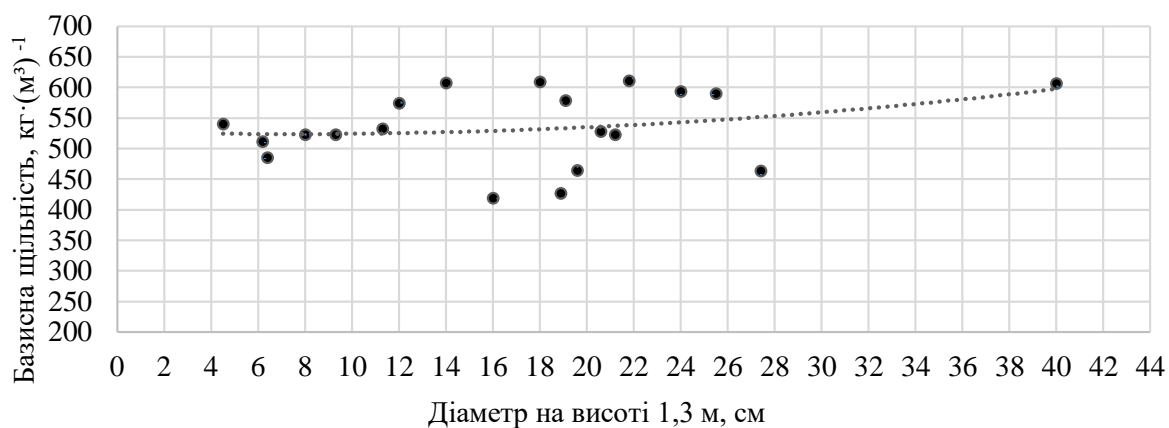
С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
 ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Природна щільність кори гілок			
4.18	$P_{\kappa}^{sil} = 404,76 \cdot a^{0,019} \cdot d^{-0,195} \cdot h^{0,311}$	0,56	20,18
Природна щільність гілок у корі			
4.19	$P_{\partial\kappa}^{sil} = 837,56 \cdot a^{0,046} \cdot d^{-0,049} \cdot h^{-0,032}$	0,47	19,76

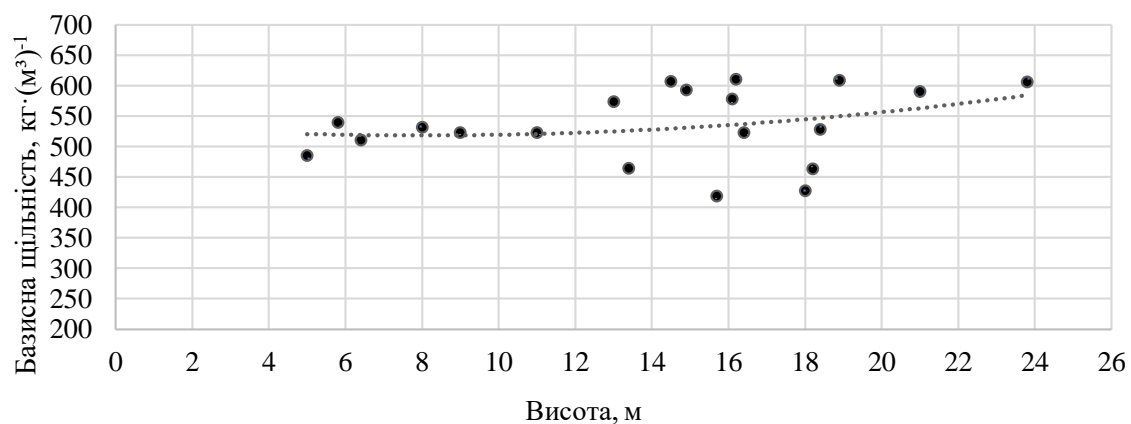
а)



б)



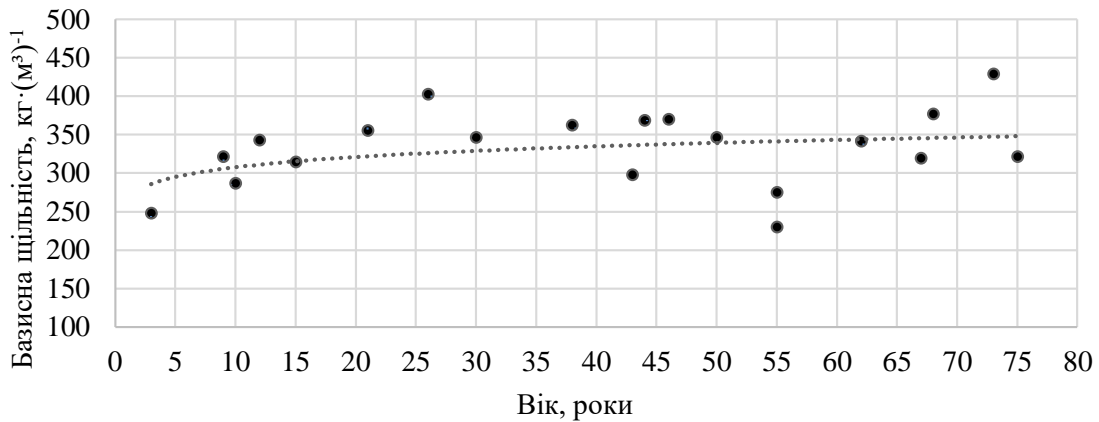
в)



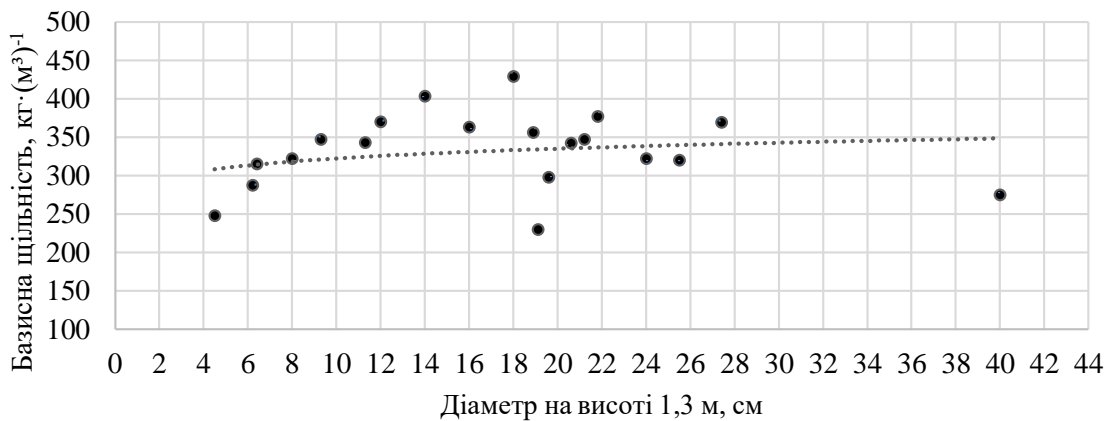
4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

Рис. 4.16. Залежність базисної щільності деревини гілок робінії несправжньоакації від параметрів дерева: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

а)



б)



в)

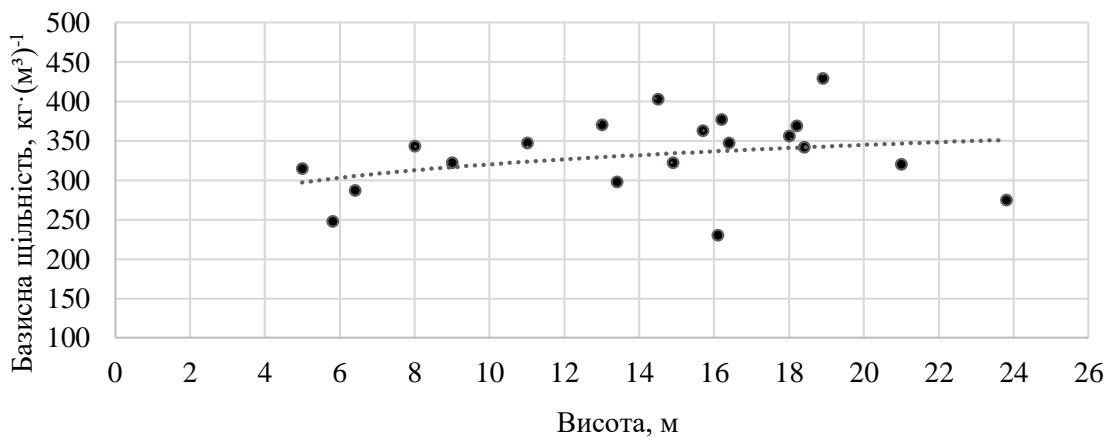
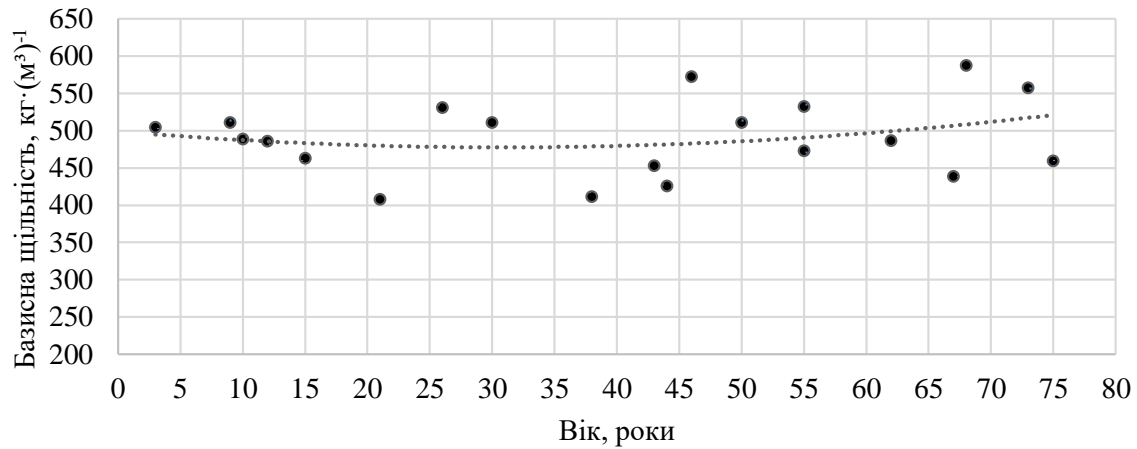
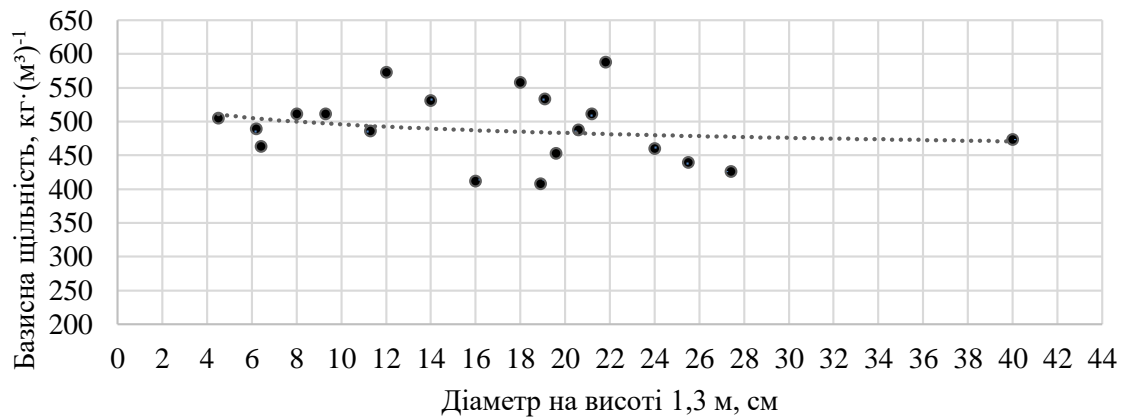


Рис. 4.17. Залежність базисної щільності кори гілок робінії
несправжньоакації від параметрів дерева: а) – віку; б) – діаметра;
в) – висоти

а)



б)



в)

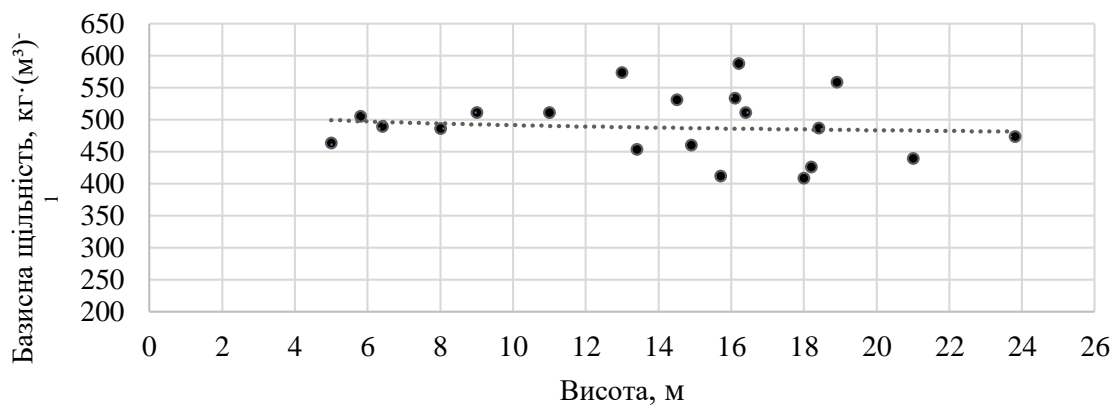


Рис. 4.18. Залежність базисної щільності гілок крони у корі робінії несправжньоакації від параметрів дерева: а) – віку; б) – діаметра; в) – висоти

Розроблені математичні моделі оцінювання базисної та природної щільності деревини й кори гілок та гілок крони у корі характеризуються статистично достовірними значеннями коефіцієнтів детермінації й Фішера, які перевищують їх критичні значення, що обумовлює їхнє доцільне й ефективне застосування у практиці лісового господарства Байрачного степу України. Найбільш інформативними виявилися моделі за умови одночасного введення до рівняння трьох аргументів впливу – віку, діаметра стовбура та висоти дерев.

4.4. Якісні показники фракції листя дерев

Ріст і формоутворення дерев робінії несправжньоакації й розвиток структури деревостанів цього лісотвірного виду є генетично обумовленими й визначаються екологічними факторами та лісокультурними і лісогосподарськими заходами. Фракція листя, як елемент інтегральної надземної фітомаси рослини, визначає здійснення фотосинтезу, результатом якого є депонування вуглецю, продукування органічної речовини та забезпечення газової функції рослин – виділення кисню.

Асиміляційна діяльність листя визначає функціонування деревних рослин загалом та спричиняє значущий вплив на активність камбію й формування деревини. Відзначається пряма залежність між розмірами продуктивного асиміляційного апарата й об'ємом деревини, яка наростає щорічно (Р. Г. Синельщиков & Л. В. Песина, 1984; S. Sytnyk, V. Lovynska, & I. Lakyda, 2017). Зменшення обсягу асиміляційного апарата рослини призводить до зниження інтенсивності діяльності камбію, деградації провідних тканин та зменшення площі перерізу річних кілець (О. И. Полубояринов, 1976; В. А. Усольцев, 1999).

Для оцінювання частки листя у фракції деревної зелені, вмісту абсолютно сухої речовини у свіжому листі та пошуку залежностей зазначених характеристик асиміляційної складової фітомаси від

основних таксаційних показників дерев здійснювали статистичне й кореляційне аналізування (табл. 4.10, 4.11). Вихідні дані для здійснення математичного моделювання наведені у Додатку Б.

Фактичні значення асиметрії та ексцесу є нижчими за критичні теоретичні ($A - 0,723$ ($p \leq 0,01$), $E - 0,843$ ($p \leq 0,01$)) (А. В. Янцев, 2012).

Таблиця 4.10

**Основні статистики розподілу якісних показників фракції
 листя дерев робінії несправжньоакації**

Показники фракції листя, %	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	стандартне квадратичне відхилення	асиметрія	ексцес
p_l	32,1	78,4	58,6	10,7	-0,182	-0,392
s_l	0,342	0,523	0,423	0,034	0,301	0,588

Частка листя у фітомасі деревної зелені характеризується від'ємним значенням асиметрії, що свідчить про зсув кривої розподілу за цими ознаками ліворуч та від'ємним значенням ексцесу, що демонструє плосковершинність кривої розподілу.

Таблиця 4.11

**Коефіцієнти кореляції показників фракції листя із
 таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації**

Показники фракції листя, %	Таксаційні показники дерев		
	a , років	d , см	h , м
p_l	-0,10	-0,18	-0,17
s_l	+0,11	+0,14	+0,13

Достовірність отриманих коефіцієнтів кореляції оцінювали за значенням теоретичного стандартного коефіцієнта кореляції. Число ступенів свободи (n) у дослідженнях дорівнювало 60. За умови зазначеного числа ступенів свободи стандартний достовірний коефіцієнт кореляції дорівнює 0,25. Для оцінювання сили кореляційного зв'язку використовували загальноприйняті критерії Чеддока, згідно з якими абсолютне значення коефіцієнта кореляції менше 0,3 свідчить про слабкий зв'язок. За даними кореляційного аналізу можна констатувати, що якісні показники листяної фракції дерев робінії несправжньоакації не мають

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

достовірного зв'язку з основними таксаційними показниками дерев – віком, діаметром стовбура та висотою.

Результати досліджень дозволили встановити, що фракція листя у структурі деревної зелені має достатньо широкий діапазон значень: 32,1–78,4 %. Мінімальне значення шуканого показника зафіксовано у модельного дерева робінії несправжньоакації з такими таксаційними параметрами: $a = 16$ років; $d = 7,6$ см; $h = 8,3$ м, максимальне значення – $a = 73$ років; $d = 18,0$ см; $h = 18,9$ м.

Дані графічної інтерпретації (рис. 4.19) демонструють відсутність статистично достовірної залежності між часткою листя у деревній зелені та основними таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації – віком, діаметром стовбура та висотою. Проте необхідно зазначити, що спостерігається закономірність, на яку вказують лінії тренду: зі збільшенням віку, діаметра стовбура та висоти дерева частка листя у фракції деревної зелені зменшується. Мінімальне значення частки листя зафіксовано у дерева групи віку молодняків, максимальне – у перестиглого дерева, що узгоджується із концептом закономірного зменшення частки асиміляційної складової у фітомасі деревної зелені з віком. Цю закономірність можна пояснити тим, що з віком у структурі фітомаси крони досліджуваного виду збільшується частка грубих гілок із одночасним зменшенням чисельності дрібних гілок на яких формується листя.

На основі вихідних даних модельних дерев з використанням алометричної функції було розроблено трифакторні регресійні моделі, статистичну достовірність яких оцінено за коефіцієнтом детермінації та критерієм Фішера (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

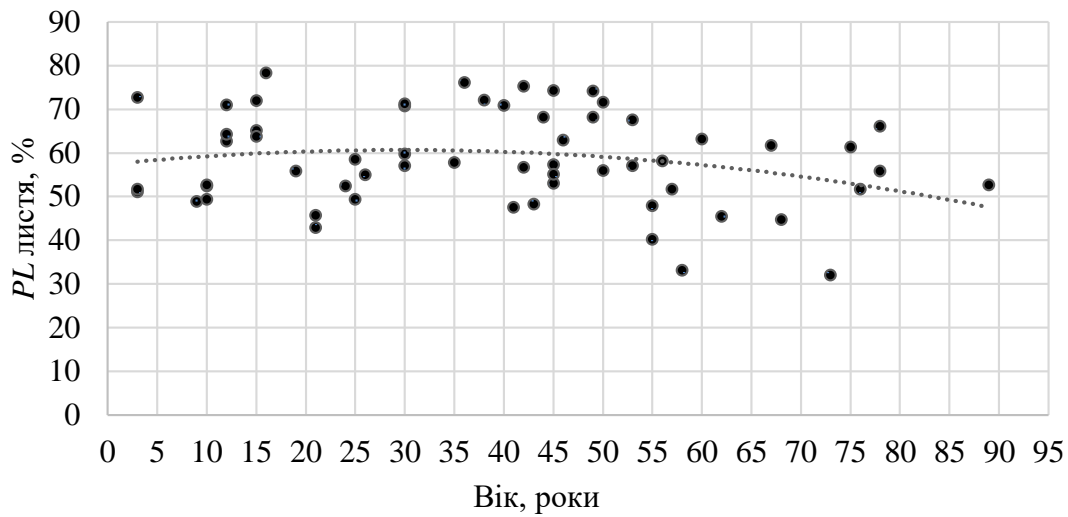
Моделі оцінювання частки листя у структурі фітомаси деревної зелені

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації	F-тест
4.20	$p_l = 66,136 \cdot a^{0,059} \cdot d^{-0,102} \cdot h^{-0,022}$	0,31	9,76
4.21	$s_l = 0,388 \cdot a^{0,023} \cdot d^{0,086} \cdot h^{0,093}$	0,35	11,49

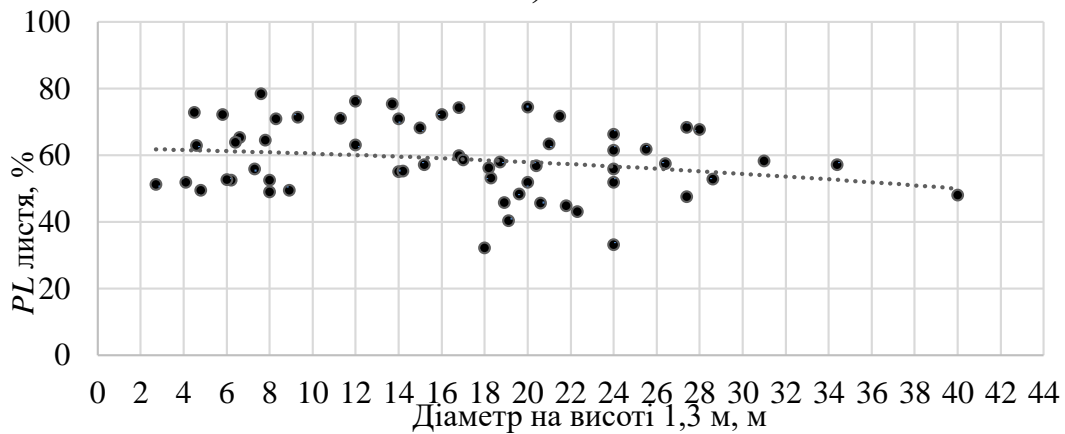
Від'ємні значення коефіцієнтів регресії та їх невеликі абсолютні значення підтверджують закономірність незначного

зменшення частки листя у структурі фітомаси крони зі збільшенням віку, діаметра стовбура та висоти дерева. Найбільший вплив на зменшення пошукового параметра

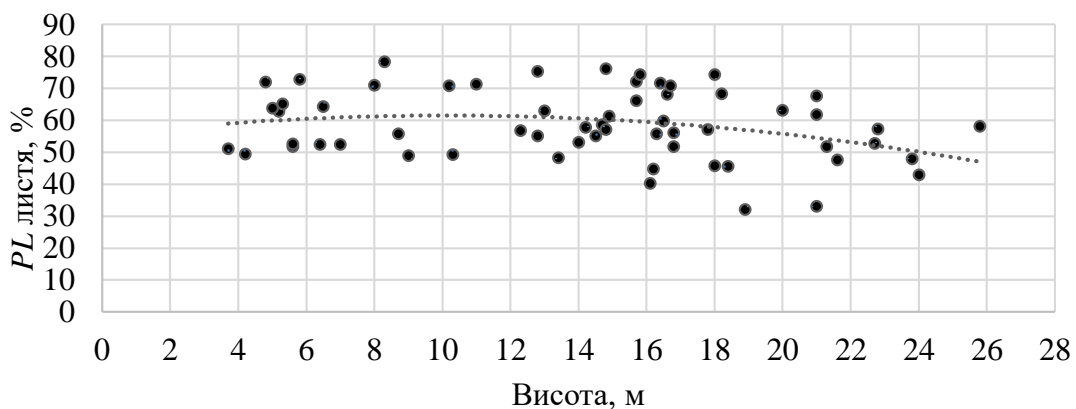
а)



б)



в)



4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

Рис. 4.19. Залежність частки листя у фракції деревної зелені від таксаційних показників дерева: а) – віку, б) – діаметра стовбура, в) – висоти

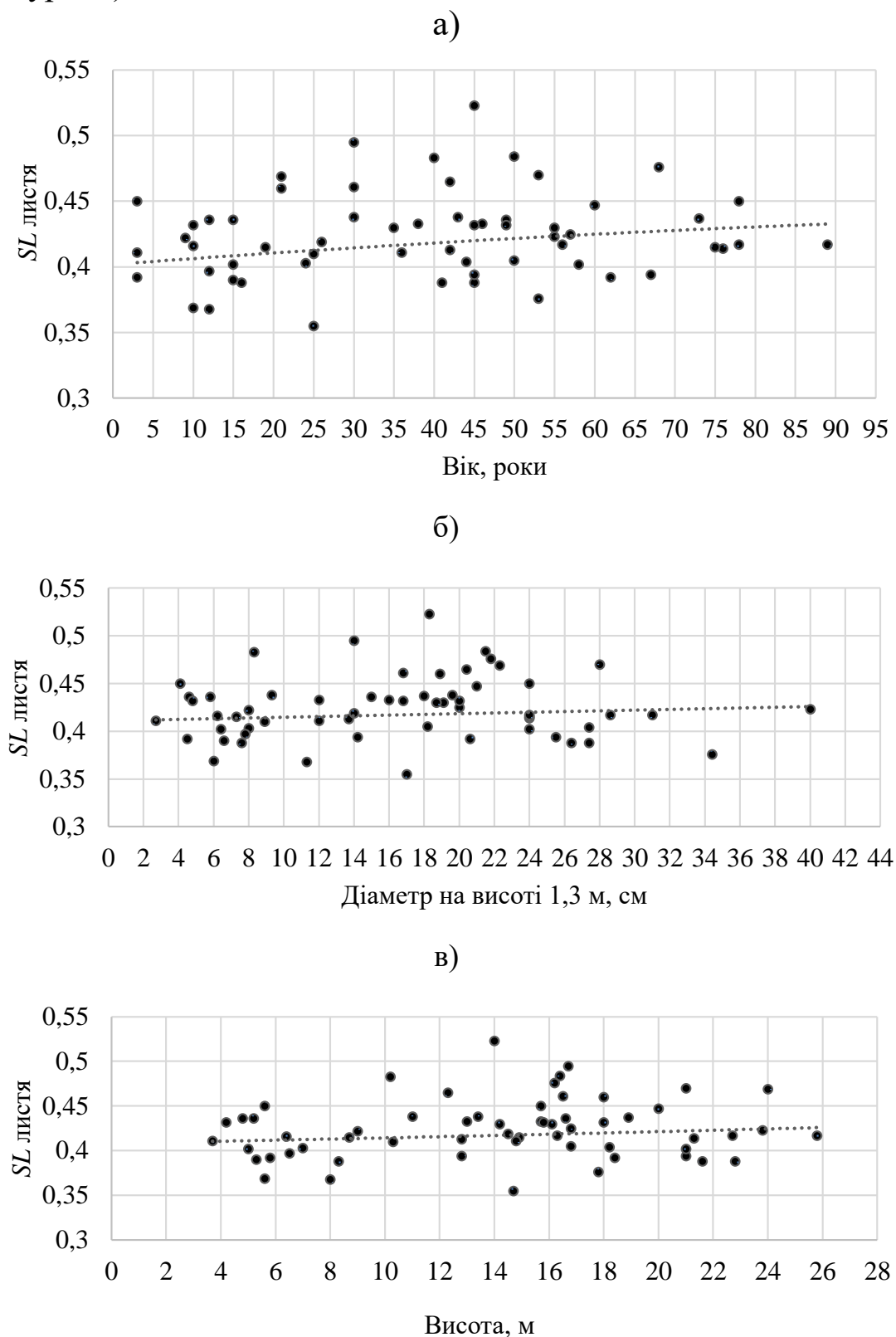


Рис. 4.20. Залежність частки абсолютно сухої речовини у листі від таксаційних показників дерева: а) – віку, б) діаметра стовбура, в) – висоти

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ

спричиняє збільшення висоти дерев робінії несправжньоакації. Для моделей оцінювання частки абсолютно сухої речовини характерні додатні значення коефіцієнтів, проте невеликі абсолютні значення.

Статистично значущої залежності зміни частки абсолютно сухої речовини у листі з віком, діаметром стовбура та висотою дерев робінії несправжньоакації дані рис. 4.20 не демонструють.

Для якісного характеристики асиміляційної фракції фітомаси – частки абсолютно сухої речовини наявне значне коливання абсолютних значень – 0,355–0,523. Це може спостерігатися для дерев, які мають майже однакові таксаційні показники, що знайшло підтвердження у отриманих результатах: мінімальне значення зафіксовано у модельного дерева з таксаційними параметрами – $d = 17,0$ см; $h = 14,7$ м, максимальне – $d = 18,3$ см; $h = 14,0$ м. Лінія тренду демонструє, що зі збільшенням значень таксаційних показників дерев є тенденція до підвищення значень частки абсолютно сухої речовини у листі.

У робінієвих насадженнях прослідковується швидке розростання корневих систем і крон дерев у перші роки та зниження його інтенсивності у подальшому (Н. А. Лохматов, 1999; F. Longuetaud et al., 2016). Вірогідно, це пов'язано із фізіологічною активністю рослин, розвитком кореневої системи та деструкцією провідних тканин. Характерним є значний рівень реалізації ростового потенціалу в сприятливих умовах зволоження та унеможливлення цієї реалізації у сухих та дуже сухих умовах місцезростань. Коренева система дерев робінії, зазвичай, не заглиблюється у ґрунт і не утворює стрижневого кореня у молодому віці, а утворює бічні розгалуження.

Таким чином, вищевикладене може впливати на забезпеченість вегетативних надземних органів водою, що позначається на вмісті абсолютно сухої речовини у асиміляційному апараті дерев робінії несправжньоакації.

РОЗДІЛ 5

БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

5.1. Моделювання надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації

Оцінювання екологічного та енергетичного потенціалу лісів має базуватися на визначені обсягів надземної фітомаси дерев і деревостанів лісотвірних видів. Особливості накопичення живої органічної речовини у лісових екосистемах на сучасному етапі розвитку лісової таксації досліджуються переважно методами математичного моделювання, з оцінюванням відповідних структурних компонентів надземної фітомаси дерев і деревостанів через розроблення регресійних рівнянь. Для оцінювання надземної фітомаси дерев і деревостанів у науковій літературі рекомендовано використання різних математичних функцій: лінійної функції – (А. И. Уткин, Н. Ф. Каплина, & Н. А. Ильина, 1978), параболи другого та третього порядків (А. З. Швиденко, С. Нильсон, & С. Столбовой, 2000; А. Shvidenko, D. Schepschenko, S. Nilsson, & Y. Bouloui, 2007), гіперболічної (Х. Г. Токмурзын & С. Б. Байзаков, 1975).

У лісовій таксації широкого застосування набув логарифмічний поліном першого порядку, або алометрична функція, використання якої вважають одним із найкращих способів апроксимації біологічних залежностей, константи алометричних рівнянь мають біологічну інтерпретацію, а ступенева функція – гнучкість (А. И. Уткин, Н. Ф. Каплина, & Н. А. Ильина, 1978; В. А. Усольцев, 1997; П. І. Лакида та ін., 2012; M. D. Mounford & R. G. Bunce, 1973).

Розроблення інформаційно-довідкового забезпечення оцінювання надземної фітомаси основних компонентів дерев і деревостанів робінії несправжньоакації є невід’ємною складовою процесу дослідження біотичної продуктивності деревостанів цього лісотвірного виду у Байрачному степу України.

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Пошук залежностей фітомаси структурних компонентів дерев проводилося на основі дослідних даних, зібраних у процесі польових досліджень. Діапазон віку модельних дерев – 3–89 років, діаметр стовбура на висоті 1,3 м – 2,7–40,0 см, висота – 3,7–25,8 м. Детальна характеристика таксаційних показників модельних дерев робінії несправжньоакації наведена у Додатку В.

Для комплексного дослідження структури надземної фітомаси дерев досліджуваного виду у лісостанах Байрачного степу України математичному моделюванню підлягали наступні компоненти.

Стовбур дерева: об'єм деревини стовбура; об'єм кори стовбура; об'єм стовбура у корі.

Крона дерева: фітомаса грубих гілок у корі у свіжозрубаному стані; фітомаса грубих гілок у корі у абсолютно сухому стані; фітомаса гілок з фракції деревної зелені у абсолютно сухому стані; фітомаса деревини грубих гілок у абсолютно сухому стані; фітомаса кори грубих гілок у абсолютно сухому стані; фітомаса гілок крони у абсолютно сухому стані; фітомаса деревної зелені у свіжозрубаному стані; фітомаса листя у абсолютно сухому стані.

На першому етапі математичного моделювання було здійснено статистичний аналіз вихідних дослідних даних модельних дерев робінії несправжньоакації – таксаційних характеристик дерев (табл. 3.12) та компонентів фітомаси дерев (табл. 5.1).

Статистична вибірка дослідних даних зі ступенем свободи 60 одиниць має критичне значення показника асиметрії (A) – 0,723 ($p \leq 0,01$), ексцесу (E) – 0,843 ($p \leq 0,01$) (А. В. Янцев, 2012). Розподіл значень таксаційних ознак модельних дерев робінії несправжньоакації (окрім фітомаси дрібних гілок у абсолютно сухому стані) є наближеним до нормального розподілу, оскільки отримані фактичні значення асиметрії та ексцесу є нижчими за відповідні критичні значення.

Наявні лише додатні значення асиметрії, що свідчить про зсув кривої розподілу ліворуч і переважання фактичних значень, які є нижчими за середнє арифметичне. Логарифми значень таксаційних ознак дерев не знижували мінливості абсолютних величин.

Таблиця 5.1

**Основні статистики розподілу таксаційних показників та
 компонентів надземної фітомаси дерев робінії
 несправжньоакації**

Показники дерев	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	стандартне квадратичне відхилення	асиметрія	експес
Абсолютні величини						
$v_{бк}, M^3$	0,001	0,856	0,167	0,2	0,692	0,870
v_k, M^3	0,001	0,498	0,062	0,1	0,082	0,091
v, M^3	0,002	1,354	0,228	0,1	0,100	0,570
$q_{д}^{2ил1}, кг$	0,7	66,9	13,8	14,2	0,779	0,278
$q_k^{2ил1}, кг$	0,2	17,3	4,1	4,0	0,683	0,697
$q_{2ил2}, кг$	1,0	84,0	17,9	18,0	0,732	0,988
$q_{2ил3}, кг$	0,2	17,0	3,9	3,7	1,026	1,149
$q_{2ил}, кг$	1,3	91,3	21,6	20,7	0,619	0,307
$q_l, кг$	0,1	13,4	3,4	3,1	0,863	1,134
Логарифми абсолютних величин						
$v_{бк}, M^3$	-0,16	-6,91	-2,59	1,58	-0,795	-0,243
v_k, M^3	-0,70	-6,71	-3,69	1,64	-0,555	-0,749
v, M^3	-0,30	-6,21	-2,29	1,58	-0,723	-0,472
$q_{д}^{2ил1}, кг$	-0,30	4,20	2,08	1,16	-0,428	-0,480
$q_k^{2ил1}, кг$	-1,61	2,85	0,88	1,17	-0,563	-0,256
$q_{2ил2}, кг$	-0,04	4,43	2,37	1,14	-0,430	-0,397
$q_{2ил3}, кг$	-1,66	2,83	0,86	0,96	-0,216	-0,191
$q_{2ил}, кг$	0,27	4,51	2,61	1,03	-0,288	-0,489
$q_l, кг$	-1,97	2,59	0,89	0,85	-0,563	1,113

Для встановлення форми та тісноти зв'язку між досліджуваними параметрами фітомаси стовбурів дерев робінії несправжньоакації здійснено кореляційний аналіз (табл. 5.2). Достовірність отриманих фактичних коефіцієнтів кореляції структурних компонентів фітомаси стовбура оцінювали за значенням теоретичного стандартного коефіцієнта кореляції.

Число ступенів свободи (n) у дослідженнях дорівнювало 60, за умови зазначеного числа стандартний достовірний коефіцієнт кореляції за Л. С. Камінським дорівнює 0,25. Усі отримані фактичні коефіцієнти кореляції є статистично достовірними.

Для оцінювання сили кореляційного зв'язку використовували загальноприйняті критерії Чеддока. За отриманими даними можна констатувати, що об'єми компонентів стовбура дерев робінії несправжньоакації мають достовірний

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

прямий сильний зв'язок з основними таксаційними показниками дерев – діаметром стовбура та висотою. Оберненого зв'язку між об'ємом структурних компонентів стовбура та показниками дерев робінії несправжньоакації не виявлено.

Таблиця 5.2

Коефіцієнти кореляції об'єму компонентів фітомаси стовбурів із таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації

Таксаційні показники дерев	Об'єм компоненту фітомаси стовбура, м ³		
	деревина стовбура	кора стовбура	стовбур у корі
<i>a</i> , років	+0,59	+0,59	+0,60
<i>d</i> , см	+0,93	+0,83	+0,91
<i>h</i> , м	+0,83	+0,68	+0,80

На основі даних статистичного аналізу здійснено розроблення регресійних рівнянь. Математичне моделювання базувалося на використанні алометричної функції, яка найчастіше знаходить застосування у дослідженнях біотичної продуктивності компонентів фітомаси дерев і деревостанів лісотвірних видів (П. І. Лакида & Л. М. Матушевич, 2006; П. І. Лакида, А. М. Білоус, & Р. М. Васишин, 2010; П. І. Лакида & О. П. Бала, 2012; П. І. Лакида & Г. А. Сахарук, 2013; D. M. Burner, D. H. Pote & A. Ares, 2006).

Для компонентів фітомаси стовбура дерев робінії несправжньоакації розраховані дво- і трифакторні математичні моделі (табл 5.3). Вихідні дані для моделювання наведені у Додатку В. У рівняння вводилися основні таксаційні ознаки дерев (*a*, *d*, *h*), які мають тісний зв'язок із шуканими показниками. Прикладного значення набувають рівняння, у яких використані фактори впливу – діаметр стовбура на висоті 1,3 м та висота дерев, які легко вимірюються у натурних умовах та використовуються для розрахунку інформаційно-довідкових даних оцінювання компонентів фітомаси дерев і деревостанів.

Усі отримані регресійні рівняння оцінювання компонентів фітомаси стовбура дерев робінії несправжньоакації адекватно описують дослідні дані, що підтверджено статистично

достовірними значеннями коефіцієнтів детермінації, критерієм Фішера та довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії.

Таблиця 5.3

**Моделі оцінювання об'єму структурних компонентів
 стовбурів дерев робінії несправжньоакації**

Номер моделі	Вид рівняння	R^2	F-тест
Об'єм деревини стовбурів дерев			
5.1	$v_{\text{ок}} = 5,5 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,583} \cdot h^{1,199}$	0,98	13,23
5.2	$v_{\text{ок}} = 8,0 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,632} \cdot h^{1,171} \cdot a^{-0,114}$	0,98	14,54
Об'єм кори стовбура дерев			
5.3	$v_{\text{к}} = 6,0 \cdot 10^{-6} \cdot d^{2,547} \cdot h^{0,592}$	0,94	15,34
5.4	$v_{\text{к}} = 4,0 \cdot 10^{-6} \cdot d^{2,534} \cdot h^{0,593} \cdot a^{-0,105}$	0,94	12,45
Об'єм стовбурів у корі дерев			
5.5	$v = 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,879} \cdot h^{1,045}$	0,99	11,36
5.6	$v = 5,2 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,891} \cdot h^{1,040} \cdot a^{-0,038}$	0,99	13,24

Показник степеня такого фактору впливу як вік дерева у всіх розроблених алометричних рівняннях має від'ємне значення. Зі збільшенням віку, за умови однакового значення діаметра стовбура на висоті 1,3 м і висоти дерева, значення об'єму деревини й кори стовбура та об'єму стовбура у корі зменшується. Показник степеня для діаметра стовбура та висоти дерева у математичних моделях мають додатні значення, що зумовлює збільшення об'єму компонентів фітомаси стовбура зі збільшенням зазначених таксаційних параметрів дерев робінії несправжньоакації.

Графічна інтерпретація динаміки об'єму стовбурів у корі дерев робінії несправжньоакації за сталої висоти, яку отримано з використанням моделі 5.5, наведено на рис. 5.1.

Екологічний потенціал дерев значною мірою зумовлений фітомасою крони. Сучасні дослідження параметрів крони дерев у природних лісах і лісових культурах, як складової аналізу екосистемних функцій лісів, є різноспрямованими, як за предметом, так і за об'єктом досліджень. Широко представлена географія досліджуваних лісів: Австрія (Н. Hasenauer & R. A. Monserud, 1996), Бразилія (L. F. Alves & F. A. Santos, 2002), Урал і Казахстан (С. Hoffmann & А. Usoltsev, 2002), Техас і Луїзіана (D. Chmura, M. Rahman, & M. Tjoelker, 2007). Структурні особливості

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

архітектоніки крон, пошук інформативних значущих алометричних моделей для оцінювання її об'єму є предметом досліджень для значної кількості лісотвірних видів: *Nothofagus Antarctica* (Forster) Oerst. (V. Gargaglione, P. Luis, & R. Gerardo, 2010), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (I. Roaki, S. Sillett, & A. Carroll, 2017), *Fagus sylvatica* L. (K. Husmann & B. Möhring, 2017).

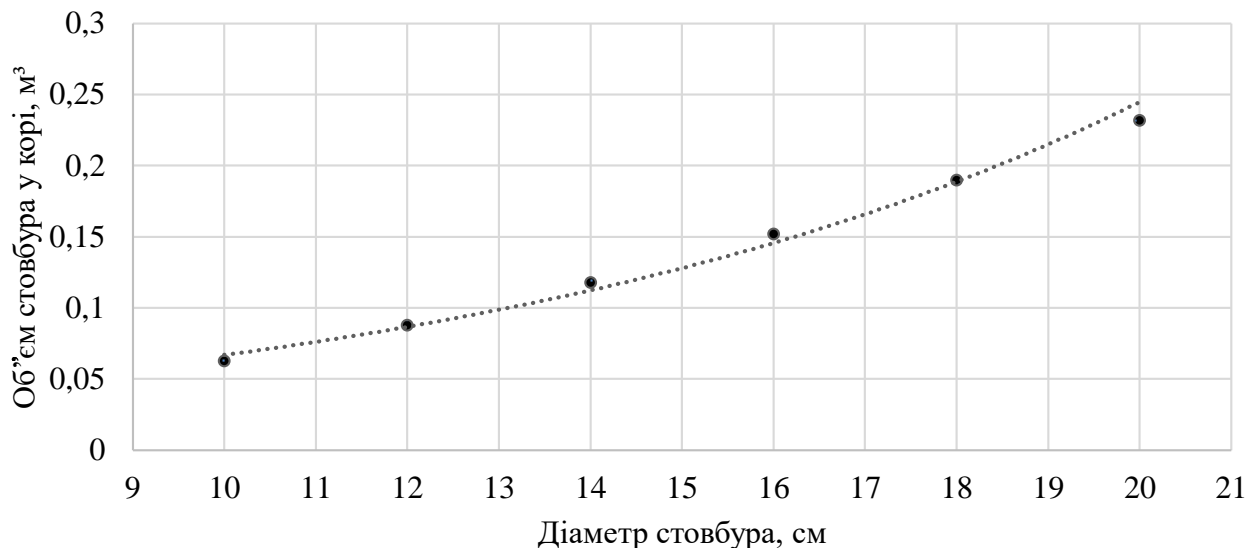


Рис. 5.1. Об'єм стовбурів дерев робінії несправжньоакації залежно від діаметра стовбура за сталої висоти $h = 16$ м

Базис моделювання параметрів крони – встановлення тісноти зв'язку між її морфометричними характеристиками, компонентами фітомаси та таксаційними ознаками дерев за даними кореляційного аналізу (табл. 5.4).

Отримані фактичні значення коефіцієнтів кореляції оцінювали за критичним стандартним достовірним коефіцієнтом, який при $n = 60$, дорівнює 0,25. Усі фактичні значення коефіцієнтів кореляції є статистично достовірними, тобто є більшими за його критичне значення для ступеня прогнозу $p \geq 95$ %. Визначено, що діаметр проекції крони дерев робінії несправжньоакації має достовірний прямий середньої сили зв'язок з фітомасою листя ($r = 0,68$). Протяжність крони у найбільшому ступені корелює із висотою дерева ($r = 0,75$). Об'єм крони характеризується сильним прямим зв'язком з площею бічної поверхні крони ($r = 0,98$), діаметром проекції крони ($r =$

0,90) та об'ємом стовбура ($r = 0,72$). Фітомаса гілок крони у корі та фітомаса деревної зелені мають тісний зв'язок із об'ємом стовбура, $r = 0,83$ і $r = 0,75$ відповідно.

Таблиця 5.4

Кореляційна матриця таксаційних показників дерев і параметрів крони дерев робінії несправжньоакації

Показники дерев	a	d	h	v	$q_{дз}$	$q_{зіл}$	$q_{л}$	$l_{кр}$	$d_{кр}$	$s_{кр}$	$v_{кр}$
a	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
d	0,76	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
h	0,75	0,90	1	–	–	–	–	–	–	–	–
v	0,60	0,91	0,80	1	–	–	–	–	–	–	–
$q_{дз}$	0,36	0,62	0,48	0,75	1	–	–	–	–	–	–
$q_{зіл}$	0,29	0,62	0,47	0,83	0,65	1	–	–	–	–	–
$q_{л}$	0,47	0,64	0,62	0,67	0,88	0,72	1	–	–	–	–
$l_{кр}$	0,62	0,67	0,75	0,61	0,47	0,43	0,64	1	–	–	–
$d_{кр}$	0,34	0,60	0,56	0,59	0,45	0,44	0,67	0,41	1	–	–
$s_{кр}$	0,46	0,69	0,66	0,74	0,53	0,61	0,67	0,63	0,93	1	–
$v_{кр}$	0,43	0,63	0,58	0,72	0,48	0,62	0,68	0,53	0,90	0,98	1

Розрахунок регресійних рівнянь для оцінювання фітомаси структурних компонентів крони дерев робінії несправжньоакації – гілок, деревної зелені та листя передбачав комбінаторику факторів впливу від двох до п'яти аргументів – морфометричних характеристик крони й таксаційних параметрів дерев. Розроблені математичні моделі наведені у табл. 5.5, графічна інтерпретація адекватних статистично значущих моделей оцінювання структурних компонентів фітомаси крони (5.9, 5.15 і 5.19) продемонстрована на рис. 5.2.

Показники степеня таксаційних характеристик дерев у математичних моделях 5.7–5.19 мають додатні значення, що свідчить про тенденцію до інтенсифікації накопичення фітомаси структурних компонентів крони зі збільшенням діаметра її проекції, протяжності та об'єму, що відповідає природі росту дерев робінії несправжньоакації.

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ
ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Таблиця 5.5

**Моделі оцінювання фітомаси структурних компонентів
крони дерев робінії несправжньоакації**

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації	F-тест
Фітомаса гілок крони у корі			
5.7	$q_{гил} = 0,4 \cdot 10^{-5} \cdot d^{3,069} \cdot h^{1,802} \cdot l_{кр}^{1,431}$	0,87	11,45
5.8	$q_{гил} = 0,14 \cdot 10^{-4} \cdot l_{кр}^{3,865} \cdot d_{кр}^{3,230}$	0,89	13,65
5.9	$q_{гил} = 8,223 \cdot v_{кр}^{0,012V_{кр}}$	0,58	14,21
Фітомаса деревної зелені			
5.10	$q_{дз} = 0,019 \cdot a^{0,606} \cdot d^{0,345} \cdot h^{0,423} \cdot l_{кр}^{0,480} \cdot d_{кр}^{0,789}$	0,86	9,32
5.11	$q_{дз} = 0,023 \cdot a^{0,651} \cdot d^{0,517} \cdot h^{0,519} \cdot d_{кр}^{0,770}$	0,85	12,58
5.12	$q_{дз} = 0,027 \cdot a^{0,635} \cdot d^{0,520} \cdot l_{кр}^{0,539} \cdot d_{кр}^{0,821}$	0,86	17,3
5.13	$q_{дз} = 0,044 \cdot a^{-0,738} \cdot d^{0,223} \cdot d_{кр}^{0,518}$	0,85	13,34
5.14	$q_{дз} = 0,144 \cdot d^{0,678} \cdot l_{кр}^{0,630} \cdot d_{кр}^{0,472}$	0,83	8,21
5.15	$q_{дз} = 6,740 \cdot v_{кр}^{0,012V_{кр}}$	0,51	7,32
Фітомаса листя			
5.16	$q_{л} = 0,024 \cdot d^{-0,010} \cdot h^{0,824} \cdot l_{кр}^{0,970} \cdot d_{кр}^{0,366}$	0,75	14,21
5.17	$q_{л} = 0,025 \cdot d^{0,401} \cdot l_{кр}^{0,987} \cdot d_{кр}^{0,366}$	0,74	11,12
5.18	$q_{л} = 0,059 \cdot d^{0,678} \cdot l_{кр}^{0,921}$	0,70	16,67
5.19	$q_{л} = 1,669 \cdot v_{кр}^{0,009V_{кр}}$	0,52	9,11

У розрахованих рівняннях наявні статистично значущі коефіцієнти детермінації, їх фактичні значення перевищують критичне значення ($R^2 = 0,25$), що обумовлює коректне практичне використання математичних моделей з метою оцінювання фітомаси структурних компонентів крони дерев робінії у лісостанах Байрачного степу України.

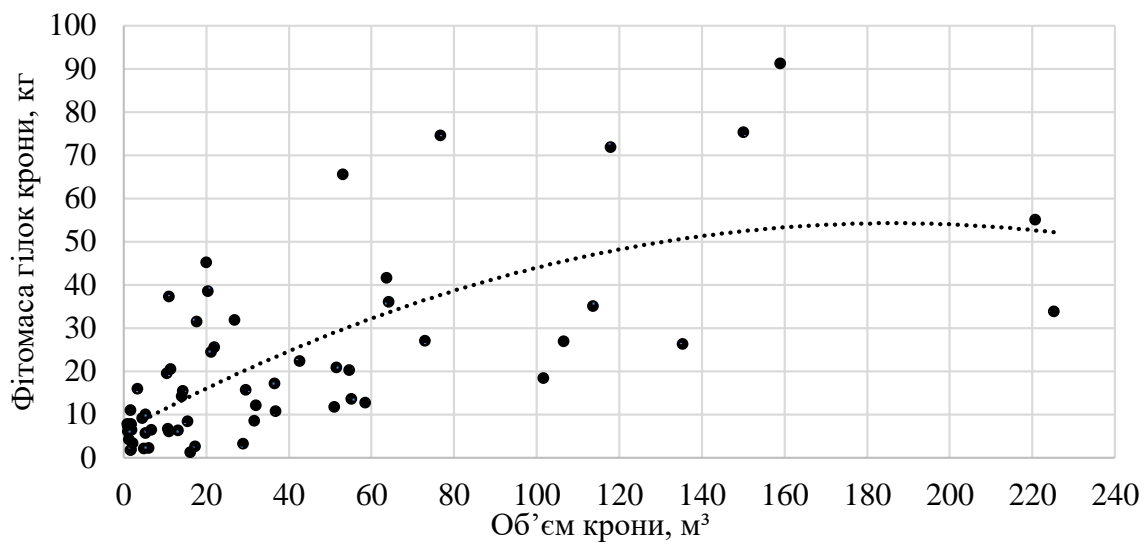
Доступність вимірювання у натурних умовах таксаційних показників дерев, обумовило пошук інформативних математичних моделей, у яких висота дерева та діаметр стовбура на висоті 1,3 м виступають як фактори впливу:

$$q_i = k_0 \cdot d^{k_1} \cdot h^{k_2}, \quad (5.20)$$

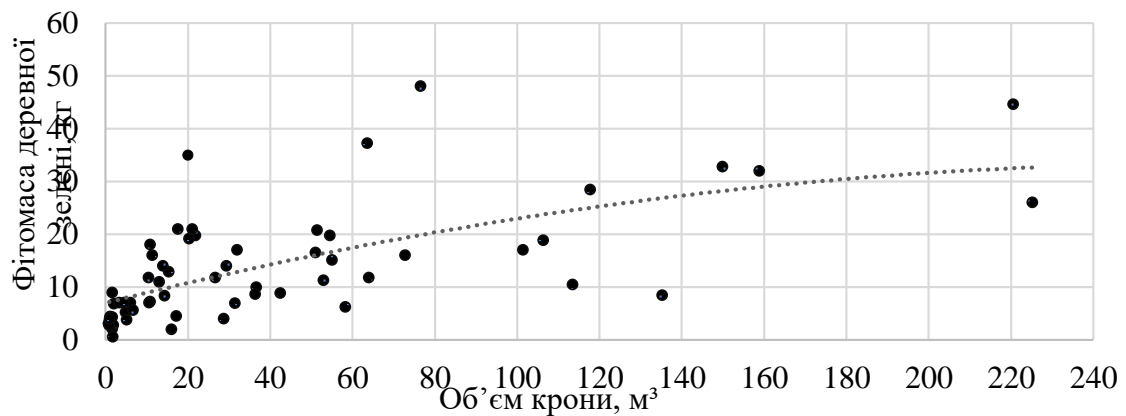
де q_i – структурний компонент фітомаси крони, k_0, k_1, k_2 – коефіцієнти регресії.

Значення отриманих коефіцієнтів регресії та статистичні характеристики алометричних рівнянь наведено у табл. 5.6.

а)



б)



в)

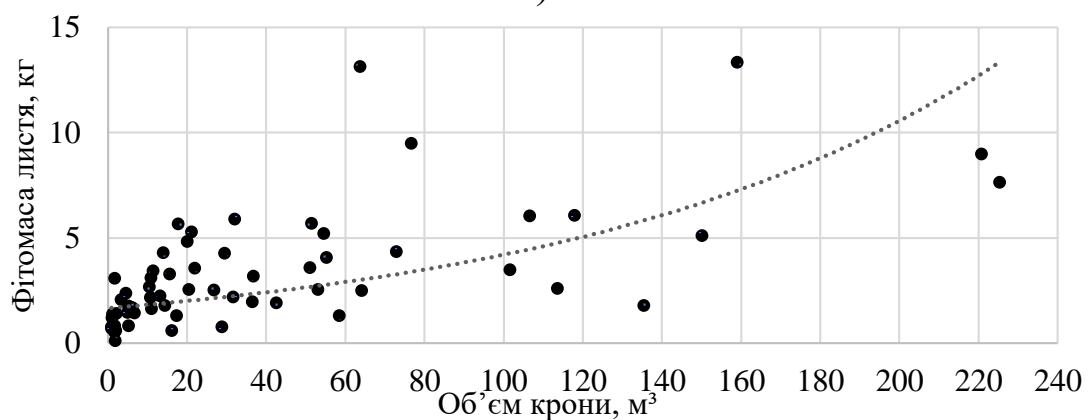


Рис. 5.2. Залежність фітомаси гілок крони у корі (а), деревної зелені (б) та листя (в) від об'єму крони дерев робінії несправжньоакації

Таблиця 5.6

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Характеристики моделей оцінювання фітомаси структурних компонентів крони дерев робінії несправжньоакації

Номер моделі	Компонент надземної фітомаси	Коефіцієнти рівнянь			Критерії рівняння	
		k_0	k_1	k_2	R^2	F -тест
Свіжозрубаний стан						
5.21	Гілки грубі у корі	0,152	0,948	0,924	0,70	29,16
5.22	Деревна зелень	0,308	0,753	0,603	0,70	29,35
Абсолютно сухий стан						
5.23	Гілки дрібні у корі	0,051	0,723	0,805	0,60	16,16
5.24	Деревина грубих гілок	0,088	0,899	0,907	0,68	25,67
5.25	Кора грубих гілок	0,035	0,859	0,837	0,68	23,68
5.26	Гілки грубі у корі	0,123	0,890	0,890	0,69	26,49
5.27	Гілки крони	0,166	0,868	0,871	0,71	29,04
5.28	Листя	0,059	0,637	0,816	0,59	24,46

Адекватність розроблених моделей підтверджена за критерієм Фішера, розрахункове значення якого для усіх отриманих рівнянь перевищувало його критичне значення, яке за умови числа ступенів свободи $n = 60$ і кількості аргументів впливу $m = 2$, дорівнює 3,16. Графічна інтерпретація залишків отриманих регресійних рівнянь наведена на рис. 5.3.

Значення степеня таксаційних характеристик дерев (діаметра стовбура на висоті 1,3 м та висоти) у математичних моделях 5.21–5.28 мають додатне значення і свідчать про тенденцію до інтенсифікації накопичення фітомаси компонентів крони зі збільшенням значень діаметра стовбура на висоті 1,3 м і висоти дерева.

Статистична значущість отриманих моделей, досвід наукової школи П. І. Лакиди (П. І. Лакида, А. Г. Лащенко, & М. М. Лащенко, 2006; П. І. Лакида & Г. С. Домашовець, 2009; П. І. Лакида & І. В. Блищик, 2010; П. І. Лакида, А. М. Білоус, Р. Д. Васишин, Л. М. Матушевич, & Я. І. Макарчук, 2012; П. І. Лакида, П. С. Белюшко, & О. В. Морозюк, 2014; П. І. Лакида, В. В. Бокоч, Р. Д. Васишин, & А. Ю. Терентьев, 2015; П. І. Лакида & І. М. Матейко, 2016) у розробленні нормативів оцінювання фітомаси лісотвірних видів у інших природно-кліматичних зонах України зумовило використання рівнянь (5.1–5.6, 5.22–5.28) для розроблення таблиць інформаційно-довідкового забезпечення оцінювання компонентів надземної

фітомаси дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному та абсолютно сухому станах.

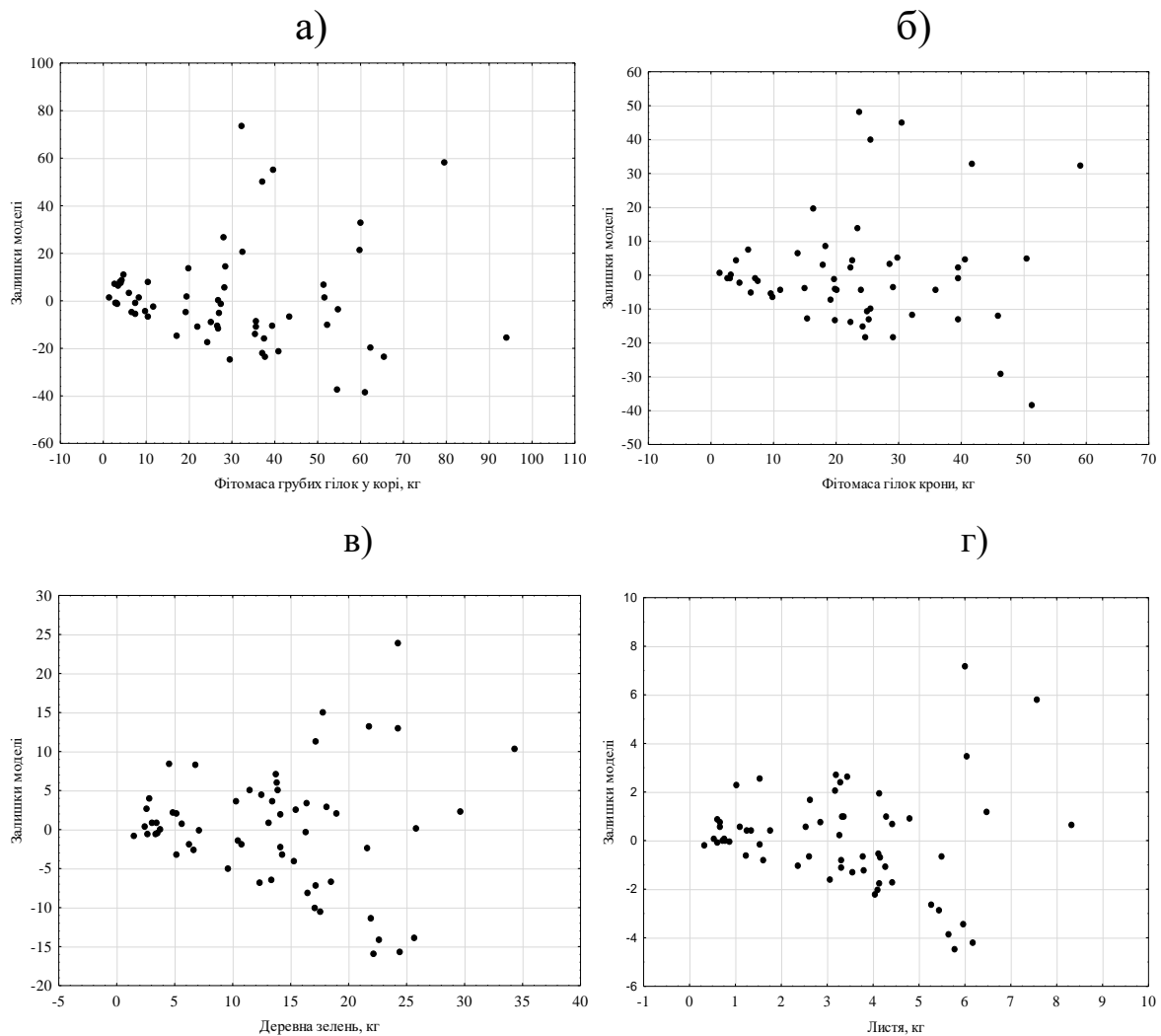


Рис. 5.3. Розподіл залишків регресійних рівнянь 5.21 (а), 5.27 (б), 5.22 (в), 5.28 (г)

Для розроблення таблиць інформаційно-довідкових даних оцінювання фітомаси дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому та свіжозрубаному станах використано середні значення якісних параметрів стовбурів і крон дерев робінії несправжньоакації у Байрачному степу України, які визначено у дослідженні:

- середня природна щільність деревини стовбурів – $848 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$,
- середня природна щільність кори стовбурів – $508 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$,

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

- середня природна щільність деревини стовбурів у корі – $779 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$,
- середня базисна щільність деревини стовбурів – $499 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$,
- середня базисна щільність кори стовбурів – $301 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$,
- середня базисна щільність деревини стовбурів у корі – $456 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$,
- вміст абсолютно сухої речовини у листі – 0,423.

Інформаційно-довідкові дані вагового оцінювання надземної фітомаси розраховано для дерев, висота яких знаходиться у межах від 4 до 28 м, діаметр стовбура на висоті 1,3 м – від 2 до 40 см включно. Фрагменти довідкових даних оцінювання компонентів фітомаси стовбурів дерев робінії у свіжозрубаному й абсолютно сухому станах наведено у табл. 5.7–5.11, повні інформаційно-довідникові дані фітомаси структурних компонентів дерев наведено у Додатку Г.

Таблиця 5.7

Фітомаса стовбурів у корі дерев робінії у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	4,3	6,5	9,0	–	–	–	–	–	–	–
6	7,6	11,4	15,7	20,5	–	–	–	–	–	–
8	11,7	17,3	23,5	30,6	38,4	–	–	–	–	–
10	–	24,0	32,4	41,8	52,1	–	–	–	–	–
12	–	31,4	41,9	54,3	67,4	81,7	–	–	–	–
14	–	–	53,2	67,9	84,0	101,4	120,2	–	–	–
16	–	–	64,9	82,7	102,0	122,7	144,9	195,4	–	–
18	–	–	–	98,5	121,1	145,4	171,4	199,0	–	–
20	–	–	–	115,3	141,4	169,4	199,3	231,1	264,7	–
22	–	–	–	–	163,0	194,9	228,8	264,8	302,9	343,0
24	–	–	–	–	185,5	221,5	259,8	300,2	342,9	387,8

Аналіз розроблених інформаційно-довідникових даних оцінювання фітомаси дерев робінії несправжньоакації показав, що реалізовані у них аргументи – діаметр стовбура на висоті 1,3 м та висота дерева повною мірою охоплюють характер мінливості кожного з досліджуваних компонентів фітомаси дерев. Збільшення значень, як висоти дерева, так і діаметра стовбура

спричиняє збільшення інтегрованої надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації.

Таблиця 5.8

Фітомаса грубих гілок у корі дерев робінії у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	2,9	3,8	4,7	–	–	–	–	–	–	–
6	4,3	5,6	6,9	8,2	–	–	–	–	–	–
8	5,7	7,4	9,1	10,7	12,4	–	–	–	–	–
10	–	9,1	11,2	13,3	15,3	–	–	–	–	–
12	–	10,8	13,3	15,8	18,2	20,6	–	–	–	–
14	–	–	15,6	18,2	21,0	23,8	26,5	–	–	–
16	–	–	17,8	20,7	23,9	27,0	30,1	33,2	–	–
18	–	–	–	23,1	26,7	30,2	33,7	37,1	–	–
20	–	–	–	25,6	29,5	33,4	37,2	41,0	44,8	–
22	–	–	–	–	32,3	36,5	40,7	44,9	49,0	53,1
24	–	–	–	–	35,1	39,7	44,2	48,8	53,2	57,7

Таблиця 5.9

Фітомаса деревної зелені дерев робінії у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	2,6	3,1	3,5	–	–	–	–	–	–	–
6	3,5	4,2	4,8	5,3	–	–	–	–	–	–
8	4,3	5,2	5,9	6,6	7,2	–	–	–	–	–
10	–	6,1	7,0	7,8	8,6	–	–	–	–	–
12	–	7,0	8,0	9,0	9,8	10,6	–	–	–	–
14	–	–	9,0	10,1	11,0	12,0	12,8	–	–	–
16	–	–	10,0	11,1	12,2	13,2	14,2	15,1	–	–
18	–	–	–	12,1	13,3	14,4	15,5	16,5	–	–
20	–	–	–	13,2	14,4	15,6	16,8	17,9	19,0	–
22	–	–	–	–	15,5	16,8	18,0	19,2	20,4	21,5
24	–	–	–	–	16,6	17,9	19,3	20,5	21,7	22,9

У діапазоні значень діаметра стовбура 14–18 см, які переважають у дерев віку стиглості досліджуваного виду у Байрачному степу України, надземна фітомаса дерев у абсолютно сухому стані складає 45,6–146,9 кг. Для дерев з таксаційними параметрами $d = 20$ см, $h = 20$ м, які є переважаючими у

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

досліджуваних насаджень загальна надземна фітомаса становить до 180 кг.

Таблиця 5.10

Фітомаса крони дерев робінії у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	3,3	4,2	5,1	–	–	–	–	–	–	–
6	4,6	5,9	7,1	8,3	–	–	–	–	–	–
8	5,9	7,4	9,0	10,6	12,0	–	–	–	–	–
10	–	8,9	10,8	12,6	14,5	–	–	–	–	–
12	–	10,4	12,6	14,8	16,9	19,0	–	–	–	–
14	–	–	14,3	16,7	19,1	21,4	23,7	–	–	–
16	–	–	16,0	18,8	21,4	24,0	26,6	29,1	–	–
18	–	–	–	20,6	23,5	26,5	29,3	32,1	–	–
20	–	–	–	22,5	25,7	28,8	32,0	35,1	38,1	–
22	–	–	–	–	27,8	31,2	34,7	38,0	41,2	44,5
24	–	–	–	–	29,9	33,6	37,2	40,8	44,3	47,9

Таблиця 5.11

Надземна фітомаса дерев робінії у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	5,8	8,0	10,4	–	–	–	–	–	–	–
6	9,1	12,6	16,3	20,4	–	–	–	–	–	–
8	12,8	17,5	22,9	28,6	34,6	–	–	–	–	–
10	–	23,0	29,9	37,3	45,3	–	–	–	–	–
12	–	29,0	37,6	46,8	56,6	67,2	–	–	–	–
14	–	–	45,6	56,8	68,6	81,2	94,7	–	–	–
16	–	–	54,3	67,6	81,5	96,4	112,2	128,7	–	–
18	–	–	–	78,7	95,0	112,3	130,4	149,6	–	–
20	–	–	–	90,5	109,1	128,8	149,6	171,5	194,3	–
22	–	–	–	–	123,9	146,1	169,7	194,3	219,9	247,0
24	–	–	–	–	139,3	164,3	190,5	217,9	246,6	276,8

Розраховані інформаційно-довідкові дані, окрім можливості здійснювати калькуляцію ваги фітомаси структурних компонентів дерев робінії несправжньоакації у лісостанах досліджуваного регіону, дозволяють одержати інформацію про структуру надземної фітомаси та її динаміку.

Для оцінювання співвідношення компонентів загальної надземної фітомаси дерев робінії у абсолютно сухому стані та їх динаміку за віком, здійснено розрахунок розподілу фітомаси за

фракціями у абсолютних значеннях (табл. 5.12) та відносних одиницях (рис. 5.4).

Аналіз результатів дозволяє констатувати, що зі збільшенням діаметра стовбура та висоти дерева відбувається значний перерозподіл структурних компонентів надземної фітомаси: значно збільшується частка фітомаси стовбура, як деревини, так і кори. У дерева вікової групи молодняків ($d = 4$ см, $h = 4$ м) деревина стовбура у складі надземної фітомаси складає до 35 %, тоді як у перестиглого дерева $d = 24$ см, $h = 24$ м – 69 %.

Таблиця 5.12

**Фракційний склад надземної фітомаси дерев робінії
 несправжньоакації**

Таксаційні параметри дерева		Надземна фітомаса дерева, кг					
		стовбур у корі		крона			
		деревина стовбура	кора стовбура	гілки			листя
				дрібні гілки	грубі гілки		
діаметр, см	висота, м				деревина	кора	
4	4	1,3	0,1	0,4	1,4	0,4	0,4
8	8	8,9	1,2	1,2	3,8	1,2	1,2
14	14	42,4	7,1	2,9	10,3	3,2	2,7
24	24	190,1	38,8	6,6	27,4	7,9	6,0

Участь компонентів крони, як гілок так і листя, у формуванні загальної надземної фітомаси з віком істотно зменшується. Співвідношення часток фітомаси стовбура до фітомаса крони мають наступні значення, (%): 38/62 ($d = 4$ см, $h = 4$ м); 58/42 ($d = 8$ см, $h = 8$ м); 72/28 ($d = 14$ см, $h = 14$ м); 82/18 ($d = 24$ см, $h = 24$ м). Частка асиміляційної складової дерев має низхідний тренд зі збільшенням їх таксаційних показників: 10,9 % ($d = 4$ см, $h = 4$ м); 6,8 % ($d = 8$ см, $h = 8$ м); 4,0 ($d = 14$ см, $h = 20$ м); 2,3 ($d = 24$ см, $h = 24$ м).

Встановлені для робінії несправжньоакації закономірності переважно є характерними для хвойних видів дерев, зокрема ялиці білої (*Abies alba* L.) (П. І. Лакида, Р. Д. Васишин, & О. М. Васишин, 2010).

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

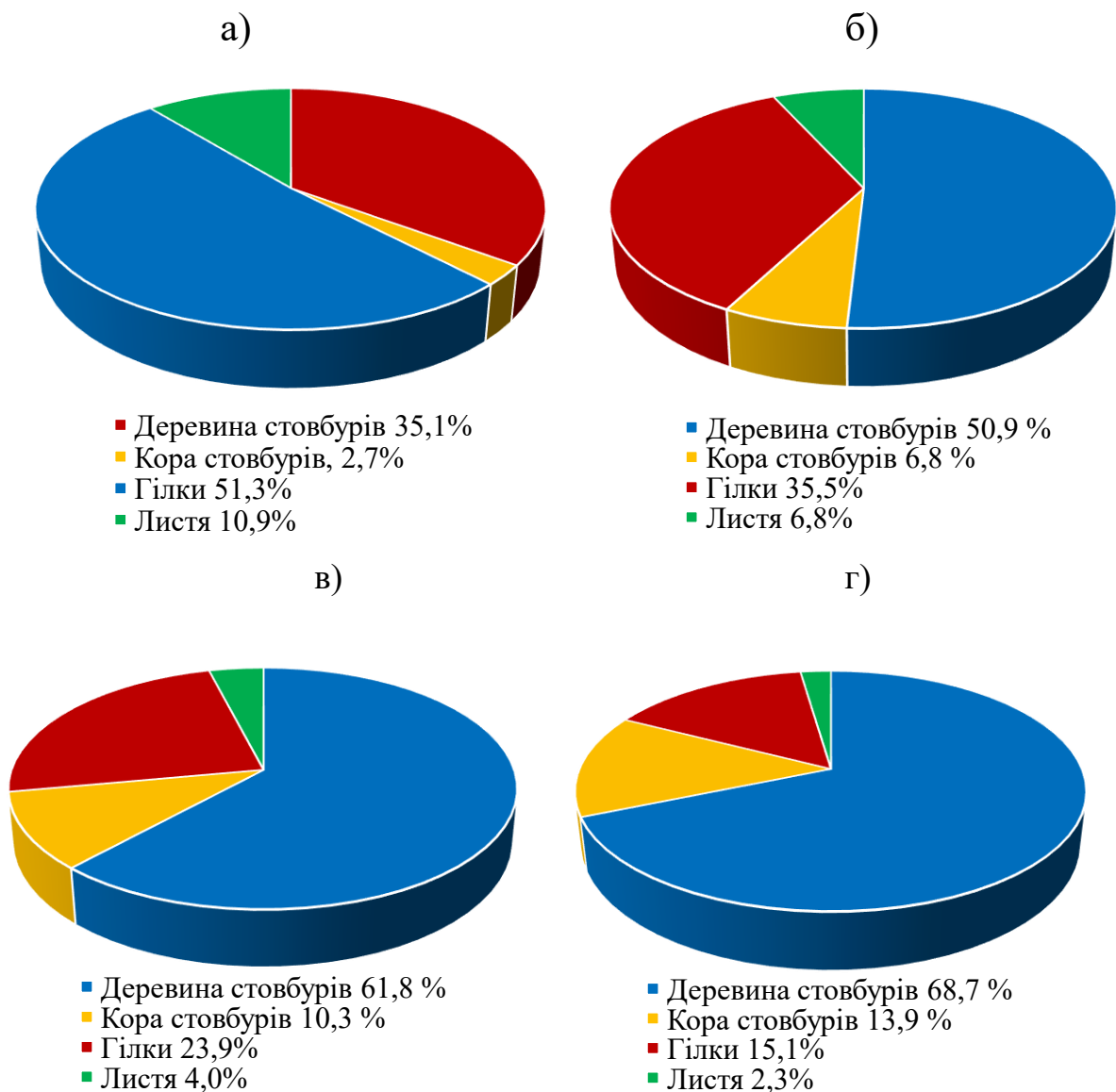


Рис. 5.4. Фракційна структура надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані: а) $d = 4 \text{ см}, h = 4 \text{ м}$; б) $d = 8 \text{ см}, h = 8 \text{ м}$; в) $d = 14 \text{ см}, h = 14 \text{ м}$; г) $d = 24 \text{ см}, h = 24 \text{ м}$

Отримані нами результати можна пояснити особливостями процесів росту й формоутворення твердолистяного листопадного лісотвірного виду робінії несправжньоакації у лісових насадженнях Байрачного степу. В основі змін морфоструктури крон дерев робінії несправжньоакації є хід та темпи утворення пагонів, продукування фітомаси та збільшення площі листя, характер виходу їх на максимальні рівні. Проте, хід та темпи інтенсифікації утворення пагонів і збільшення площі листя не весь

період у дерев робінії мають висхідний тренд. Н. А. Лохматов (1999) зазначав, що з розвитком робінієвого насадження відбувається зміна енергії зростання дерев робінії: абсолютні рівні пагоноутворення і площі листя у дерев до певного віку збільшуються, а потім – знижуються. Розміри дерев збільшуються весь час, а відповідного наростання пагонів і листя не відбувається. Цей розрив з віком збільшується: кількість пагонів і листя в одиниці об'єму крони зменшується, що обумовлює прогресивне наростання ажурності та прозорості крон. Зі збільшенням ажурності та прозорості крон дерев зазначеного виду з віком пов'язана інтенсифікація задерніння ґрунту у насадженні, яке призводить до послаблення зростання дерев. Наслідком таких змін у морфологічній структурі крон робінії є також огрубіння відпаду та підстилки у насадженнях. Вищезазначене може призводити до зменшення інтенсивності процесів наростання.

Порівняння отриманих результатів у дослідженні унеможливлене відсутністю досліджень біотичної продуктивності дерев робінії несправжньооакації за компонентами фітомаси у межах природного ареалу, природно-кліматичних зонах культивування та досліджень подібних за біоекологічними характеристиками листопадних твердолистяних лісотвірних видів у Байрачному степу України.

5.2. Моделювання надземної фітомаси структурних компонентів робінієвих деревостанів

Сучасний стан біосфери спонукає до розгляду екологічних функцій лісів, як найбільш дієвих регуляторних механізмів стабілізації порушеного природного балансу довкілля. Превалювання екологічних пріоритетів над економічними у лісогосподарській діяльності має зумовити перегляд наявної інструктивно-методологічної бази, яка є основою здійснення впорядкування лісових масивів та їх управління (П. І. Лакида, Р. Д. Васишин, & О. М. Васишин, 2010). Зазначена концепція передбачає розроблення лісотаксаційних нормативів оцінювання біотичної продуктивності лісів природних зон України на регіональному рівні. Державні лісовпорядні роботи не

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

передбачають здійснення таксації загальної фітомаси насаджень та її фракційного складу, оцінюванню підлягає лише стовбурова частина деревостану. Існуючі підходи не задовольняють потреби у інформації, яка є необхідною для розрахунку кількісного визначення депонування вуглецю, киснепродуктивності, енергетичного потенціалу, контамінації атмосферних поллютантів. Результати наукових досліджень вчених-лісівників мають спонукати до переходу лісовпорядкування до таксації окремих компонентів фітомаси лісостанів (Р. Д. Васишин, 2016).

Надземна фітомаса деревостанів лісотвірних видів, як домінуючий компонент біотичної продуктивності лісових екосистем, є комплексною біометричною характеристикою, яку доцільно визначити методами математичного моделювання. Емпіричні методи оцінювання надземної фітомаси лісів на основі репрезентативних вихідних даних, отриманих у результаті польових досліджень з використанням наземних методів лісової таксації довели свою дієвість і надійність. Застосування методів математичного моделювання для оцінювання й прогнозу біопродуктивності, екосистемних сервісів, а також імплементація цього методу у менеджмент лісів, практичну діяльність лісогосподарських підприємств набуває значного розвитку, як за географією, так і за лісотвірними деревними видами (Т. Ledermann & M. Neumann, 2006; M. Teobaldelli, Z. Somogyi, M. Migliavacca, & V. A. Usoltsev, 2009; V. Uri et al., 2012; K. Dolos, A. Bauer, & S. Albrecht, 2015; T. Nord-Larsen & A. T. Nielsen, 2015; M. D. Schepaschenko et al., 2018).

Застосування нелінійних алометричних моделей оцінювання біопродукційних процесів у лісах, їх екосистемних сервісів, визнана багатьма дослідниками як дієвий, доцільний і статистично достовірний інструмент сталого управління цими важливими екосистемами. Розроблені системи рівнянь оцінювання та прогнозування формування фітомаси й динаміки фіксації вуглецю, як на рівні індивідуального дерева, так і лісового насадження, використовують у менеджменті лісів різних країн – Італії (P. Gasparini et al., 2006), Естонії (Т. Kuznetsova, А. Lukjanova, М. Mandre, & К. Lõhmus, 2011), Німеччини (С. Böhm, А. Quinkenstein, D. Freese, 2011), Іспанії (F. Castedo-Dorado et

al., 2012), Польщі (А. М. Jagodziński, М. К. Dyderski, К. Gęsikiewicz, & Р. Horodecki, 2018), Франції (А. Albers, Р. Collet, А. Benoist, & А. Helias, 2019), Китаю (Х. An, Y. Wen, Y. Zhang, & S. Xu, 2019; М. Ishaq, В. Hung, & Q. Do, 2019), В'єтнаму (S. M. Phan, Н. Т. Т. Nguyen, Т. К. Nguyen, & С. Lovelock, 2019). Наведені у зазначених роботах системи лінійних і нелінійних рівнянь, як аргументи впливу, містять таксаційні параметри деревостанів, переважно середній діаметр, середню висоту та запас стовбурової деревини. У роботі J. Lin, С. N. Kroll, D. J. Nowak, & E. J. Greenfield (2019) здійснено порівняння функціональних спроможностей математичних моделей, які використовують для оцінювання екосистемних послуг лісових насаджень урбанізованих екосистем США, Китаю, Європи та перспективи їх імплементації до планування й управління лісами. Репрезентативним випадком розвитку технологій «Big Data» є приклад моделювання обсягів лісозаготівель з використанням вихідних даних, які отримують від систем автоматичного збору даних, якими оснащена сучасна лісорубна техніка. Транслокація вихідних даних, які є базисом моделювання реалізується за допомогою спеціального протоколу лісового господарства «StanFord» (D. A. Rossit, А. Olivera, V. V. Cespedes, & D. Broz, 2019).

В Україні, розроблення математичних моделей, розрахованих на основі вихідних експериментальних даних обліку фітомаси на тимчасових пробних площах, є головним напрямом досліджень вчених наукової школи П. І. Лакиди, які у результаті роботи отримують системи нормативів оцінювання загальної надземної фітомаси, її фракційного складу, депонування вуглецю для лісотвірних видів, які формують насадження у різних природних зонах – дуба звичайного Українського Полісся (П. І. Лакида & О. П. Бала, 2012; О. П. Бала, П. І. Лакида, Л. М. Матушевич, & І. П. Лакида, 2018), Поділля (П. І. Лакида, А. Г. Лащенко, & М. М. Лащенко, 2006), вільхи клейкої Західного Полісся (П. І. Лакида & І. В. Блищик, 2010); берези повислої Українського Полісся (П. І. Лакида & Л. М. Матушевич, 2006).

На сьогодні *Robinia pseudoacacia* набуває популярності, як вид для виробництва деревної біомаси – відновлювального

енергетичного ресурсу. Планації вирощування короткого циклу («short rotation coppices») закладені у США (В. С. Bongarten, А. Н. Dudley, & D. К. Apsley, 1992; Т. Е. Converse & D. R. Betters, 1995; L. J. Unruh Snyder, J. P. Mueller, J. M. Luginbuhl, & С. Brownie, 2007), Німеччині (С. Böhm, А. Quinkenstein, & D. Freese, 2011), Угорщині (К. Rédei et al., 2014). Закордонними дослідниками розроблені алометричні моделі оцінювання надземної фітомаси робінієвих насаджень віком 3–5 років, у яких середні висота і діаметр виступають у якості факторів впливу.

В Україні, у лісогосподарській області Байрачного степу, робінієві насадження набули широкого розповсюдження завдяки значній приживлюваності лісових культур, збереженості, швидкорослості та значному меліоративному потенціалу (Н. В. Ловелиус & Ю. И. Грицан, 1998; В. М. Зверковський, 1999; Н. А. Лохматов & Г. Б. Гладун, 2004; А. Н. Масюк, 2009). Проте, на даний час, система нормативів оцінювання біотичної продуктивності модальних робінієвих насаджень для природної зони степу не розроблена.

Біопродуктивність робінієвих лісостанів Байрачного степу України, яка у дослідженні оцінена за компонентами надземної фітомаси деревостанів, є основою кількісного вимірювання екосистемних сервісів лісових насаджень цього виду у регіоні. Підґрунтям математичного моделювання надземної фітомаси робінієвих деревостанів слугували таксаційні розробки К. Е. Никитина & А. З. Швиденка (1978), А. З. Швиденка (1987), П. І. Лакиди (2002). Інформаційне забезпечення оцінювання загальної надземної фітомаси деревостанів робінії несправжньоакації та її фракційного складу розроблено на основі одно- і багатофакторних залежностей структурних компонентів надземної фітомаси від основних таксаційних характеристик насаджень, які спричиняють статистично значущий вплив.

Математичне моделювання залежностей фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів здійснювали на основі робочого масиву вихідних дослідних даних, які характеризують досліджувані структурні компоненти надземної фітомаси та основні таксаційні ознаки деревостанів, що розглядалися як аргументи математичних рівнянь – вік насадження, середній

діаметр деревостану у корі на висоті 1,3 м, середня висота деревостану, відносна повнота деревостану.

Для встановлення закономірностей розподілу значень компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів та забезпечення адекватності математичних моделей проведено статистичний аналіз вихідних дослідних даних, у якому фітомасу компонентів стовбура, гілок у корі та листя розглянуто у абсолютно сухому стані, фітомасу деревної зелені – у свіжозрубаному. Характеристика загального масиву даних фракційного складу надземної частини робінієвих деревостанів тимчасових пробних площ представлена у Додатку Г.

Модуль описових статистик таксаційних характеристик досліджуваних деревостанів – віку, середнього діаметра, середньої висоти та відносної повноти деревостанів наведено у табл. 3.11, компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів у табл. 5.13.

Таблиця 5.13

Основні статистики розподілу значень структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів

Фітомаса деревостану	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	середнє квадратичне відхилення	асиметрія	ексцес
Абсолютні величини, т·га ⁻¹						
Ph_{δ}^{cm}	0,61	107,36	63,19	34,54	-0,795	-0,725
$Ph_{к}^{cm}$	0,03	23,43	13,22	7,56	-0,651	-0,857
Ph_{cm}	0,64	126,54	76,41	41,42	-0,860	-0,661
$Ph_{\delta z}$	4,53	26,80	12,47	5,81	0,627	0,183
$Ph_{гил}$	2,74	44,57	15,62	10,56	0,947	1,326
$Ph_{л}$	1,16	6,59	3,20	1,51	0,757	-0,161
Логарифми натуральних величин						
Ph_{δ}^{cm}	0,49	4,68	3,69	1,42	-2,044	3,589
$Ph_{к}^{cm}$	3,51	3,15	2,01	1,72	-2,306	5,230
Ph_{cm}	0,45	4,84	3,87	1,45	-2,077	3,744
$Ph_{\delta z}$	1,51	3,29	2,41	0,49	-0,210	-0,986
$Ph_{гил}$	1,01	3,80	2,50	0,79	-0,380	-0,982
$Ph_{л}$	0,15	1,89	1,03	0,49	0,010	-0,975

За результатами аналізу модуля описових статистик структурних компонентів фітомаси робінієвих деревостанів переважно спостерігається перевищення фактичних показників

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

асиметрії та ексцесу їх критичних значень ($A_{кр} = 0,711$, $E_{кр} = 0,843$, при $p \leq 0,01$), як у абсолютних числах, так і у логарифмах натуральних величин.

Фітомаса компонентів крони (гілок крони у корі, деревної зелені та листя) характеризується додатними значеннями асиметрії, що свідчить про зсув кривої розподілу праворуч, тобто наявне переважання фактичних значень, які є вищими за середнє арифметичне.

Від'ємні значення, як асиметрії, так і ексцесу, які встановлені для фітомаси компонентів стовбура демонструють плосковершинність кривої розподілу даних цих показників та їх зміщення ліворуч. Зменшення мінливості абсолютних значень досліджуваних параметрів логарифмуванням абсолютних величин не відбувається, проте середньоквадратичне відхилення логарифмів натуральних величин є значно меншими, ніж у абсолютних значень, і для структурних компонентів крони наближаються до нуля.

Для визначення тісноти зв'язків компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів з їх основними таксаційними показниками здійснено кореляційний аналіз (табл. 5.14).

Таблиця 5.14

Кореляційна матриця структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів з таксаційними ознаками

Показники деревостану	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>P</i>	Ph_{δ}^{cm}	Ph_{κ}^{cm}	Ph_{cm}	$Ph_{\delta z}$	Ph_{zil}	$Ph_{л}$
<i>A</i>	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>D</i>	0,84	1	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>H</i>	0,79	0,94	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>P</i>	0,44	0,49	0,54	1	–	–	–	–	–	–
Ph_{δ}^{cm}	0,87	0,83	0,88	0,65	1	–	–	–	–	–
Ph_{κ}^{cm}	0,69	0,85	0,90	0,64	0,89	1	–	–	–	–
Ph_{cm}	0,85	0,85	0,90	0,66	0,99	0,93	1	–	–	–
$Ph_{\delta z}$	0,24	0,32	0,41	0,51	0,41	0,45	0,42	1	–	–
Ph_{zil}	0,45	0,54	0,45	0,66	0,68	0,76	0,71	0,70	1	–
$Ph_{л}$	0,30	0,50	0,45	0,43	0,17	0,24	0,18	0,85	0,39	1

Аналізування значень розрахованих коефіцієнтів кореляції, які перевищували його критичне значення ($r = 0,42$) (М. Л. Горошко, С. І. Миклуш, & П. Г. Хом'юк, 2004) дозволило

констатувати прямий статистично достовірний, високий за тісністю зв'язок фітомаси структурних компонентів стовбурів деревостану з усіма таксаційними характеристиками, найтіснішим з яких є зв'язок із середньою висотою деревостану.

Коефіцієнти кореляції, наведені в табл. 5.14 демонструють наявність прямого середньої сили зв'язку між фітомасою компонентів крони і такими таксаційними показниками, як вік, середній діаметр, середня висота та відносна повнота, які найістотніше серед означених ознак деревостану впливають на накопичення фітомаси гілок крони у корі. Проте майже відсутній зв'язок маси фракцій деревної зелені та листя з віком деревостанів, так як коефіцієнти їхньої кореляції виходять за межі критичного значення.

Моделювання залежностей компонентів надземної фітомаси деревостанів робінії несправжньоакації у Байрачному степу України здійснювалося у двох напрямках, перший з яких, моделювання прямих залежностей, які характеризують кількісні параметри компонентів фітомаси та моделювання конверсійних коефіцієнтів, які встановлюють відношення структурних компонентів надземної фітомаси до стовбурового запасу деревостану у корі.

Зміст математичних моделей, які розроблено у дослідженні належним чином відображають основні закономірності предмета, який досліджуються та підлягає оцінюванню. Символи та позначення, які використовуються у математичних моделях, мають чітку інтерпретацію у дефініціях змодельованих об'єктів, які у випадку оцінювання фракційного складу надземної фітомаси насаджень є вимірюваними лісотаксаційними величинами.

Враховуючи результати модуля описових статистик та значень коефіцієнтів кореляції здійснено багатоваріантний пошук лінійних та нелінійних залежностей, спрямованих на розрахунок одно-, дво- і трифакторних регресійних рівнянь, які описують залежності між інтегральним показником функціонування деревостанів – надземною фітомасою та їх основними таксаційними показниками.

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

У результаті підбору різних комбінацій аргументів впливу у математичні рівняння вводилися таксаційні показники насадження, які значуще впливали на залежну змінну. Значущість впливу факторів на компоненти надземної фітомаси оцінювалася на 5-%-му рівні за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії. Розраховані статистично достовірні рівняння наведені у табл. 5.15.

Таблиця 5.15

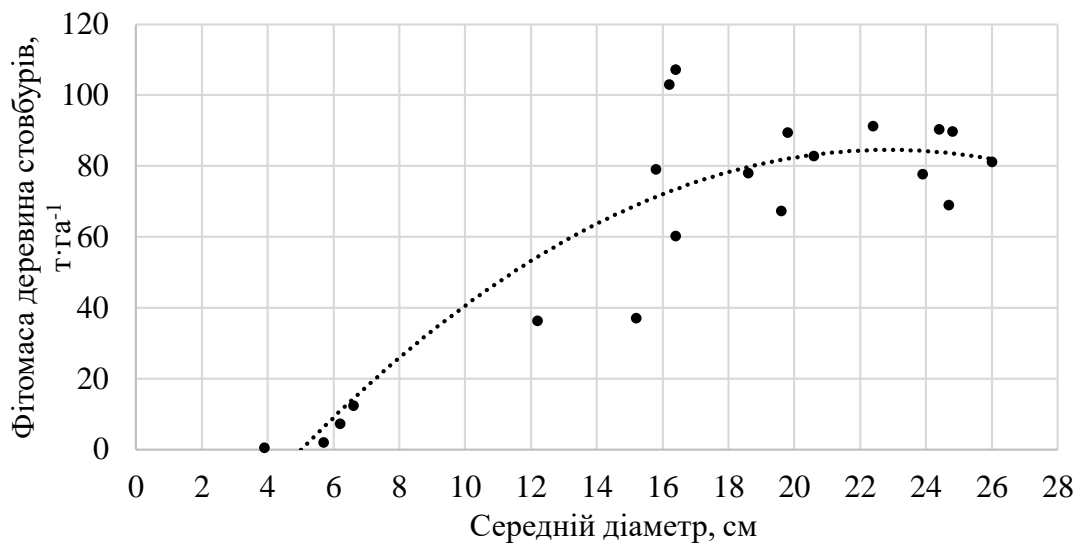
Моделі оцінювання компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів у Байрачному степу України

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації	F-тест
Фітомаса деревини стовбурів			
5.29	$Ph_{\delta}^{cm} = 1,636 \cdot A^{0,499} \cdot H^{0,661}$	0,91	16,43
5.30	$Ph_{\delta}^{cm} = 2,852 \cdot A^{0,160} \cdot D^{1,025}$	0,88	21,43
Фітомаса кори стовбурів деревостану			
5.31	$Ph_k^{cm} = 0,542 \cdot H^{1,224} \cdot P^{0,431}$	0,92	25,32
5.32	$Ph_k^{cm} = 0,707 \cdot A^{-0,121} \cdot D^{1,198}$	0,85	22,16
Фітомаса гілок крони у корі			
5.33	$Ph_{zil} = 0,475 \cdot A^{-0,307} \cdot H^{1,707}$	0,67	27,21
Фітомаса листя			
5.34	$Ph_l = 1,584 \cdot D^{-1,799} \cdot H^{2,121}$	0,64	22,14
Фітомаса деревної зелені			
5.35	$Ph_{\delta z} = 3,283 \cdot A^{-0,705} \cdot D^{0,898}$	0,41	18,39

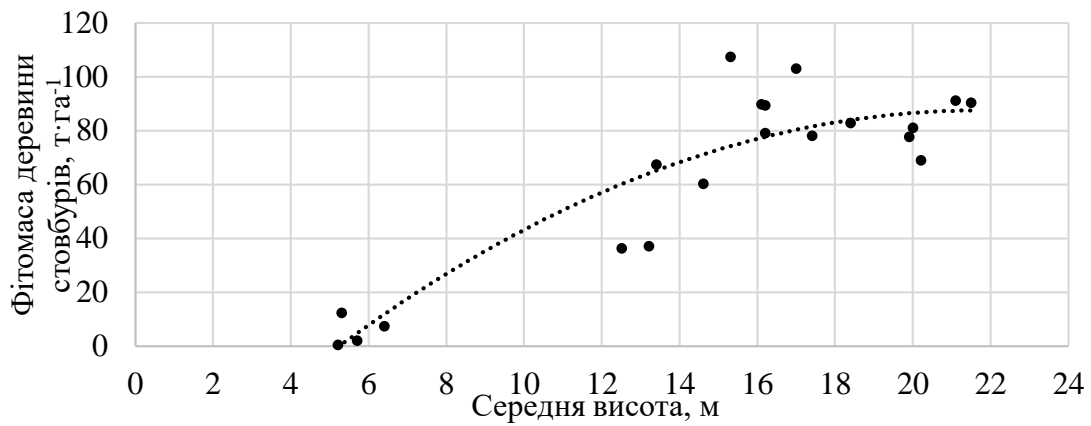
На рис. 5.5, 5.6 представлена графічна інтерпретація однофакторної залежності структурних компонентів фітомаси стовбурів робінієвих деревостанів від їх основних таксаційних показників.

У процесі функціонування лісових насаджень відбувається закономірне збільшення морфологічних показників дерев, що обумовлено їх ростом і розвитком. Одночасно з цим може відбуватися зменшення кількості стовбурів головного лісотвірного виду на одиницю площі за рахунок природного зріджування деревостанів та проведення рубок догляду. Відносна повнота модальних насаджень спричиняє суттєвий вплив на обсяги фітомаси компонентів надземної частини деревостанів.

а)



б)



в)

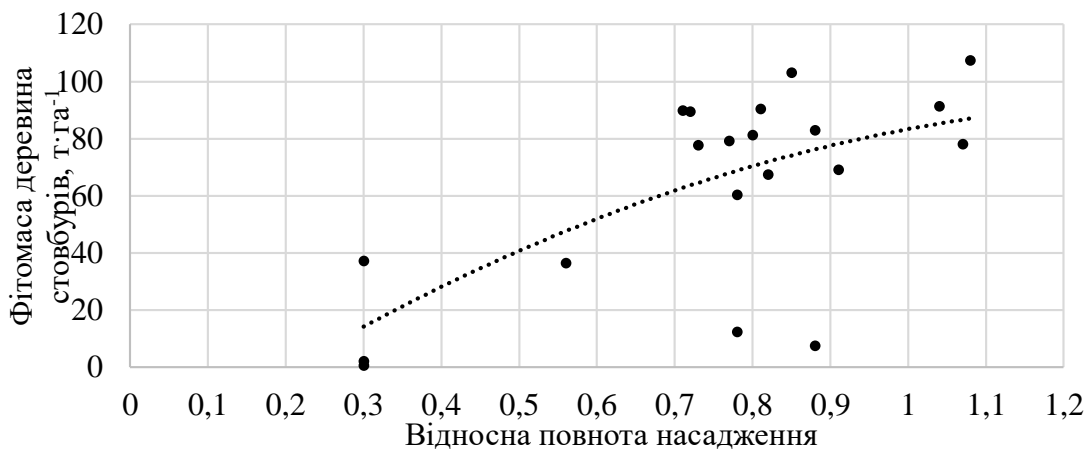
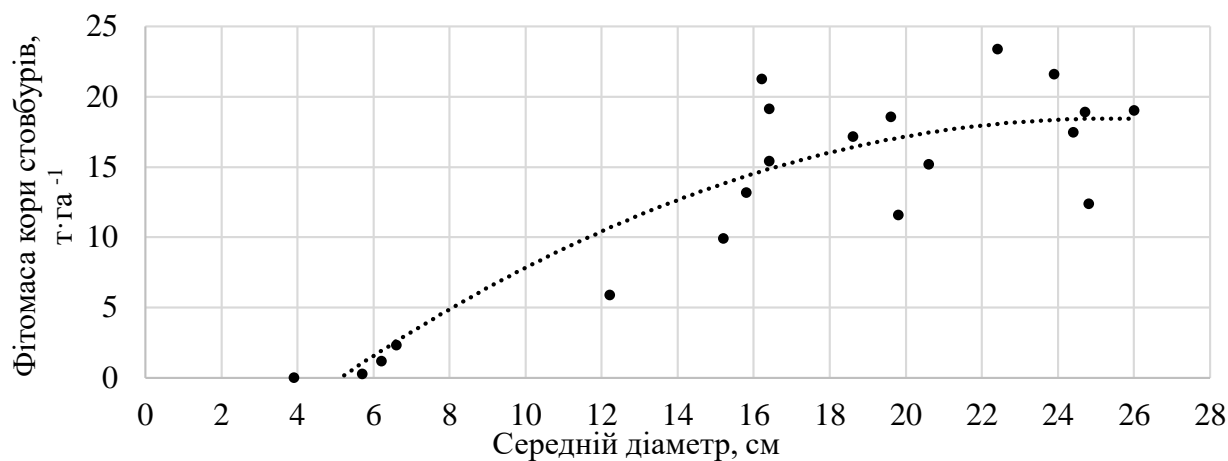


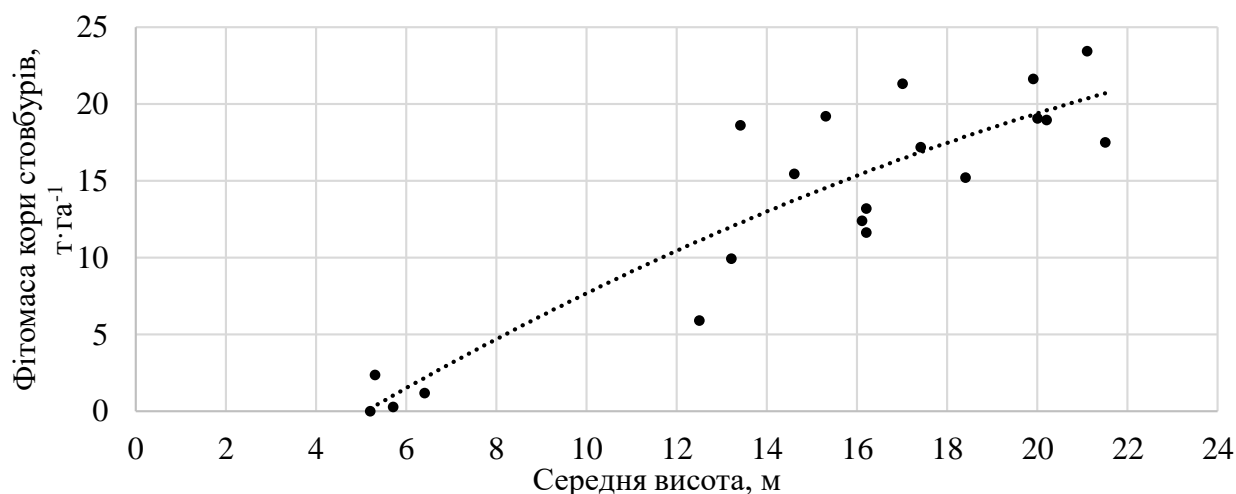
Рис. 5.5. Залежність фітомаси деревини стовбурів від таксаційних показників деревостану: а) – середнього діаметра деревостану; б) – середньої висоти деревостану; в) – відносної повноти деревостану

а)

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ



б)



в)

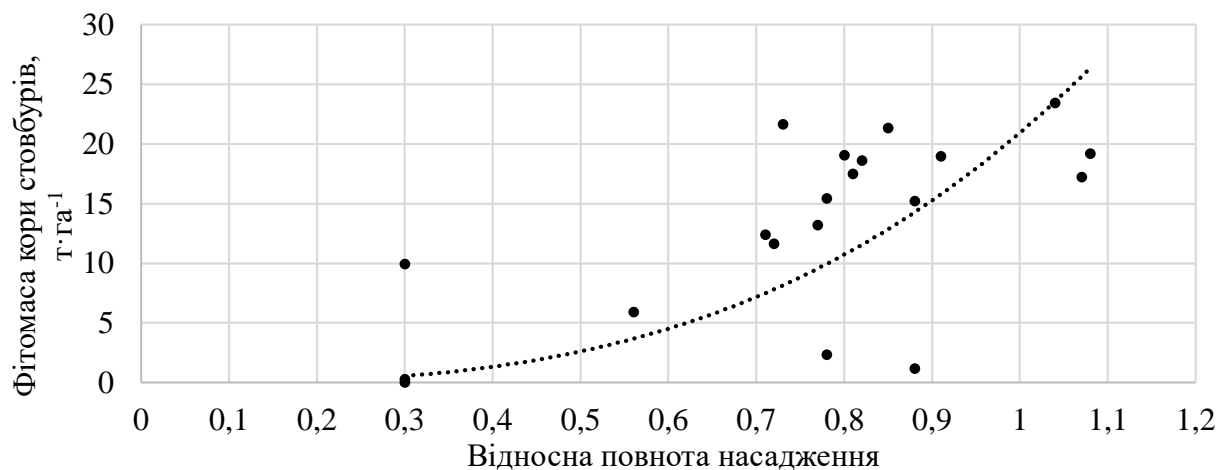


Рис. 5.6. Залежність фітомаси кори стовбурів від таксаційних показників деревостану: а) – середнього діаметра деревостану; б) – середньої висоти деревостану; в) – відносної повноти деревостану

Врахування досвіду розроблення нормативів оцінювання надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних видів у різних природних зонах України зумовило залучення відносної повноти робінієвих деревостанів у регресійні алометричні рівняння у якості аргументу впливу, поряд з середнім діаметром та середньою висотою головної породи деревостанів.

У дослідженні розроблено систему регресійних алометричних рівнянь оцінювання структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів з трьома факторами впливу за виразом:

$$Ph_i = k_0 \cdot D^{k_1} \cdot H^{k_2} \cdot P^{k_3}, \quad (5.36)$$

де Ph_i – компонент надземної фітомаси робінієвого деревостану; k_0, k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти регресії.

Значення коефіцієнтів регресії та статистичні характеристики множинних регресійних алометричних рівнянь для оцінювання компонентів фітомаси стовбурів і крони робінієвих деревостанів у Байрачному степу України наведені у табл. 5.16.

Таблиця 5.16

**Характеристики математичних моделей оцінювання
 структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих
 деревостанів**

Номер моделі	Компонент Фітомаси	Коефіцієнти регресії				R^2	F -тест
		k_0	k_1	k_2	k_3		
Структурні компоненти стовбурів							
5.37	Деревина стовбура	5,127	0,185	0,789	0,450	0,89	11,41
5.38	Кора стовбура	0,598	0,160	1,025	0,473	0,93	16,39
5.39	Стовбур у корі	5,672	0,180	0,826	0,453	0,91	20,82
Структурні компоненти крон							
5.40	Гілки у корі	0,441	- 1,232	2,621	0,285	0,67	8,68
5.41	Листя	1,964	- 1,798	2,052	0,095	0,49	6,95
5.42	Деревна зелень	5,484	- 0,851	1,229	0,248	0,49	7,79

Аналізуючи отримані математичні моделі, можна стверджувати, що вони описують дослідні дані з високим рівнем апроксимації, про що свідчать достовірні значення коефіцієнтів детермінації, більшими вони є для рівнянь розрахунку фітомаси

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

компонентів стовбура. Значення коефіцієнтів детермінації регресійних моделей залежності фітомаси компонентів крони є меншими, проте достовірними, з перевищенням фактичних значень критичного значення ($R_{кр} = 0,25$). Адекватність отриманих моделей (5.37– 5.42) підтверджена за критерієм Фішера, розрахункове значення якого перевищувало його критичне значення ($F_{кр} = 3,16$).

Коефіцієнти регресії, які характеризують вплив таксаційних ознак деревостанів на інтегрування надземної фітомаси деревини і

к Збільшення значень середнього діаметра, середньої висоти та відносної повноти інтенсифікує накопичення фітомаси стовбурів. Серед зазначених таксаційних ознак деревостанів найбільший вплив на формування фітомаси спричиняє середній діаметр, найменший – середня висота. У деревостанах з однаковою середньою висотою і відотною повнотою фітомаса деревини стовбурів, кори стовбурів та стовбурів у корі буде більшою у тому, де більшим є середній діаметр.

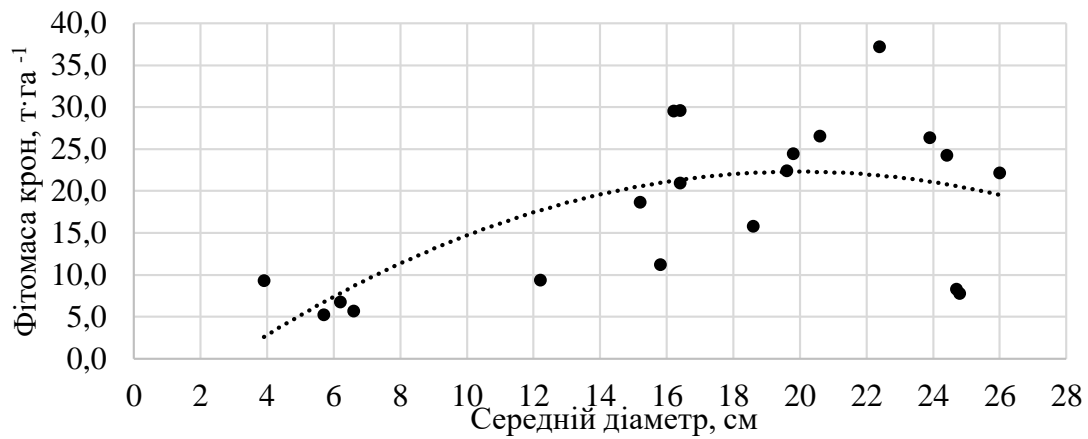
в У розрахованих регресійних моделях оцінювання фітомаси крони спостерігається обернений зв'язок для усіх її структурних компонентів із середнім діаметром деревостану. Коефіцієнт регресії цього входного аргументу має від'ємне значення і варіює від -0,851 до -1,798. Встановлена залежність свідчить про таксаційну і біологічну коректність встановленої тенденції, тобто при рівних значеннях середньої висоти і повноти деревостану – збільшення середнього діаметра повинно знижувати середнє старе видове число, а отже, стовбуровий запас деревостану та відповідно фітомасу. На рис. 5.7 графічно зазначені тренди загальної фітомаси крон робінієвих деревостанів залежно від основних таксаційних показників.

ь Деревостани з однаковою середньою висотою і відотною повнотою будуть накопичувати фітомасу гілок у корі та фітомасу дистя більше у тому насадженні, де меншим виявляється середній діаметр.

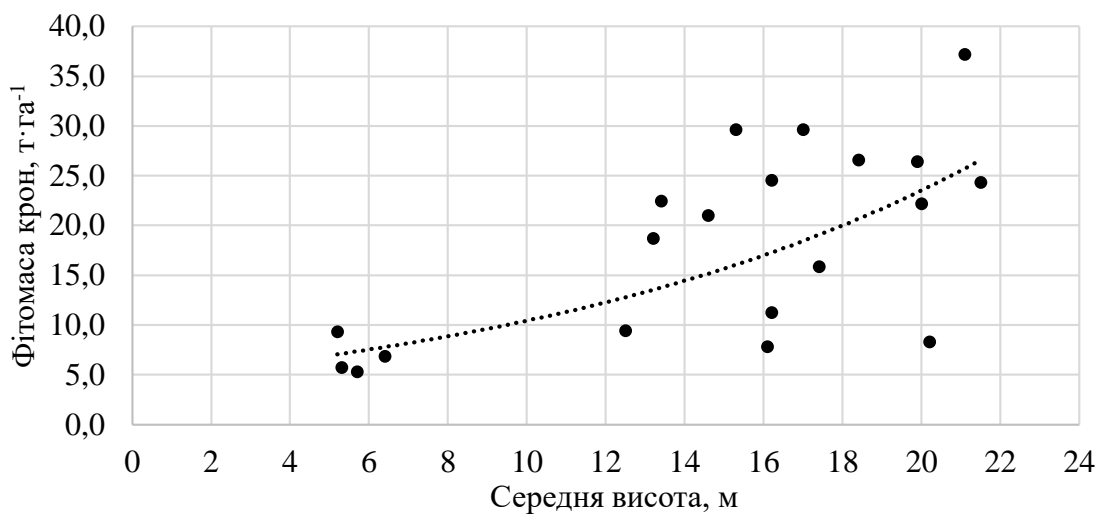
д Біотичну продуктивність досліджуваних насаджень також оцінено шляхом здійснення переходу від запасу стовбурової дере-

вини у корі робінієвих насаджень, тобто об'ємних одиниць ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) до вагових ($\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$) за допомогою конверсійних коефіцієнтів.

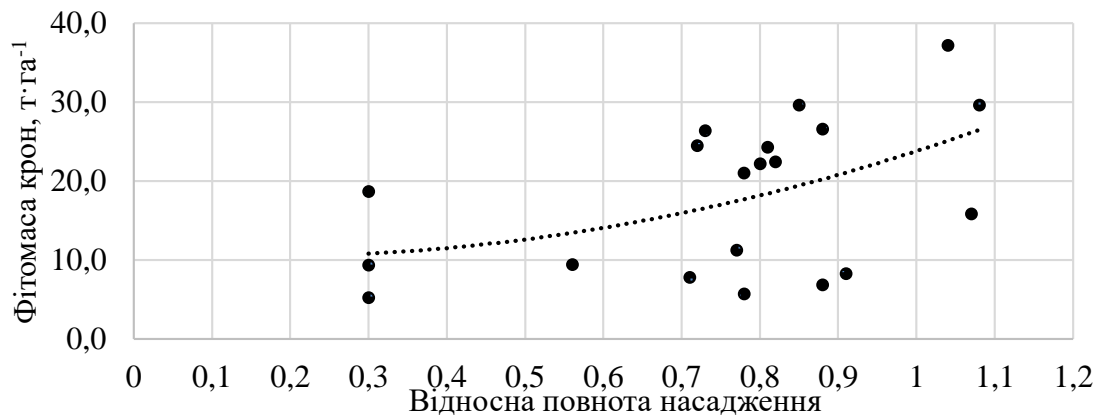
а)



б)



в)



5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Рис. 5.7. Залежність фітомаси крон від таксаційних показників деревостану: а) – віку; б) – середнього діаметра; в) – середньої висоти

Уперше конверсійний коефіцієнт, як відношення фітомаси фракції гілок до стовбурового запасу у корі, запропонував Ph. Fluri (1982). Перевідні конверсійні коефіцієнти застосовували Л. К. Поздняков, В. В. Протопов, & В. М. Горбатенко (1969); Т. Х. Токмурзин (1977); А. А. Онучин & А. Н. Борисов (1984); В. А. Усольцев (1985).

Здійснено моделювання конверсійних коефіцієнтів, значення яких надають змогу оцінювати обсяги фітомаси на основі статистичних даних з різними рівнями агрегації. Для робінієвих деревостанів Байрачного степу України розраховано конверсійні коефіцієнти (R_V) для таких фракцій надземної фітомаси деревостанів:

- $R_{V_{\delta}}^{cm}$ – деревина стовбурів;
- $R_{V_K}^{cm}$ – кора стовбурів;
- $R_{V_{\delta K}}^{cm}$ – деревина стовбурів у корі;
- $R_{V_{\text{гіл}}}$ – гілки крони у корі;
- R_{V_L} – листя.

Важливий етап встановлення залежностей між певними величинами є аналіз наявності кореляційного зв'язку між ними. Кореляційна матриця, яка наведена у табл. 5.17, демонструє значущість, тісноту та форму зв'язку між конверсійними коефіцієнтами відповідних фракцій надземної фітомаси і таксаційними показниками робінієвих деревостанів.

Таблиця 5.17

Коефіцієнти кореляції конверсійних структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів з таксаційними ознаками

Показники деревостану	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>P</i>	$R_{V_{\delta}}^{cm}$	$R_{V_K}^{cm}$	$R_{V_{\delta K}}^{cm}$	$R_{V_{\text{гіл}}}$
<i>A</i>	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>D</i>	0,84	1	–	–	–	–	–	–
<i>H</i>	0,79	0,94	1	–	–	–	–	–
<i>P</i>	0,44	0,48	0,54	1	–	–	–	–
$R_{V_{\delta}}^{cm}$	0,65	0,50	0,44	0,43	1	–	–	–

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Rv_k^{cm}	0,50	0,67	0,64	0,45	0,63	1	–	–
Rv_{dk}^{cm}	0,66	0,57	0,51	0,42	0,99	0,75	1	–
Rv_{zil}	-0,68	-0,71	-0,67	-0,61	-0,72	-0,73	-0,77	1
Rv_l	-0,49	-0,51	-0,49	-0,50	-0,63	-0,70	-0,69	0,79

Аналіз значень коефіцієнтів кореляції конверсійних відношень фітомаси деревини і кори стовбурів та стовбурів у корі із таксаційними показниками насаджень демонструють прямі залежності, знаходячись у межах від 0,38 до 0,67, що переважно є більшим за критичне значення ($r = 0,42$) (К. Е. Никитин & А. З. Швиденко, 1978). Конверсійні коефіцієнти фітомаси компонентів крони, як гілок, так і листя, мають обернену залежність з таксаційними характеристиками робінієвих насаджень. Найтіснішою є залежність між конверсійним коефіцієнтом фракції гілок крони у корі та середнім діаметром деревостану.

Розраховані значення коефіцієнтів кореляції є підґрунтям доцільного підбору аргументів під час процесу математичного множинного регресійного моделювання. Пошук інформативних математичних моделей, у яких середня висота, середній діаметр стовбура на висоті 1,3 м та відносна повнота насадження виступають як фактори впливу, обумовлено доступністю їх вимірювання у натурних умовах та їх наявності у зведених даних державного обліку лісового фонду.

У дослідженні для розрахунку конверсійного коефіцієнта використано алометричну функцію:

$$Rv_i = k_0 \cdot D^{k_1} \cdot H^{k_2} \cdot P^{k_3}, \quad (5.43)$$

де Rv_i – конверсійний коефіцієнт i -ої фракції надземної фітомаси деревостану; D , H , P – таксаційні характеристики робінієвих деревостанів.

Результати математичного моделювання – коефіцієнти регресії алометричних рівнянь за математичною моделлю (5.43) та їхні статистичні характеристики наведено у табл. 5.18.

Аргументи, які характеризують вплив середньої висоти головної породи на конверсійний коефіцієнт фітомаси компонентів стовбура мають від’ємні значення коефіцієнтів, що знаходить відображення у зменшенні значень конверсійних коефіцієнтів зі збільшенням середньої висоти деревостану за умови сталих значень

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

середнього діаметра і відносної повноти (табл. 5.19). У рівняннях, які описують конверсійні відношення фітомаси компонентів крони, від'ємне значення коефіцієнта регресії наявні для відносної повноти та середнього діаметра для R_V фракції листя.

Таблиця 5.18

Характеристика математичних моделей конверсійних коефіцієнтів структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів

Номер моделі	Компонент надземної фітомаси	Коефіцієнти рівнянь				Критерії рівняння	
		k_0	k_1	k_2	k_3	R^2	F-тест
5.44	Деревина стовбурів	0,231	0,642	- 0,492	0,115	0,62	11,24
5.45	Кора стовбурів	0,023	0,622	- 0,222	0,023	0,72	8,65
5.46	Стовбур у корі	0,251	0,645	- 0,459	0,104	0,68	9,38
5.47	Гілки крони у корі	0,596	- 1,132	0,472	- 0,441	0,91	7,44
5.48	Листя	1,008	- 7,510	6,042	- 0,247	0,99	8,13
5.49	Деревна зелень	4,447	- 6,399	4,921	- 0,158	0,99	13,54

Таблиця 5.19

Конверсійне відношення фітомаси стовбурів у корі робінієвих деревостанів до стовбурового запасу у корі, $T \cdot (M^3)^{-1}$

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	0,27	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,35	0,30	–	–	–	–	–	–	–	–
8	0,42	0,37	0,33	–	–	–	–	–	–	–
10	0,48	0,42	0,38	0,35	–	–	–	–	–	–
12	–	0,47	0,43	0,39	–	–	–	–	–	–
14	–	–	0,47	0,44	0,41	–	–	–	–	–
16	–	–	0,52	0,47	0,44	0,42	–	–	–	–
18	–	–	–	0,51	0,48	0,45	0,43	–	–	–
20	–	–	–	–	0,51	0,48	0,45	0,43	–	–
22	–	–	–	–	–	0,51	0,48	0,46	0,44	–
24	–	–	–	–	–	–	0,51	0,49	0,47	0,45
26	–	–	–	–	–	–	–	0,51	0,49	0,47
28	–	–	–	–	–	–	–	–	0,52	0,50

Узагальнення результатів теоретичних математичних розрахунків одержаних у результаті процесу моделювання слугували базисом для розроблення інформаційно-довідкових даних оцінювання компонентів надземної фітомаси, які є доцільними для використання у практичній діяльності лісогосподарських підприємств. Система довідкових даних оцінювання складових надземної фітомаси робінієвих деревостанів у Байрачному степу України дозволяє розрахувати їх обсяги, оцінювати доцільність лісогосподарських заходів, здійснювати прогностичні розрахунки екологічних та ресурсно-економічних завдань регіону дослідження.

У результаті застосування отриманих регресійних алометричних рівнянь з трьома входами – середнім діаметром, середньою висотою та відносною повнотою було розраховано таблиці даних кількісного оцінювання структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів для таких фракцій ($\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$):

- фітомаса деревини стовбурів;
- фітомаса кори стовбурів;
- фітомаса стовбурів у корі;
- фітомаса гілок крони у корі;
- фітомаса листя;
- фітомаса крон;
- фітомаса деревної зелені;
- надземна фітомаса деревостану;
- відношення надземної фітомаси деревостану до запасу у корі, $\text{т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$.

Розраховані інформаційно-довідкові дані оцінювання рекомендовані до використання для робінієвих деревостанів Байрачного степу України зі середньою висотою у межах від 4 до 30 м та середнім діаметром – від 4 до 32 см, у діапазоні модальних повнот 0,6–0,9.

Фрагменти інформаційно-довідкових даних оцінювання компонентів надземної фітомаси деревостанів робінії несправжньоакації з відносною повнотою 0,9 наведено у табл. 5.20–5.27, у повному обсязі у Додатку Г.

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Зі збільшенням значень середнього діаметра та середніх висот головної породи фітомаса деревини стовбурів має висхідний тренд. У діапазоні значень середнього діаметра 12–18 см, які притаманні робінієвим деревостанам у віці стиглості у лісостанах байрачностепової області, деревина стовбурів у деревостанах досліджуваного виду має діапазон 39,9–81,6 т·га⁻¹ (84,8–82,4 % від фітомаси стовбура у корі).

Зі збільшенням значень середньої висоти та середнього діаметра відбувається більше накопичення фітомаси стовбура у корі у абсолютно сухому стані та відповідно структурних компонентів стовбурів деревостану, що й було прогнозовано математичними моделями, у яких коефіцієнти регресії аргументів впливу мали додатні значення.

Таблиця 5.20

Фітомаса деревини стовбурів у абсолютно сухому стані, т·га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	26,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	28,0	35,1	–	–	–	–	–	–	–	–
8	29,5	37,1	44,2	–	–	–	–	–	–	–
10	30,8	38,6	46,1	53,2	–	–	–	–	–	–
12	–	39,9	47,6	55,0	–	–	–	–	–	–
14	–	–	49,0	56,6	63,9	71,0	–	–	–	–
16	–	–	50,2	58,0	65,5	72,8	–	–	–	–
18	–	–	–	59,3	67,0	74,4	81,6	88,7	–	–
20	–	–	–	–	68,3	75,9	83,3	90,5	–	–
22	–	–	–	–	–	77,2	84,7	92,1	99,3	–
24	–	–	–	–	–	–	86,1	93,6	100,9	108,0
26	–	–	–	–	–	–	–	95,0	102,4	109,7
28	–	–	–	–	–	–	–	–	103,8	111,2

Таблиця 5.21

Фітомаса кори стовбурів у абсолютно сухому стані, т·га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	4,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,8	6,4	–	–	–	–	–	–	–	–
8	5,0	6,7	8,4	–	–	–	–	–	–	–
10	5,2	6,9	8,7	10,5	–	–	–	–	–	–
12	–	7,1	9,0	10,8	–	–	–	–	–	–
14	–	–	9,2	11,1	13,0	14,9	–	–	–	–
16	–	–	9,4	11,3	13,3	15,2	–	–	–	–

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

18	–	–	–	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5	–	–
20	–	–	–	–	13,7	15,8	17,8	19,8	–	–
22	–	–	–	–	–	16,0	18,1	20,1	22,2	–
24	–	–	–	–	–	–	18,3	20,4	22,5	24,6
26	–	–	–	–	–	–	–	20,7	22,8	24,9
28	–	–	–	–	–	–	–	–	23,1	25,2

У діапазоні значень середнього діаметра 12–18 см фітомаса гілок у корі та фітомаса листя в абсолютно сухому стані у деревостанах досліджуваного виду становить 4,66–23,71 т·га⁻¹ та 1,59–4,05 т·га⁻¹ відповідно. У робінієвих деревостанах за сталого середнього діаметра зі збільшенням середньої висоти відбувається збільшення фітомаси усіх структурних компонентів крони – гілок крони у корі та листя (абсолютно сухий стан) та деревної зелені (свіжозрубаний стан). Зворотна тенденція, тобто зменшення фітомаси досліджуваних структурних компонентів крони спостерігається із збільшенням середнього діаметра за умови сталого значення середньої висоти. Встановлені тенденції агрегації фітомаси крон було прогнозовано під час аналізу алометричних моделей 5.40–5.42, на основі яких розраховані інформаційно-довідкові дані.

Таблиця 5.22

Фітомаса стовбурів у корі у абсолютно сухому стані, т·га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	30,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	32,8	41,5	–	–	–	–	–	–	–	–
8	34,5	43,8	52,6	–	–	–	–	–	–	–
10	35,9	45,6	54,8	63,7	–	–	–	–	–	–
12	–	47,1	56,6	65,8	–	–	–	–	–	–
14	–	–	58,2	67,7	76,9	85,9	–	–	–	–
16	–	–	59,6	69,3	78,8	88,0	–	–	–	–
18	–	–	–	70,8	80,5	89,9	99,1	108,2	–	–
20	–	–	–	–	82,0	91,6	101,0	110,3	–	–
22	–	–	–	–	–	93,2	102,8	112,2	121,4	–
24	–	–	–	–	–	–	104,4	114,0	123,4	132,6
26	–	–	–	–	–	–	–	115,6	125,2	134,6
28	–	–	–	–	–	–	–	–	126,8	136,4

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

У зазначених регресійних рівняннях такий фактор впливу, як середня висота деревостану мала додатне значення коефіцієнта регресії, а середній діаметр – від’ємне значення.

У дослідженні розраховані відношення загальної надземної фітомаси до стовбурового запасу у корі для робінієвих деревостанів з відносними повнотами 0,6–0,9 (Додаток Г).

Конверсійний коефіцієнт загальної надземної фітомаси деревостанів робінії несправжньоакації у Байрачному степу України знаходиться у діапазоні значень – 0,517–0,647. Зі збільшенням середньої висоти за сталого середнього діаметра відбувається збільшення значень конверсійного коефіцієнта, тоді як за сталої середньої висоти деревостану і збільшення значень середнього діаметра спостерігається зворотна тенденція, тобто значення коефіцієнтів відношень загальної надземної фітомаси деревостану до його стовбурового запасу у корі зменшуються.

Таблиця 5.23

Фітомаса гілок робінієвих деревостанів у абсолютно сухому стані, т·га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	8,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	5,2	11,0	–	–	–	–	–	–	–	–
8	3,6	7,7	13,8	–	–	–	–	–	–	–
10	2,8	5,8	10,5	16,9	–	–	–	–	–	–
12	–	4,7	8,4	13,5	–	–	–	–	–	–
14	–	–	6,9	11,2	16,7	23,7	–	–	–	–
16	–	–	5,9	9,5	14,2	20,1	–	–	–	–
18	–	–	–	8,2	12,3	17,4	23,7	31,3	–	–
20	–	–	–	–	10,8	15,3	20,8	27,5	–	–
22	–	–	–	–	–	13,6	18,5	24,4	31,3	–
24	–	–	–	–	–	–	16,6	21,9	28,2	35,4
26	–	–	–	–	–	–	–	19,9	25,5	32,0
28	–	–	–	–	–	–	–	–	23,3	29,2

Таблиця 5.24

Фітомаса листя робінієвих деревостанів у абсолютно сухому стані, т·га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

**С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

4	6,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,0	5,3	–	–	–	–	–	–	–	–
8	1,8	3,2	5,0	–	–	–	–	–	–	–
10	1,2	2,1	3,4	4,9	–	–	–	–	–	–
12	–	1,5	2,4	3,5	–	–	–	–	–	–
14	–	–	1,8	2,7	3,7	4,8	–	–	–	–
16	–	–	1,4	2,1	2,9	3,8	–	–	–	–
18	–	–	–	1,7	2,3	3,1	3,9	4,8	–	–
20	–	–	–	–	1,9	2,5	3,2	4,0	–	–
22	–	–	–	–	–	2,1	2,7	3,4	4,1	–
24	–	–	–	–	–	–	2,3	2,9	3,5	4,2
26	–	–	–	–	–	–	–	2,5	3,0	3,6
28	–	–	–	–	–	–	–	–	2,7	3,2

Таблиця 5.25

**Фітомаса крон робінієвих деревостанів у абсолютно сухому
стані, т·га⁻¹**

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	14,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	8,2	16,5	–	–	–	–	–	–	–	–
8	5,5	11,0	19,0	–	–	–	–	–	–	–
10	4,0	8,1	14,0	22,0	–	–	–	–	–	–
12	–	6,3	10,9	17,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	8,8	13,9	20,5	28,7	–	–	–	–
16	–	–	7,4	11,7	17,2	24,1	–	–	–	–
18	–	–	–	10,0	14,7	20,6	27,8	36,3	–	–
20	–	–	–	–	12,8	17,9	24,2	31,6	–	–
22	–	–	–	–	–	15,8	21,3	27,9	35,6	–
24	–	–	–	–	–	–	19,1	24,9	31,8	39,7
26	–	–	–	–	–	–	–	22,5	28,7	35,8
28	–	–	–	–	–	–	–	–	26,0	32,5

Таблиця 5.26

**Надземна фітомаса робінієвих деревостанів у абсолютно сухому
стані, т·га⁻¹**

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	45,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	41,0	58,0	–	–	–	–	–	–	–	–
8	40,0	54,7	71,6	–	–	–	–	–	–	–
10	39,9	53,6	68,7	85,7	–	–	–	–	–	–

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

12	–	53,3	67,5	83,0	–	–	–	–	–	–
14	–	–	67,0	81,6	97,4	114,6	–	–	–	–
16	–	–	67,0	81,0	96,0	112,1	–	–	–	–
18	–	–	–	80,8	95,2	110,5	126,9	144,5	–	–
20	–	–	–	–	94,8	109,5	125,2	141,9	–	–
22	–	–	–	–	–	109,0	124,1	140,1	157,0	–
24	–	–	–	–	–	–	123,5	138,9	155,2	172,3
26	–	–	–	–	–	–	–	138,1	153,8	170,4
28	–	–	–	–	–	–	–	–	152,9	168,9

Збільшення відносної повноти у насадженнях, які мають однакові значення середнього діаметра і середньої висоти головної породи призводить до зменшення зазначених конверсійних коефіцієнтів. Встановлена тенденція зменшення значень K_v загальної надземної фітомаси зі збільшенням відносної повноти у робінієвих насадженнях є характерною для штучних деревостанів дуба звичайного у Лісостепу і Поліссі, природних і штучних насаджень ясена звичайного у Правобережному Лісостепу, природних та штучних деревостанів берези повислої та вільхи клейкої у Поліссі (П. І. Лакида, 2013).

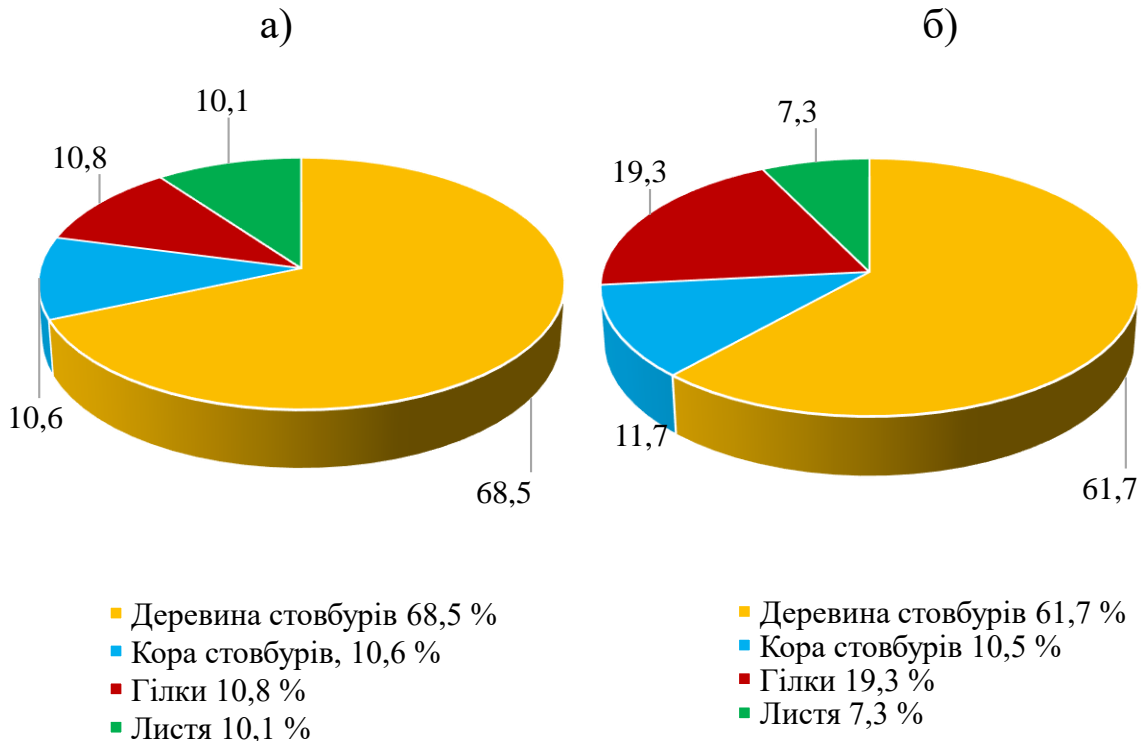
Таблиця 5.27

Відношення надземної фітомаси робінієвих деревостанів до стовбурового запасу у корі, $\text{т} \cdot (\text{м}^3)^{-1} \cdot \text{га}^{-1}$

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	0,641	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,558	0,605	–	–	–	–	–	–	–	–
8	0,529	0,555	0,591	–	–	–	–	–	–	–
10	0,517	0,532	0,555	0,584	–	–	–	–	–	–
12	–	0,520	0,535	0,556	–	–	–	–	–	–
14	–	–	0,531	0,538	0,557	–	–	–	–	–
16	–	–	0,517	0,527	0,542	0,559	–	–	–	–
18	–	–	–	0,520	0,531	0,545	0,561	–	–	–
20	–	–	–	–	0,524	0,535	0,548	0,563	–	–
22	–	–	–	–	–	0,527	0,538	0,551	0,566	–
24	–	–	–	–	–	–	0,531	0,542	0,554	0,568
26	–	–	–	–	–	–	–	0,535	0,545	0,557
28	–	–	–	–	–	–	–	–	0,538	0,548

Для оцінювання співвідношення складових компонентів у загальній надземній фітомасі робінієвих деревостанів здійснено розрахунок їх розподілу у відносних одиницях (рис. 5.8). Результати аналізу демонструють специфічність структури надземної фітомаси робінієвих деревостанів у лісах Байрачного степу України.

Співвідношення фітомаси стовбура у корі до фітомаси крони має незначну варіабельність із розвитком деревостанів, тобто зі збільшенням морфологічних параметрів, і відповідає значенням (%): 79/21 ($D = 4$ см, $H = 4$ м, $P = 0,9$) – 73/27 ($D = 8$ см, $H = 10$ м, $P = 0,9$). Фітомаса стовбурів у корі в усі періоди розвитку та функціонування робінієвих деревостанів складає близько трьох чвертей від загальної фітомаси. У структурі фітомаси робінієвих молодняків домінує деревина стовбурів. Частки фітомаси кори стовбурів, гілок крони у корі і листя є рівнозначними.



5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

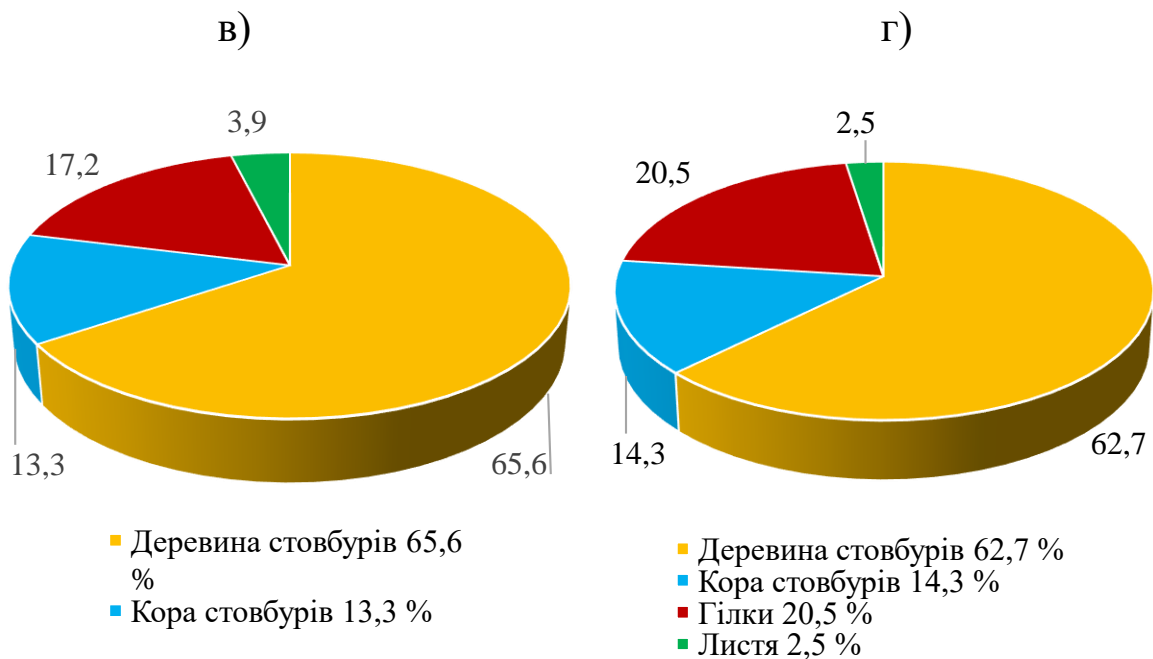


Рис. 5.8. Структура компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів у абсолютно сухому стані: а) $D = 4$ см, $H = 4$ м; б) $D = 8$ см, $H = 10$ м; в) $D = 14$ см, $H = 14$ м; г) $D = 24$ см, $H = 24$ м (відносна повнота деревостану 0,9)

Зі збільшенням значень середнього діаметра та середньої висоти у деревостанах відбувається перерозподіл структурних компонентів загальної надземної фітомаси, особливо у фітомасі крони. Перерозподіл відбувається за рахунок збільшення маси фракції гілок у корі, яка має позитивний тренд і досягає максимуму у перестиглих деревостанах – 20,5 % від загальної надземної фітомаси деревостану. Одночасно з цим, за умови збереження відношення фітомаси стовбурів у корі до фітомаси крони, фіксується значне зниження для фітомаси асиміляційної складової, яка має низхідний тренд: 10,1 % ($D = 4$ см, $H = 4$ м); 7,3 % ($D = 8$ см, $H = 10$ м); 3,9 % ($D = 14$ см, $H = 14$ м) та у перестиглих насадженнях ($D = 24$ см, $H = 24$ м) досягає мінімуму, складаючи до 2,5 % від загальної фітомаси надземної частини деревостану.

У фітомасі стовбурів у корі також спостерігається перерозподіл між структурними компонентами, із тенденцією збільшення частки кори, з досяганням максимуму у деревостанах зі значеннями $D = 24$ см, $H = 24$ м до 14,3 % від загальної надземної фітомаси.

Актуальним є порівняння встановлених у дослідженні тенденцій зміни компонентного складу надземної фітомаси із розвитком насадження. Проаналізувавши нормативи оцінювання надземної фітомаси, які розроблені для лісотвірних видів України (П. І. Лакида, 2013) встановлені у дослідженні тенденції, а саме збільшення загальної надземної фітомаси деревостану зі збільшенням значень середньої висоти і відносної повноти за сталого середнього діаметра, і зворотна тенденція – зменшення обсягів загальної надземної фітомаси за сталої середньої висоти і відносної повноти зі зменшенням значень середнього діаметра, характерні для деревостанів дуба звичайного у Лісостепу і Поліссі, природних та штучних деревостанів берези повислої і вільхи клейкої у Поліссі. Компонентний склад надземної фітомаси деревостанів дуба звичайного і вільхи клейкої за наведених значень таксаційних показників – $D = 24$ см; $H = 24$ м; $P = 0,9$ мають ідентичний відносний розподіл за фракціями: деревина стовбурів 71,7–75,7 %, кора стовбурів 12,2–15,0 %; гілки крони у корі 7,5–10,1 %, листя 1,5–5,9 % відповідно. Встановлені закономірності зміни фракційного складу надземної фітомаси у робінієвих деревостанах можна пояснити особливостями формування лісового насадження досліджуваним видом у природно-кліматичних умовах степу, які наведені у роботі Н. А. Лохматова (1985а, 1985б, 1999). З перших років деревостани робінії несправжньооакації швидко освоюють зайняті площі, рано вступають у пору повного використання екологічного потенціалу місцезростань, у зв'язку з чим швидко вичерпують просторовий і трофічний потенціал місцезростань та рано починають потерпати від нестачі світла й вологи, особливо у високоповнотних деревостанах сухих типів лісорослинних умов.

Для розвитку насінневих і похідних (з кореневої парості) робінієвих насаджень найпоширеніших сухих умов степової зони характерні інтенсивність ростових процесів з перших років, раннє (з 5–7 років) вихід насаджень на максимальні рівні утворення деревини, пагонів, маси і площі листя, особливо у сприятливих умовах зволоження; рання диференціація дерев робінії за розмірами, архітектонікою і положенням крон у наметі; стислість

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

періоду утворення і швидкий вступ у період активного розвитку і взаємодії ярусів, раннє і щільне змикання крон у рядах. Автор зазначає, що лімітуючими чинниками тривалості розростання і густоти крон робінії несправжньоакації є велика початкова і вчасно не відрегульована густина її насаджень і пов'язана з цим обмеженість розростання дерев. В умовах оптимальної густоти крона дерев робінії несправжньоакації довше та більше розростається і залишається густішою за гіллястість, пагоно- та листяутворенням. У густих загущених деревостанах раніше та інтенсивніше припиняється розростання крон і вони раніше стають ажурнішими. У дерев і деревостанів робінії несправжньоакації відмічене успішне відновлення крон і намету, які частково всохли. Характерним є слабке природне зріджування у спорадично і хронічно вологодефіцитних насадженнях, менш інтенсивний його перебіг у більш свіжих та сухуватих місцезростаннях та інтенсивний – у свіжих і вологих умовах.

Прийняття рішення щодо прикладного застосування даних оцінювання фракційного складу надземної фітомаси деревостанів певного лісотвірного виду є порівняльний аналіз з існуючими даними для цього виду. Інформаційно-довідкові дані оцінювання біотичної продуктивності модальних робінієвих деревостанів за компонентами надземної фітомаси в Україні відсутні.

Таксаційні показники, рівні стовбурового запасу і надземної фітомаси насаджень робінії несправжньоакації в Україні досліджені спорадично, переважно на деградованих землях у площині ремедіаційних характеристик цього деревного виду. Рекультиваційні насадження робінії несправжньоакації віком 30 років за умови високого вмісту сульфатів у техноземі мали середню висоту деревостану 8,9 м та 10,6 м за умови низького вмісту сульфатів, середній діаметр стовбура – від 7,5 до 13,5 см відповідно. Запас стовбурової деревини змінювався від 16,7 до 45,3 м³·га (В. В. Танюкевич & М. А. Запривода, 2013). В. И. Гримальский (1958) зазначав, що робінієве насадження з підліском із бузини чорної у віці 15 років характеризувалося наступними таксаційними показниками деревостану: середній діаметр – 11,9 см, середня висота – 14,6 м, запас стовбурової деревини у корі 176 м³·га⁻¹.

У закордонних дослідженнях оцінювання обсягів надземної фітомаси деревостанів *Robinia pseudoacacia* здійснено у лісових насадженнях Болгарії (К. Д. Костов, М. Броштилова, & К. Броштилов, 1992) та Словачії (Т. Vencat, 1989, 1990), які наведені у роботі В. А. Усольцева (2010). Для порівняльного аналізу використані дані, наведені у зазначених роботах та дані оцінювання фітомаси компонентів надземної частини деревостанів робінії несправжньоакації для наближених значень середніх діаметрів і середніх висот модальних деревостанів у Байрачному степу України (табл. 5.28).

Аналіз наведених даних демонструє, що різниця між загальною надземною фітомасою та її фракційним складом є індивідуальною у кожному випадку порівняння. Найбільш близькими до розрахованих у дослідженні даних оцінювання компонентів фітомаси є аналогічні показники робінієвих деревостанів Болгарії.

Таблиця 5.28

Порівняльна характеристика структурного складу надземної фітомаси робінієвих деревостанів

Діаметр, см	Висота, м	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Фітомаса, т·га ⁻¹				загальна надземна
			стовбур		крона		
			стовбур у корі	кора стовбура	гілки	листя	
* Іпельський Сокоlecь, Словачія, 48°30' п.ш., 19°40' с.д.							
<u>6,7</u> 8,0	<u>9,7</u> 10,0	<u>45,1</u> 89,6	<u>23,6</u> 43,7	<u>2,8</u> 6,9	<u>7,8</u> 12,3	<u>1,7</u> 5,0	<u>33,22</u> 61,0
<u>18,0</u> 18,0	<u>19,6</u> 20,0	<u>233,6</u> 269,1	<u>137,9</u> 108,2	<u>15,1</u> 19,5	<u>22,7</u> 31,3	<u>2,5</u> 5,0	<u>163,1</u> 144,5
<u>29,6</u> 30,0	<u>29,7</u> 30,0	<u>153,3</u> 381,3	<u>104,4</u> 166,3	<u>11,9</u> 32,0	<u>22,3</u> 48,2	<u>1,4</u> 4,6	<u>128,1</u> 219,1
* Загорье Костолісте, Словачія, 48°20' п.ш., 17°10' с.д.							
<u>21,3</u> 22,0	<u>29,0</u> 30,0	<u>262,4</u> 366,5	<u>154,6</u> 157,2	<u>20,3</u> 30,5	<u>14,2</u> 70,6	<u>2,70</u> 8,1	<u>171,5</u> 235,9
<u>33,3</u> 32,0	<u>29,1</u> 30,0	<u>459,5</u> 383,7	<u>263,9</u> 168,2	<u>33,5</u> 32,2	<u>34,7</u> 44,5	<u>2,66</u> 4,1	<u>301,3</u> 216,8
** Бяла Слатіна, Болгарія, 43°30' п.ш., 24°20' с.д.							
<u>11,0</u> 10,0	<u>12,7</u> 12,0	<u>167,2</u> 146,7	<u>103,4</u> 63,7	<u>11,8</u> 10,5	<u>9,25</u> 16,9	<u>2,34</u> 5,1	<u>115,0</u> 85,7
<u>12,7</u> 12,0	<u>12,6</u> 12,0	<u>141,2</u> 149,3	<u>89,9</u> 65,8	<u>8,2</u> 10,8	<u>9,41</u> 13,5	<u>1,77</u> 3,7	<u>101,1</u> 83,0
<u>13,9</u> 14,0	<u>16,1</u> 16,0	<u>151,4</u> 197,8	<u>99,4</u> 85,9	<u>14,2</u> 14,9	<u>11,4</u> 23,71	<u>1,88</u> 5,00	<u>131,4</u> 114,6

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

чисельник * – дані Т. Vencat (1989, 1990), ** – дані К. Д. Костов, М. Броштилова, & К. Броштилов (1992), знаменник – дані дослідження

Загальна надземна фітомаса робінієвих деревостанів Байрачного степу України становить від 74,0 до 86,0 % від загальної фітомаси деревостанів цього виду у Болгарії, що переважно обумовлено меншою фітомасою стовбурів у корі.

У фракційному складі звертають увагу відмінності значень фітомаси листя. Перевищення за цим показником для робінієвих деревостанів Байрачного степу України становить 2,1–2,7 рази, значення фітомаси гілок крони у порівнюваних деревостанах є майже аналогічними.

Порівняння розрахованої у дослідженні фітомаси структурних компонентів надземної частини деревостанів робінії несправжньоакації з наближеними за таксаційними показниками деревостанами цього виду у Словачії дозволяє констатувати протилежні тенденції, встановлені при порівнянні з робінієвими деревостанами Болгарії, тобто запас стовбурової деревини і загальна надземна фітомаса усіх складових деревостанів є більшою у Байрачному степу України.

Виключенням є словацьке насадження робінії із таксаційними показниками $D = 18$ см, $H = 20$ м, у якому фітомаса стовбурів у корі є вищою за аналогічний показник у Байрачному степу України. За іншими фракціями, тобто фітомасою кори стовбурів, гілок крони у корі та листям, зберігалася тенденція, яка демонструвала, що у едафо-кліматичних умовах регіону дослідження за модальної відносної повноти 0,9 і рівнозначних таксаційних показниках досліджувані параметри є вищими.

Відмінності, встановлені при порівнянні отриманих інформаційно-довідкових даних оцінювання компонентного складу надземної фітомаси робінієвих деревостанів Байрачного степу України з аналогічними показниками деревостанів цього виду може бути пов'язано з різницею географічного положення регіону дослідження у Байрачному степу України ($48^{\circ}46'$ п.ш., $35^{\circ}04'$ с.д.) та регіонів порівняння деревостанів робінії несправжньоакації, Болгарії ($43^{\circ}30'$ п.ш., $24^{\circ}20'$ с.д.) і Словачії ($48^{\circ}30'$ п.ш., $19^{\circ}40'$ с.д. та $48^{\circ}20'$ п.ш., $17^{\circ}10'$ с.д.), що обумовлює

відмінності кліматичних показників, режимів погоди, едафічних умов, лімітуючих абіотичних чинників. При порівнянні не враховані відомості про походження насаджень, їх функціональне призначення, модальні відносні повноти, санітарний стан, тобто лісівничі й таксаційні ознаки, які можуть позначатися на перебігу біопродукційних процесів і впливати на накопичення надземної фітомаси.

Таким чином, розроблені для штучних робінієвих деревостанів Байрачного степу України інформаційно-довідкові дані оцінювання загальної надземної фітомаси та її структурних компонентів можна рекомендувати для практичного застосування при здійсненні екологічного моніторингу та лісогосподарської діяльності у лісах, підпорядкованих Дніпропетровському обласному управлінню лісового та мисливського господарства.

Надалі здійснено оцінювання обсягів фітомаси робінієвих деревостанів Байрачного степу України на основі вихідних даних реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів», які характеризують насадження державних лісогосподарських підприємств Дніпропетровської області та отримані у дослідженні нормативи – регресійні алометричні моделі (5.37, 5.38, 5.40–5.42), призначені для розрахунку фітомаси компонентного складу надземної частини деревостанів робінії несправжньоакації (табл. 5.29).

Вікова структура лісостанів, тобто фактичне співвідношення площі робінієвих деревостанів різного віку у межах лісогосподарських підприємств регіону дослідження суттєво впливає на можливу інтенсивність користування деревними ресурсами лісу. Оптимальним для нормального ведення лісового господарства й експлуатації лісу є рівномірний розподіл насаджень за класами віку, що не є наявним для деревостанів досліджуваного виду. Значна нерівномірність розподілу площі насаджень за групами віку призводить до недоцільного користування лісом, яке не відповідає принципам збалансованого лісового менеджменту. Розподіл фактичної фітомаси фракцій надземної частини робінієвих деревостанів за групами віку наведено у табл. 5.29. У регіоні дослідження переважна кількість площі зайнята перестиглими деревостанами, які акумулюють

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

понад півтора мільйона тонн надземної фітомаси, що складає до 81,1 % від загальної фітомаси деревостанів робінії несправжньоакації.

Наведені на рис. 5.9 дані описують відносний розподіл компонентної структури надземної фітомаси деревостанів робінії несправжньоакації Байрачного степу України.

Більше половини, до 65,8 %, надземної фітомаси представлено деревиною стовбурів. Фітомаса гілок крон у корі є незначно більшою за фітомасу кори стовбурів, що підтверджує результати аналізу розподілу фітомаси структурних компонентів у відносних одиницях, який демонструє майже однакову представленість зазначених фракцій у загальній фітомасі для деревостанів I–II класів віку, 10,8 і 10,6 % відповідно, і збільшення цієї розбіжності з ростом деревостанів, і досяганням ними віку стиглості, коли фітомаса гілок у корі займає до 20,5 % загальної надземної фітомаси, тоді як кора стовбурів – 14,1 %. Особливістю структури фітомаси робінієвих деревостанів є співвідношення маси деревної зелені, яка оцінена у свіжозрубаному стані та гілок крони у корі (абсолютно сухий стан) до маси стовбура у корі, які відповідно становлять 29,3 та 21,5 %.

Таблиця 5.29

Фітомаса надземної частини деревостанів робінії несправжньоакації Байрачного степу України

Група віку/ клас віку	Площа, га	Фітомаса надземної частини деревостану					
		стовбур		крона		загалом	дерева зелень
		дерева	кора	гілки	Листя		
Молодняки/ I–II кл. віку	370,2	*7,6 **20,6	1,3 3,4	1,5 4,1	1,1 3,0	11,5 31,1	0,8 2,0
Середньовікові/ III–V кл. віку	1414,6	40,9 28,91	7,2 5,09	7,7 5,34	4,0 2,83	59,8 42,25	3,9 2,8
Пристигли/ VI кл. віку	486,3	22,7 46,7	4,4 9,0	4,7 9,7	1,4 2,9	33,2 68,3	1,7 3,5
Стигли/ VII–VIII кл. віку	2626,6	178,9 68,1	37,3 14,2	43,9 16,7	8,1 3,1	268,2 102,1	11,1 4,2
Перестиглі/ IX– кл. віку	12780,0	1050,2 82,2	227,3 17,8	282,6 22,1	43,2 3,4	1603,3 125,8	45,2 3,5
Всього	17683,7	1300,3	277,5	340,4	57,8	1976,0	62,6

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
 ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

		73,5	15,7	19,2	3,3	111,7	3,5
--	--	------	------	------	-----	-------	-----

*чисельник – загальна фітомаса фракції, тис. т; **знаменник – фітомаса фракції на 1 га, т·га⁻¹

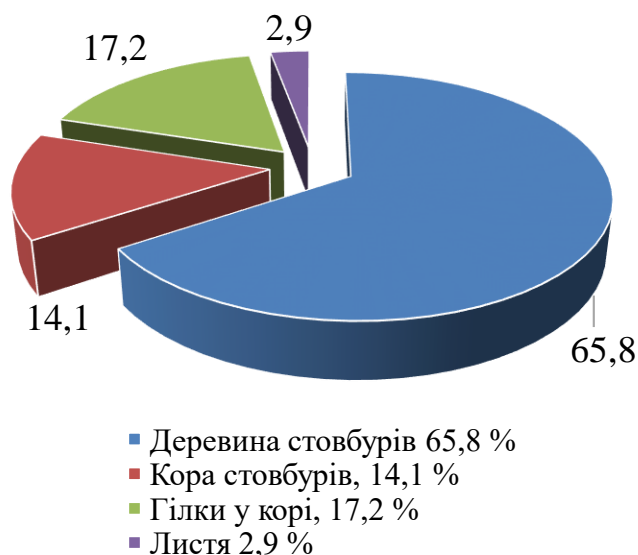


Рис. 5.9. Фракційний розподіл фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів Байрачного степу України, %

5.3. Продукція надземної частини робінієвих деревостанів

Оцінювання ролі лісів у глобальних циклах речовин і енергії має базуватися на визначенні їх фактичної біотичної продуктивності. Річна продукція фітомаси лісових екосистем є однією з найважливіших властивостей їх функціонування, яка характеризує швидкість накопичення органічної речовини (Н. И. Базилевич, О. С. Гребенщиков, & А. А. Тишков, 1986). Збільшення фітомаси дерев і деревостанів лісотвірних видів – біологічний процес, який визначає зміну кількісних показників компонентів стовбура і крони з віком і відбувається внаслідок метаболізму, базисом якого є фізіологічні процеси фотосинтезу, дихання, водообігу. Інтенсифікація процесів накопичення фітомаси лісотвірних видів на одиниці площі зумовлює збільшення депонування діоксиду вуглецю та аерополітантів, що є одним із дієвих механізмів запобігання змінам клімату і є можливим за умови більшого приросту фітомаси (J. Ni, 2003).

Дані досліджень річної продукції структурних компонентів надземної частини деревостанів лісотвірних видів отримані у певних географічних зонах можуть являти вагомий внесок до ініціатив глобальної бази даних первинної продукції (The Global

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Primary Production Data Initiative), діяльність якої спрямована на збір інформації про первинну продукцію лісів у рамках Міжнародної Геосферно-біосферної програми (Д. Л. Варлыгин & Н. И. Базилевич, 1992). Формування бази даних первинної продукції лісотвірних видів з різних флористичних зон біосфери, з наступним їх поповненням, дозволить корегувати оцінювання продукційного й енергетичного потенціалу рослинного покриву Землі (К. М. Смирнова, Е. Ю. Бакун, & С. А. Турубанова, 2006).

Розуміння обсягів річної продукції лісотвірних видів України можуть сприяти рішенням практичних господарчих завдань лісового господарства у площині використання ресурсів лісу. Результати оцінювання продукції лісів мають теоретичний інтерес щодо:

діагностування дії абіотичних та біотичних чинників місцезростань, які спричиняють вплив на ріст і функціонування рослин-інтродуцентів у нових для біологічного виду географічних природних зонах;

прогнозування відповіді деревних рослин на зміни мікрокліматичних показників шляхом регуляції річної продукції надземної частини деревостанів;

розуміння біологічної доцільності зміни інтенсивності продукування фітомаси різними структурними компонентами надземної частини деревостану.

Суперечливими є дані літератури щодо характеру взаємозв'язку первинної продукції лісів із обсягами фітомаси на 1 га. Дослідження J. Fang, G. Liu, & S. Xu (1996) визначають залежність фітомаси від продукції як монотонно наростаючу, нелінійно вигнуту криву. Згідно даних R. V. O'Neill & D. L. DeAngelis (1981) зазначена залежність є лінійною. Н. С. Keeling & O. L. Phillips (2007) показали, що цей зв'язок має такий характер: фітомаса наростає і досягає піку при первинній продукції, яка дорівнює $15\text{--}20 \text{ т}\cdot(\text{га}\cdot\text{рік})^{-1}$, потім виходить на плато при значеннях $20\text{--}25 \text{ т}\cdot(\text{га}\cdot\text{рік})^{-1}$, після чого відбувається зниження.

Поточний об'ємний приріст, тобто величина, на яку змінюються абсолютні значення таксаційних показників дерева чи

деревостану за певний проміжок часу, є однією з основних характеристик, яка окреслює специфіку формування і накопичення деревини та біотичну продуктивність лісів у цілому. На його інтенсивність спричиняють вплив фізіолого-біохімічні властивості деревного виду; погодно-кліматичні, едафічні, лісорослинні умови місцезростань; доцільність, своєчасність та якість проведення лісогосподарських заходів (В. В. Антанайтис & В. В. Загреев, 1981; Н. И. Базилевич, 1993; П. І. Лакида та ін., 2011; П. Р. Третяк & Ю. І. Черневий, 2011; В. І. Блищик, 2015; П. І. Лакида, І. С. Приліпко, & М. Г. Сорока, 2016).

У державних лісах, згідно даних публічного звіту Державного агентства лісових ресурсів України, щорічно у середньому приростає 35 млн м³ стовбурової деревини. Середньорічний приріст деревини у лісах складає 3,9 м³·га⁻¹ і коливається від 5,0 м³·га⁻¹ у Карпатах до 2,5 м³·га⁻¹ у степовій зоні (<https://drive.google.com/file/d/1UApjLM9DPt0MugliiTWMBg4IXN8PAvWZ/view>).

Продукцію складових надземної фітомаси берези повислої досліджено у Чернігівському Поліссі (І. С. Случик, П. І. Лакида, & М. Г. Сорока, 2010) та вільхи клейкої в Українському Поліссі (В. І. Блищик, 2015). Разом із тим відсутні дані про продукцію деревостанів робінії несправжньоакації у будь якій природній зоні України. Реалізацію екосистемних функцій лісових робінієвих деревостанів можливо оцінити виключно на основі визначення фактичних обсягів продукування органічної речовини у надземній частині деревостанів лісогосподарської області Байрачного степу, де відбувалося формування і здійснюється функціонування досліджуваних деревостанів.

Передумовою визначення продукції структурних компонентів надземної частини робінієвих деревостанів Байрачного степу України, а саме, деревини і кори стовбурів, гілок крони у корі та листя є розрахунок поточного приросту стовбурової деревини за запасом.

Задля забезпечення адекватності й достовірності розроблення математичних моделей оцінювання поточного приросту стовбурової деревини за запасом ($Z_{\delta}^{cm}M$, м³·га⁻¹·рік⁻¹) та його частки ($BZ_{\delta}^{cm}M$, %), запасу стовбурової деревини у корі

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

(M , $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), запасу стовбурової кори (M_k^{cm} , $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) робінієвих деревостанів Байрачного степу України опрацьовано модуль описових статистик (табл. 5.30).

Таблиця 5.30

Описові статистики таксаційних показників робінієвих деревостанів

Ознака деревостану	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	стандартне квадратичне відхилення	асиметрія	ексцес
$Z_{\delta}^{cm} M$, $\text{м}^3 \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$	0,23	9,99	5,77	2,80	-0,195	-0,359
$BZ_{\delta}^{cm} M$, %	2,45	6,47	4,36	1,34	-0,005	-0,434
M , $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	6,0	291,5	168,8	89,4	-0,382	-0,227
M_k^{cm} , $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	2,2	85,1	43,1	24,7	-0,016	-0,296

Сукупності даних, які описують поточний приріст стовбурової деревини за запасом та його відсоток, запас деревини у корі та запас стовбурової кори, характеризуються подібністю до нормального розподілу, перевищення критичних значень асиметрії та ексцесу не спостерігається – асиметрія = 0,711 ($p \leq 0,05$), ексцес = 0,907 ($p \leq 0,01$) (А. В. Янцев, 2012).

Вихідні дослідні дані досліджуваних таксаційних параметрів робінієвих деревостанів характеризується від'ємними ексцесом і асиметрією, що свідчить про плосковершинність піку та зсув кривої розподілу ліворуч, демонструючи переважання фактичних значень, які є меншими за середньоарифметичне.

Для визначення тісноти і форми зв'язку між досліджуваними характеристиками розраховані коефіцієнти кореляції, кореляційні відношення та визначені міри лінійності поточного об'ємного приросту з основними таксаційними показниками деревостанів – віком, середнім діаметром, середньою висотою та відносною повнотою (табл. 5.31).

За даними кореляційного аналізу встановлена нелінійна форма зв'язку поточного об'ємного приросту деревини із середнім діаметром, середньою висотою, відносною повнотою деревостанів та обернена лінійна залежність з віком, проте слабка за тісністю.

Таблиця 5.31

Результати кореляційного аналізу поточного приросту стовбурової деревини за запасом робінієвих деревостанів

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Статистичні показники	Таксаційні показники деревостанів			
	<i>A</i> , роки	<i>D</i> , см	<i>H</i> , м	<i>P</i>
Коефіцієнт кореляції (<i>r</i>)	-0,21	0,39	0,30	0,42
Кореляційне відношення (<i>η</i>)	0,42	0,71	0,63	0,77
Міра лінійності (<i>ε</i>)	0,13	0,35	0,31	0,41
Помилка міри лінійності (<i>ME</i>)	0,08	0,13	0,12	0,14

Математичне моделювання, а особливо множинне регресійне, є базисним методом дослідження складних багатопараметричних систем, до яких належать лісові фітоценози, і використовується для встановлення залежностей між інтегральними показниками деревостанів – фітомасою фракцій надземної частини, їх продукцією та таксаційними показниками (В. А. Усольцев, 2010).

На першому етапі визначення загальної продукції фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів Байрачного степу України здійснено розроблення математичних множинних нелінійних рівнянь оцінювання поточного приросту деревини за запасом та його частки (табл. 5.32).

Усі розроблені математичні моделі є значущими на 5 %-му рівні, характеризуються коефіцієнтами детермінації, які не перевищують його критичне значення ($R^2 = 0,25$). Двофакторні алометричні моделі оцінювання приросту деревини стовбурів робінієвих деревостанів (5.94, 5.95), у яких аргументами впливу є вік і середня висота та середній діаметр і середня висота мають коефіцієнти детермінації, які знаходяться на межі з критичним значенням, у той же час розрахункові критерії Фішера цих моделей не перевищують його критичне значення ($F = 3,13$, рівень значущості = 0,05), тобто їх адекватність не підтверджено.

Найвищі значення коефіцієнта детермінації та розрахункового критерію Фішера зафіксовані при включенні відносної повноти деревостану у регресійне рівняння, яке описує залежність поточного приросту деревини за запасом від середнього діаметра і середньої висоти.

Таблиця 5.32

Моделі оцінювання поточного приросту стовбурової деревини за запасом і його частки у деревостанах робінії несправжньоакації

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Номер моделі	Вид рівняння	R^2	F-тест
Поточний приріст стовбурової деревини за запасом			
5.50	$Z_{\delta}^{cm}M = 19,004 \cdot D^{0,119} \cdot H^{-0,442} \cdot P^{1,288}$	0,81	10,79
5.51	$Z_{\delta}^{cm}M = 14,050 \cdot A^{-0,554} \cdot D^{-0,143} \cdot H^{-0,757} \cdot P^{0,274}$	0,80	7,83
Частка поточного приросту стовбурової деревини за запасом			
5.52	$BZ_{\delta}^{cm}M = 48,009 \cdot A^{-1,800} \cdot D^{-1,433}$	0,97	6,37
5.53	$BZ_{\delta}^{cm}M = 12,308 \cdot D^{-0,591} \cdot H^{2,118} \cdot P^{0,050}$	0,98	7,14

Багатоваріантна комбінаторика факторів впливу, результати оцінювання адекватності розроблених нелінійних моделей, на основі врахування значень коефіцієнтів детермінації, критеріїв Фішера й Стюдента та довірчих інтервалів коефіцієнтів регресії, обумовили вибір моделі (5.50) для використання розрахунку поточного приросту за запасом, та у подальшому, продукції стовбурової деревини робінієвих деревостанів, яка описує 81 % дисперсії залежної змінної. Поточний приріст за запасом стовбурової деревини деревостанів досліджуваного виду у Байрачному степу України за модальної відносної повноти 0,9 наведено у табл. 5.33.

У дослідженні встановлено значення середньої базисної щільності деревини стовбурів дерев робінії несправжньоакації у Байрачному степу України, яке дорівнює $0,499 \text{ т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$.

Фрагмент отриманих даних розрахунків продукції стовбурової деревини робінієвих деревостанів з модальною відносною повнотою 0,9, наведено у табл. 5.34. Повні дані розрахунків продукції стовбурової деревини деревостанів робінії Байрачного степу України із середнім діаметром стовбура 4–32 см та середньою висотою – 4–30 м за умови модальних відносних повнот 0,6–0,9 представлені у Додатку Г.

Таблиця 5.33

Поточний приріст стовбурової деревини за запасом деревостанів робінії несправжньоакації, $\text{м}^3 \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	8,92	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	9,36	8,24	–	–	–	–	–	–	–	–
8	9,69	8,53	7,73	–	–	–	–	–	–	–
10	9,95	8,76	7,94	7,32	–	–	–	–	–	–

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

12	–	8,95	8,11	7,48	–	–	–	–	–	–
14	–	–	8,26	7,62	7,12	6,71	–	–	–	–
16	–	–	8,39	7,74	7,23	6,82	–	–	–	–
18	–	–	–	7,85	7,34	6,92	6,56	6,27	–	–
20	–	–	–	–	7,43	7,00	6,65	6,34	–	–
22	–	–	–	–	–	7,08	6,72	6,42	6,15	–
24	–	–	–	–	–	–	6,79	6,48	6,22	5,98
26	–	–	–	–	–	–	–	6,55	6,28	6,04
28	–	–	–	–	–	–	–	–	6,33	6,09

Аналіз наведених у табл. 5.34 даних, дозволяє стверджувати, що продукція стовбурової деревини змінюється у двох взаємопротилежних напрямках – у межах певної градації середнього діаметра спадає зі збільшенням середньої висоти, і зростає зі збільшенням середнього діаметра за умови сталого значення середньої висоти головної породи деревостану.

Таблиця 5.34

**Продукція стовбурової деревини робінієвих деревостанів,
т·(га·рік)⁻¹**

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	4,45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,67	4,11	–	–	–	–	–	–	–	–
8	4,83	4,26	3,86	–	–	–	–	–	–	–
10	4,96	4,37	3,96	3,65	–	–	–	–	–	–
12	–	4,47	4,05	3,73	–	–	–	–	–	–
14	–	–	4,12	3,80	3,55	3,35	–	–	–	–
16	–	–	4,19	3,86	3,61	3,40	–	–	–	–
18	–	–	–	3,92	3,66	3,45	3,28	3,13	–	–
20	–	–	–	–	3,71	3,49	3,32	3,17	–	–
22	–	–	–	–	–	3,53	3,35	3,20	3,07	–
24	–	–	–	–	–	–	3,39	3,24	3,10	2,99
26	–	–	–	–	–	–	–	3,27	3,13	3,01
28	–	–	–	–	–	–	–	–	3,16	3,04
30	–	–	–	–	–	–	–	–	3,19	3,07

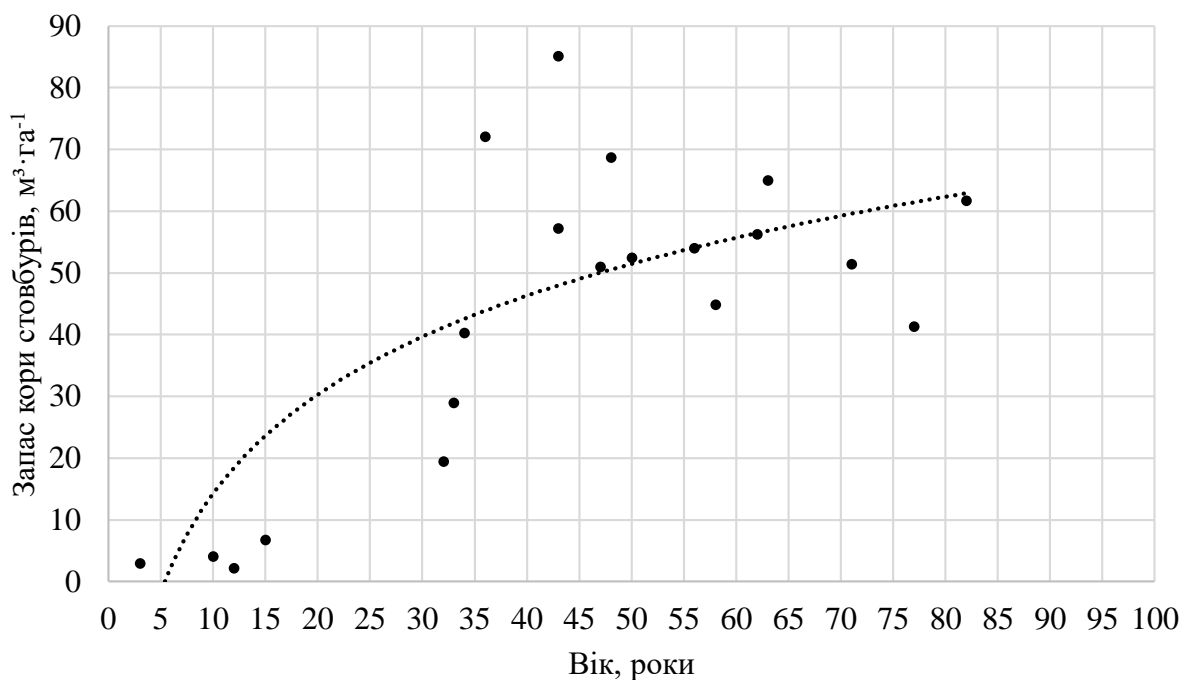
Загалом за рік у робінієвих деревостанах з відносною повнотою 0,9 може продукуватися від 2,99 до 4,96 т·(га·рік)⁻¹ деревини стовбурів. У лісах Байрачного степу України найбільша площа зайнята насадженнями робінії несправжньоакації перестиглої групи віку, для яких у діапазоні середніх діаметрів 14–

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

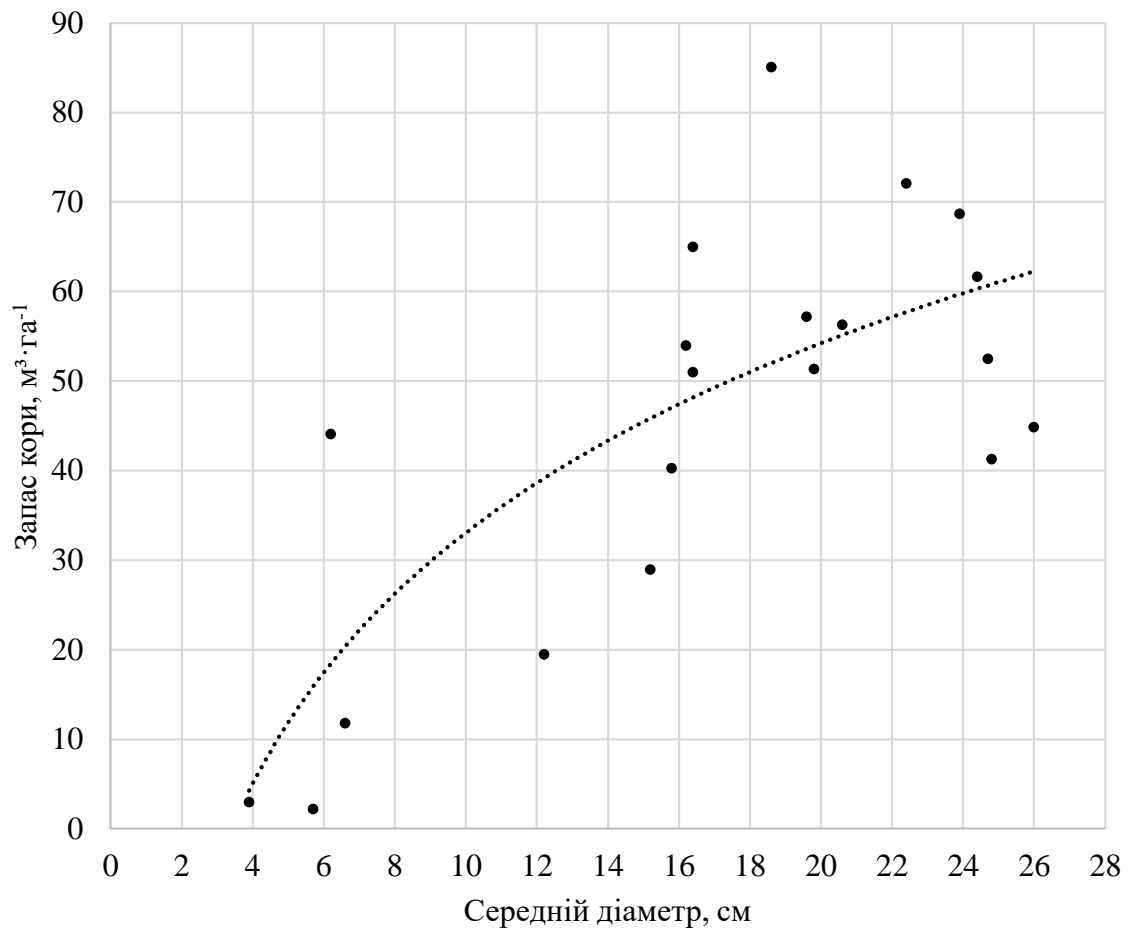
30 см, продукція стовбурової деревини знаходиться у межах $3,07\text{--}4,12 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$.

При здійсненні оцінювання загальної продукції робінієвих деревостанів регіону дослідження одним з ключових питань також було дослідження продукції кори стовбурів. Визначення обсягів фітомаси кори та її річної продукції у робінієвих деревостанів є актуальним ресурсознавчим питанням, так як кора дерев досліджуваного виду є цінним джерелом біологічно активних сполук поліфенольної природи і є визнаною сировиною для фармацевтичної промисловості, що підтверджено її включенням до фармакопеї ряду країн (В. Сui, J. Kinjo, & T. Nohara, 1992, 1993; *European Pharmacopoeia*, 2001). На рис. 5.10 наведено тренди залежності запасу кори стовбурів робінієвих деревостанів від основних таксаційних показників.

а)

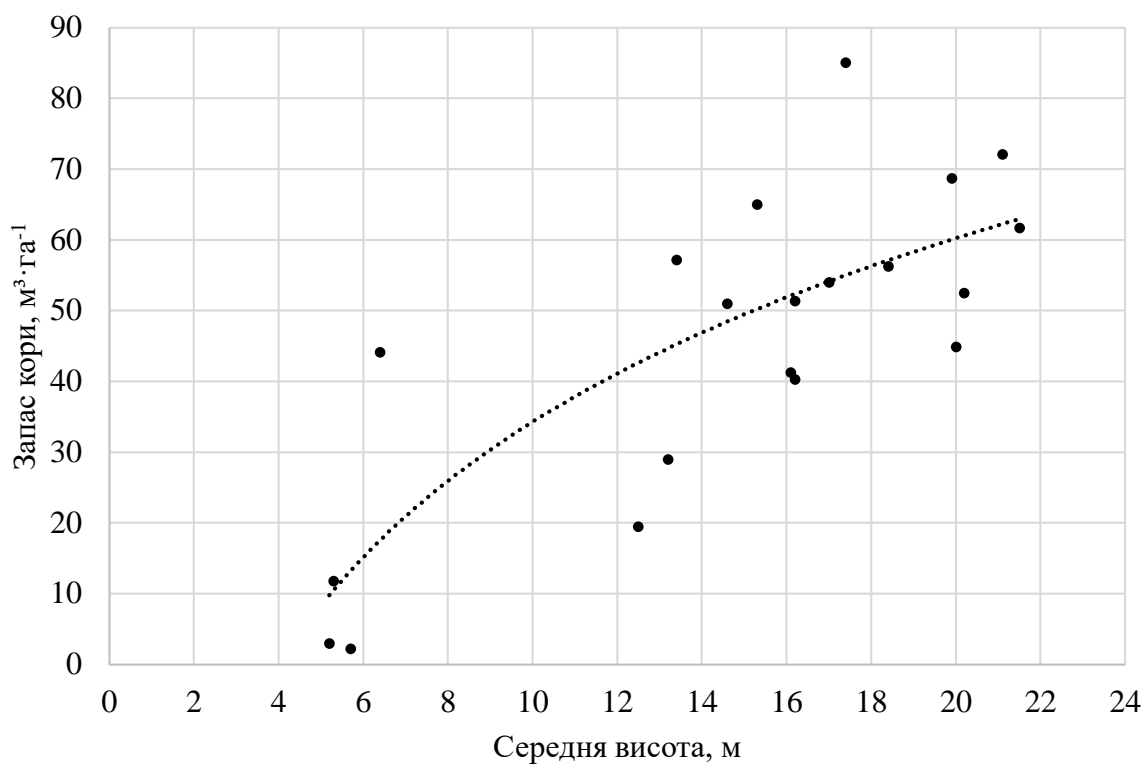


б)



В)

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ



г)

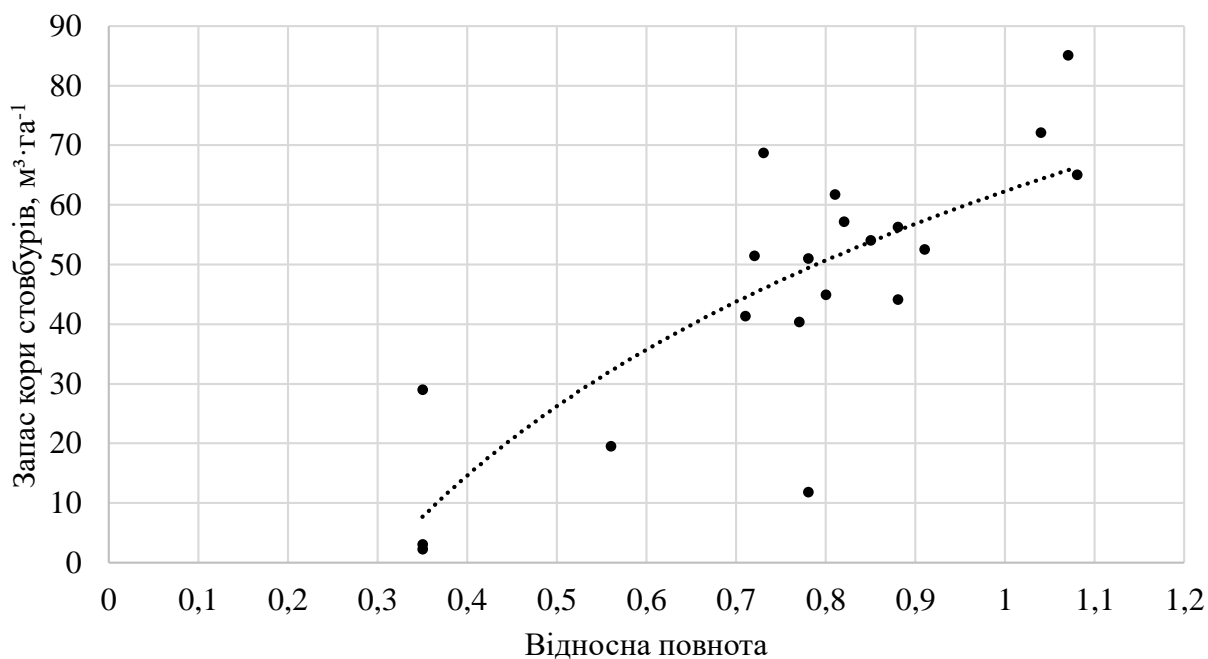


Рис. 5.10. Залежність запасу кори стовбурів робінієвих деревостанів залежно від основних таксаційних показників: а) – віку; б) – середнього діаметра; в) – середньої висоти; г) – відносної повноти

Аналіз отриманих трендів визначив наступний етап оцінювання продукції кори – моделювання запасу кори робінієвих деревостанів з основними таксаційними показниками, результати якого наведені у табл. 5.35.

Таблиця 5.35

**Моделі оцінювання запасу кори стовбурів робінієвих
 деревостанів**

Номер моделі	Вид рівняння	R^2	F-тест
5.54	$M_k^{cm} = 5,905 \cdot D^{-0,194} \cdot P^{1,205}$	0,81	22,03
5.55	$M_k^{cm} = 3,784 \cdot D^{0,218} H^{0,760} \cdot P^{0,967}$	0,91	94,92

Адекватність моделей підтверджені значущими коефіцієнтами детермінації, довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії та критерієм Фішера. Значення коефіцієнта детермінації трьохфакторного рівняння з середнім діаметром, середньою висотою та відносною повнотою деревостану, демонструє інтерполяцію цієї моделі на 91 % вибірки.

Для розрахунку запасу стовбурової кори деревостанів найбільш доцільним щодо практичного використання визначено трифакторне алометричне рівняння (5.55) із включенням середнього діаметра, середньої висоти та відносної повноти, для яких коефіцієнти регресії мали достовірні довірчі інтервали. На рис. 5.11 представлений розподіл залишків рівняння розрахунку запасу кори робінієвих деревостанів, який свідчить про її коректність. Результати розрахунків запасу стовбурової кори робінієвих деревостанів наведено у табл. 5.36.

Попередніми дослідженнями визначено значення середньої базисної щільності кори стовбурів робінії несправжньоакації, яке дорівнює $0,301 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ (S. Sytnyk, V. Lovynska, P. Lakyda, & K. Maslikova, 2018).

Екстраполяція частки поточного приросту стовбурової деревини за запасом на розрахунок продукції кори базується на тезі, що інтенсивність меристематичної діяльності камбію, який забезпечує утворення двох комплексних тканин – деревини і лубу є рівнозначною протягом вегетаційного періоду щодо формування зазначених компонентів стовбура. Розраховані значення продукції

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

кори стовбурів робінієвих деревостанів Байрачного степу України, наведені у табл. 5.37.

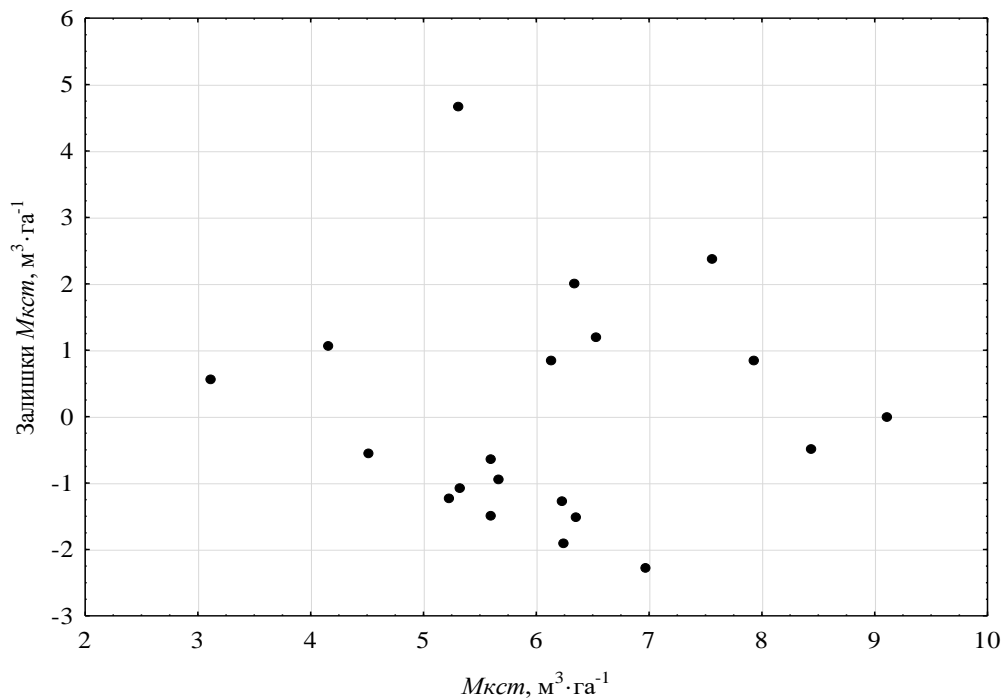


Рис. 5.11. Графічна інтерпретація залишків моделі (5.55) запасу кори деревостанів робінії несправжньоакації

Таблиця 5.36

Запас стовбурової кори робінієвих деревостанів, м³·га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	13,14	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	12,46	19,22	–	–	–	–	–	–	–	–
8	12,00	18,51	25,91	–	–	–	–	–	–	–
10	11,66	17,98	25,16	33,11	–	–	–	–	–	–
12	–	17,55	24,57	32,33	–	–	–	–	–	–
14	–	–	24,08	31,68	39,96	48,86	–	–	–	–
16	–	–	23,66	31,13	39,27	48,02	–	–	–	–
18	–	–	–	30,66	38,67	47,28	56,46	66,16	–	–
20	–	–	–	–	38,14	46,63	55,68	65,26	–	–
22	–	–	–	–	–	46,05	54,99	64,45	74,40	–
24	–	–	–	–	–	–	54,37	63,72	73,55	83,85
26	–	–	–	–	–	–	–	63,05	72,79	82,98
28	–	–	–	–	–	–	–	–	72,08	82,17

Попередніми дослідженнями визначено значення середньої базисної щільності кори стовбурів робінії несправжньоакації, яке дорівнює $0,301 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ (S. Sytnyk, V. Lovynska, P. Lakyda, & K. Maslikova, 2018).

Екстраполяція частки поточного приросту стовбурової деревини за запасом на розрахунок продукції кори базується на тезі, що інтенсивність меристематичної діяльності камбію, який забезпечує утворення двох комплексних тканин – деревини і лубу є рівнозначною протягом вегетаційного періоду щодо формування зазначених компонентів стовбура. Розраховані значення продукції кори стовбурів робінієвих деревостанів Байрачного степу України, наведені у табл. 5.37.

Таблиця 5.37

**Продукція стовбурової кори робінієвих деревостанів,
 $\text{т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$**

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,28	0,46	–	–	–	–	–	–	–	–
8	0,22	0,36	0,51	–	–	–	–	–	–	–
10	0,19	0,33	0,48	0,69	–	–	–	–	–	–
12	–	0,30	0,41	0,59	–	–	–	–	–	–
14	–	–	0,38	0,52	0,68	0,85	–	–	–	–
16	–	–	0,35	0,48	0,63	0,79	–	–	–	–
18	–	–	–	0,46	0,59	0,71	0,83	1,01	–	–
20	–	–	–	–	0,53	0,68	0,78	0,93	–	–
22	–	–	–	–	–	0,64	0,74	0,89	1,11	–
24	–	–	–	–	–	–	0,71	0,83	1,03	1,13
26	–	–	–	–	–	–	–	0,79	0,99	1,08
28	–	–	–	–	–	–	–	–	0,95	1,04

Аналіз даних, наведених у табл. 5.37, дозволяє стверджувати, що продукція кори стовбурів у межах певної градації середньої висоти спадає зі збільшенням середнього діаметра і збільшується з середньою висотою за умови сталого значення середнього діаметра. У робінієвих деревостанів, які мають однакові значення середнього діаметра і середньої висоти зі збільшенням відносної повноти відбувається інтенсифікація продукування стовбурової кори. Встановлено, що продукція стовбурової кори досліджуваних

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

деревостанів в умовах Байрачного степу України у діапазоні середніх діаметрів 4–30 см, середньої висоти – 4–28 м і відносних повнот 0,6–0,9 змінюється у межах від 0,15 до 1,48 т·(га·рік)⁻¹.

У табл. 5.38 наведено дані загальної стовбурової продукції досліджуваних деревостанів. Загалом у високоповнотному деревостані за рік приростає деревини і кори стовбурів від 4,05 до 5,15 т·га⁻¹.

Таблиця 5.38

Продукція стовбурів у корі робінієвих деревостанів, т·(га·рік)⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Відносна повнота 0,9									
4	4,80	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,95	4,57	–	–	–	–	–	–	–	–
8	5,05	4,62	4,37	–	–	–	–	–	–	–
10	5,15	4,70	4,44	4,33	–	–	–	–	–	–
12	–	4,77	4,46	4,32	–	–	–	–	–	–
14	–	–	4,50	4,32	4,23	4,20	–	–	–	–
16	–	–	4,54	4,34	4,24	4,19	–	–	–	–
18	–	–	–	4,38	4,25	4,16	4,11	4,14	–	–
20	–	–	–	–	4,24	4,17	4,10	4,10	–	–
22	–	–	–	–	–	4,17	4,09	4,09	4,18	–
24	–	–	–	–	–	–	4,10	4,07	4,13	4,12
26	–	–	–	–	–	–	–	4,06	4,12	4,09
28	–	–	–	–	–	–	–	–	4,11	4,08

Продукцію структурних компонентів крони робінієвих деревостанів Байрачного степу України оцінено за розробленими нелінійними статистично достовірними моделями (5.56, 5.58), характеристику яких наведено у табл. 5.39. Розрахунок продукції гілок крони у корі здійснено за рівнянням поліному 2-го порядку, яке описує різницю фітомаси зазначеної фракції у віці деревостану A та $(A-1)$ (рис. 5.12). Верифікація математичних рівнянь розрахунку продукції листя дозволила визначити найбільш адекватну і коректну модель (5.60) розрахунку асиміляційної складової деревостану із включенням середнього діаметра і середньої висоти. Річну продукцію листя оцінено з урахуванням коефіцієнта щорічної втрати фітомаси (0,02), який у розрахунках чистої первинної продукції

використовували А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, & С. Нильссон, 2007; В. І. Блищик, 2015).

Таблиця 5.39

**Моделі оцінювання продукції компонентів крони
 робінієвих деревостанів**

Номер моделі	Вид рівняння	R^2	F-тест
Продукція гілок крони у корі			
5.56	$Pr_{гил} = (-0,0021 \cdot A^2 + 0,4704A - 0,7539) - (-0,0021 \cdot (A-1)^2 + 0,4704A - 0,7539)$	0,68	5,13
Продукція листя			
5.57	$Pr_{л} = 0,7691 + 0,0595A - 0,0003A^2$	0,64	6,11
5.58	$Pr_{л} = 3,735 \cdot D^{-0,047} \cdot H^{2,121} \cdot P^{0,113}$	0,63	5,83

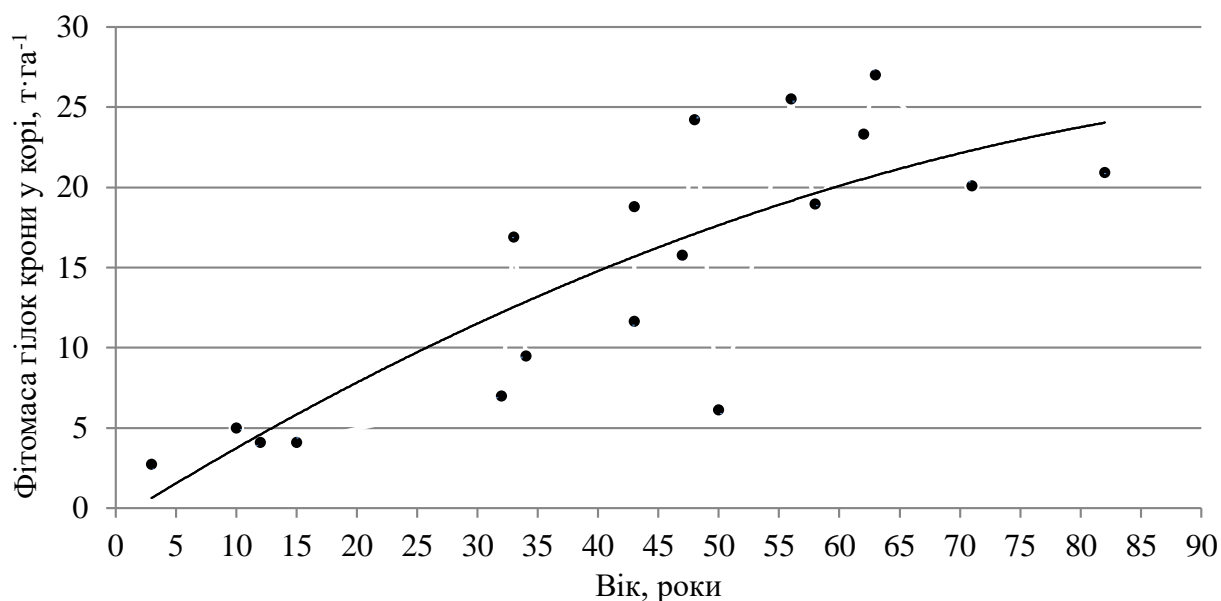


Рис. 5.12. Тренд фітомаси гілок крони у корі від віку робінієвого деревостану

Встановлені у дослідженні значення річної продукції структурних компонентів фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів (стовбурової деревини і кори, гілок крони у корі, листя) й їх загальні тенденції зміни із динамікою основних таксаційних показників не можливо порівняти з результатами аналогічних даних для досліджуваного виду у будь якій природній зоні України, природного ареалу або іншого району інтродукції за причини їх відсутності. Українських та закордонних робіт,

присвячених дослідженню річної продукції дерев або деревостанів робінії несправжньоакації у опрацьованій науковій літературі не було виявлено. Для розуміння рівня фітомаси, яка продукується у надземній частині деревостану за вегетаційний період було прийнято рішення порівняти отримані результати з даними продукції деревних видів й з їх трендами при збільшенні таксаційних показників насадження, які наведені у монографії В. А. Усольцева «*Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии*» (2010), яка на даний час є найбільш повним зведенням даних біологічної продуктивності лісів Євразії.

Встановлений для робінієвих деревостанів діапазон значень річної продукції стовбурової деревини й тренд її зменшення із збільшенням значень середнього діаметра і середньої висоти узгоджуються із даними досліджуваного параметру й тенденціями динаміки для деревостанів лісотвірних деревних видів родин:

Березові (*Betulaceae* Gray):

береза повисла (*Betula pendula* Roth.) (Н. А. Колодченко, 1974);
вільха клейка (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) (Е. А. Сидорович,
Ж. А. Рупасова, & Е. Г. Бусько, 1985).

Вербові (*Salicaceae* Mirb.):

верба (*Salix* sp) (Н. D. Raschka & D. Auer, 1996);
осика (*Populus tremula* L.) (С. Г. Рождественский, 1979; J. Ni,
2001);

тополя евфратська (*Populus euphratica* Oliv) (Т. Luo, 1996).

Букові (*Fagaceae* Dumort):

бук лісовий (*Fagus sylvatica* L.) (Я. П. Однак & Д. В. Борсук, 1977,
1983; М. А. Голубець & Л. І. Половников, 1975; С. М. Möller,
D. Müller, & J. Nielsen, 1954; P. Duvigneaud, P. Kestemont, &
P. Ambroes, 1977; D. L. DeAngelis & R. H. Gardner, & H. H. Shugart,
1981);

дуб звичайний (*Quercus robur* L.) (Н. П. Ремезов, 1961; Л. Е. Родин
& Н. И. Базилевич, 1965; О. С. Ватковский, 1969, 1973;
Е. А. Сидорович, Ж. А. Рупасова, & Е. Г. Бусько, 1985);

дуб скельний (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) (P. Duvigneaud,
P. Kestemont, & P. Ambroes, 1977);

каштанник гостроверхівковий (*Castanopsis cuspidata* Thunb)
(М. Kan, Н. Saito, & Т. Shidei, 1965);

дуб каштанолистий (*Quercus castaneifolia* С. А. May)
(И. С. Сафаров & К. Г. Джалилов, 1973).

Продукція деревини стовбурів робінієвих деревостанів у абсолютних одиницях ($\text{т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$) і тренд її змінювання (4,7 при $D = 6$ см, $H = 6$ м; \rightarrow 3,4 при $D = 16$ см, $H = 16$ м; \rightarrow 3,0 при $D = 24$ см, $H = 24$ м) є співставною з аналогічними даними деревостанів дуба звичайного у Лісостепу (5,0 при $D = 20$ см, $H = 20$ м; \rightarrow 3,5 при $D = 26$ см, $H = 24$ м) і майже удвічі меншою за продукцію бука лісового в Українських Карпатах 8,89 ($D = 8,7$ см, $H = 14,0$ м) і 3,32 ($D = 33,9$ см, $H = 20,9$ м).

Зазначимо, що окрім тотожності тенденцій змінювання річної продукції стовбурової деревини і листя для деревостанів робінії несправжньоакації та дуба звичайного, також у цих видів узгодженою є динаміка компонентів фітомаси надземної частини деревостанів зі збільшенням середніх діаметрів і середніх висот.

Інтенсифікація продукування стовбурової кори зі збільшенням таксаційних характеристик деревостану, яка була встановлена для деревостанів робінії несправжньоакації у Байрачному степу України, також наводиться для штучних деревостанів липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) Башкирського Передуралля за значень $D = 9,5$ см і $H = 11,6$ м – продукція кори становить $1,17 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$; $D = 12,7$ см і $H = 15,8$ м – $2,98 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$; $D = 13,6$ см і $H = 15,2$ м – $3,57 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$ (А. К. Габделхаков, 2003, 2005; А. К. Габделхаков & А. А. Арсланов, 2009; А. К. Габделхаков, А. А. Арсланов, & М. Р. Ситдигов, 2009). За значень основних таксаційних показників, наближених до наведених для липових деревостанів у досліджуваних робінієвих деревостанах продукування кори стовбурів є меншим у 1,6–4,1 рази ($D = 10,0$ см і $H = 12,0$ м – $0,69 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$; $D = 14,0$ см і $H = 16,0$ м – $0,85 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$, проте тенденція є аналогічною – збільшення продукування стовбурової кори зі зростанням середніх діаметра і висоти.

Продукція листя у робінієвих деревостанах знаходиться у діапазоні значень $1,0$ – $3,6 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$, у середньому на гектарі за

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

рік формується до 2,7 т вегетативних органів асиміляції. Збільшення середнього діаметра і середньої висоти у деревостані призводить до зменшення річної продукції листяної фракції. У літературі, результати досліджень річної продукції зазначеної фракції надземної фітомаси деревостанів наведено для незначної кількості лісотвірних видів, у яких її абсолютні значення і динаміка є тотожними до встановлених у дослідженні. У лісах Азербайджана зменшення річної продукції листя характерно для деревостанів дуба каштанолистого (*Quercus castaneifolia* C. A. May), т·(га·рік)⁻¹: 5,68 – ($D = 12$ см, $H = 12$ м; 3,58 – ($D = 28$ см, $H = 28$ м). Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) у лісах цієї географічної зони за значень таксаційних показників деревостану $D = 20$ см, $H = 20$ м продукує до 2,84 т·(га·рік)⁻¹ (И. С. Сафаров & К. Г. Джалилов, 1973). Продукція листя деревостанів (т·(га·рік)⁻¹) дуба скельного (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) у лісах Бельгії становить – 1,4–3,5 (P. Duvigneaud, P. Kestemont, & P. Ambroes, 1977), бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) в Українських Карпатах – 2,7–3,6 (Я. П. Однак & Д. В. Борсук, 1983; Я. П. Однак, Д. В. Борсук, & В. Ф. Гранатырь, 1977); Німеччині – 3,3 (D. L. DeAngelis, R. H. Gardner, & H. H. Shugart, 1981). У лісах Данії деревостанами цього виду листя продукується у діапазоні 2,1–2,9 т·(га·рік)⁻¹ (С. М. Möller, D. Müller, & J. Nielsen, 1954).

Оцінювання рівня й інтенсивності річної продукції досліджуваних структурних компонентів фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів здійснено шляхом їх порівняння із ідентичними значеннями аналогічних фракцій надземної фітомаси дубових деревостанів віком 51, 57 та 66 років, які досліджені у Телерманівському лісництві, на межі природних зон Степу і Лісостепу (Н. Ф. Каплина, Н. Г. Жиренко, & А. Ф. Ильюшенко, 2009) (табл. 5.40).

Згідно даних, наведених у табл. 5.40, можна констатувати менше річне продукування стовбурової деревини і гілок та більше кори стовбурів й листя у робінієвих деревостанах порівняно з дубовими. Відсутність інформації щодо методики дослідження пофракційної продукції деревостанів дуба звичайного, відмінність

едафо-кліматичних та лісорослинних умов функціонування насаджень можуть спричиняти значний вплив на легітимність порівняльного оцінювання.

Таблиця 5.40

Порівняльна характеристика продукції фракційного складу надземної частини робінієвих і дубових деревостанів

Таксаційні показники		Продукція компонентів надземної фітомаси, т·(га·рік) ⁻¹			
середній діаметр, см	середня висота, м	стовбур		гілки у корі	листя
		деревина	кора		
<u>19,6</u>	<u>19,6</u>	<u>5,0</u>	<u>0,6</u>	<u>4,0</u>	<u>3,0</u>
20,0	20,0	3,2	0,9	0,4	4,3
<u>21,9</u>	<u>21,3</u>	<u>4,6</u>	<u>0,5</u>	<u>3,7</u>	<u>3,4</u>
22,0	22,0	3,1	1,1	0,4	4,2
<u>26,4</u>	<u>24,0</u>	<u>3,5</u>	<u>0,4</u>	<u>3,1</u>	<u>2,4</u>
26,0	24,0	3,0	1,1	0,3	3,8

чисельник * – робінієві деревостани, дані дослідження; знаменник ** – дубові деревостани, дані Н. Ф. Капиной и др. (2009)

Проаналізуємо біологічні і екологічні причини, які обумовлюють і спричиняють вплив на продукцію структурних компонентів надземної фітомаси деревостанів. Тренд збільшення з часом маси деревини на рівні індивідуального дерева або деревостану безпосередньо залежить від зміни величини діаметрів стовбурів і висот дерев, збільшення яких відбувається непропорційно у різні періоди віку (Є. І. Цурик, 2008; Ю. І. Червений & П. Р. Третьак, 2010). Інтенсивність річного продукування фітомаси лісового насадження залежить від значної кількості чинників різної етіології: абіотичних, біотичних, антропогенних, і найголовніше – генетично детермінованих (Д. Е. Румянцев & А. А. Епишков, 2015).

Джерелом утворення усіх структурних елементів тканин стовбура дерев – паренхіми, деревини, лубу, є камбій – одноклітинний шар вторинної латеральної меристеми. Річна продукція структурних компонентів надземної частини деревостанів робінії несправжньоакації, як і будь-яких інших біологічних видів, перш за все є залежною від інтенсивності функціональної активності камбію (Э. Д. Лобжанидзе, 1961).

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Після мітозу, із двох дочірніх камбіальних клітин одна залишається меристематичною, а інша диференціюється: якщо вона знаходиться назовні від шару камбію, то перетворюється на елемент флоєми – складової лубу, якщо з внутрішнього – у клітину ксилеми, тобто деревини. Більшість поділів клітин камбію призводить до формування нових елементів деревини.

Аналіз основних факторів, які спричиняють зміни інтенсивності меристематичної діяльності зазначеної тканини, відмінності у гістогенезі елементів деревини і кори покритонасінних дводольних рослин життєвої форми «дерево» допоможе зрозуміти біологічні основи встановлених тенденцій зменшення продукування стовбурової деревини робінієвими деревостанами у Байрачному степу України при збільшенні таксаційних показників деревостану.

На думку Н. А. Галибиной (2018) генотип біологічного виду є константною характеристикою, тому відмінність річного приросту та його вікової динаміки визначають сукупність екологічних чинників умов, у яких відбувається ріст і розвиток насаджень. Генетичні програми ксилогенеза, які пов'язані з формуванням судин і волокон деревини стовбура, обумовлені рівнем експресії генів, які кодують синтез регуляторів діяльності камбію – пептида CLE41 і його рецептора TDR-PXY. У листяних кільцесудинних деревних видів, до яких належить робінія несправжньоакація, товщина шару ранньої деревини генотипічно детермінована ознака, яка має слабку залежність від умов навколишнього середовища.

Концентрація рослинних гормонів росту – ауксинів, гіберелінів, цитокінінів, раффінози є основними причинами зміни інтенсивності меристематичної функціональної діяльності камбію (Л. Н. Меньяло, 1987; В. В. Коровин, Л. Л. Новицкая, & Г. А. Курносов, 2003). Процес його регуляції рослинними гормонами зазначено у роботі німецького лісівника Теодора Гартига, який ще у 1853 р. відмічав, що радіальний приріст починає формуватися у основи бруньки, яка розпочала ростові процеси, і розповсюджується стовбуром за низхідною траєкторією (Д. Е. Румянцев & А. А. Епишков, 2015).

Строки й інтенсивність камбіальної діяльності та цитодиференціювання структурних компонентів деревини – трахеїд, визначаються специфічністю сезонних надходжень і динаміки фітогормонів у прикамбіальній зоні стовбура дерев. На цей процес впливає різночасність функціонування апікальних меристем пагонів і коренів, тобто за висотою дерева спостерігається градієнт фітогормонів, який обумовлює різницю у строках й інтенсивності камбіальної діяльності та онтогенезу трахеїд, що визначає специфіку будови деревини у різних частинах стовбура (Л. Н. Меньяло, 1987). Протягом онтогенезу концентрація гормонів ауксинів може знижуватися до чотирьох разів (Н. Е. Судачкова, 1981). У роботі М. Н. Zimmermann & С. L. Brown (1989) зазначено, що стимуляція активації камбію навесні забезпечує базипетальне розповсюдження індолілоцтової кислоти, яка продукується у вегетативних бруньках. Клітини, які приймають участь у транспорті та накопиченні поживних речовин, розташовані тільки у молодих шарах деревини – заболоні, яка локалізована ближче всього до камбію. У робінії несправжньооакації заболонь складена всього декількома річними кільцями і досягає не більше 13 мм (P. Wareing & D. Roberts, 1956). З віком, по мірі старіння деревини паренхімні клітини проростають крізь пори судин і трахеїд, утворюючи у них пробки, або тілли, які перешкоджають руху води (В. Е. Вихров, 1954).

Зміни інтенсивності меристематичної діяльності камбію протягом онтогенезу та процес диференціації структурних елементів деревини і лубу багато авторів розглядають як адаптивну реакцію деревних видів на дію факторів умов місцезростань (Н. С. Fritts, 1976; К. R. Briffa & T. M. L. Wigley, 1985). Залежно від абіотичних умов року формування, річний приріст, характеризується значною відмінністю анатомічної структури стовбурової деревини. Відмінність спостерігається як за кількісними (ширина річного кільця, співвідношення ранньої та пізньої деревини), так і за якісними (щільність шару пізньої деревини, інтразональні включення) параметрами (Е. А. Ваганов & А. И. Терсков, 1977; D. L. DeAngelis, R. H. Gardner, & Н. Н. Shugart, 1981). Деревя, які

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

протягом вегетаційного періоду зазнали дію нетривалого стресу (рекурентну посуху, відмирання і пошкодження листя, обумовлене різними причинами – пізніми заморозками, шкідниками, хворобами) можуть формувати два кільця приросту, а іноді й більше (Э. Д. Лобжанидзе, 1961).

На камбіальну активність також можуть спричиняти дію абіотичні чинники різної етіології – природні і штучні випромінювання, ксенобіотики та надмірні концентрації аерогенних і едафогенних природних неорганічних контамінантів. Трофічний фон, забезпечення водою, активність ферментів також можуть спричиняти зміни інтенсивності меристематичної функціональної діяльності камбію. Зміни умов живлення камбію і вмісту води, як одна з головних причин утворення річних шарів деревини зазначена у наукових роботах (Е. А. Ваганов & А. И. Терсков, 1977; В. В. Коровин, Л. Л. Новицкая, & Г. А. Курносков, 2003). Диференціація судин і волокон – головних складових деревини відбувається на фоні високої активності цитоплазматичної апопластної інвертази і сахаросинтезази (Н. А. Галибина, 2018).

Гістологічна диференціація приросту переважно детермінована спадковими властивостями біологічного виду, які здійснюються незалежно від періодичних змін навколишнього середовища місцезростань, проте частково є результатом періодичних змін дії факторів середовища на дерево (А. А. Молчанов & В. В. Смирнов, 1967; В. Е. Москалева, 1957). Важливо відмітити роботи, у яких показано фотоперіодичний контроль меристематичної активності камбію та його непряму дію щодо управління синтезом ауксинів та інгібіторів росту (А. А. Молчанов, 1970; Ловелиус, 1979; А. М. Митряйкина, 2005; Д. Е. Румянцев, 2010). Географічний аспект камбіальної активності пов'язаний з наявністю холодного сезону протягом року. Річне розшарування на ранню та пізню деревину пов'язують з чергуванням теплого і холодного періодів протягом року і, відповідно із сезонною періодичною діяльністю вторинних меристем (Н. С. Fritts, 1976; А. М. Митряйкина, 2005).

Інша тканина, яка утворюється камбієм – флоема, або луб, який також ще називають внутрішньою корою. Клітини флоєми після відмирання протопласту, сплющуються під впливом наростаючої у товщину деревини і входять до складу зовнішнього шару кори, яка потовщується за рахунок меристеми – пробкового камбію, або фелогену. Фелоген формується всередині живої флоєми або суцільним циліндричним шаром, або окремими ділянками. За ходом поділу фелогену назовні від нього відкладаються водонепроникний корок, а у протилежний бік – фелодерма, тканина утворена живими клітинами. Нерівномірне утворення короку у поєднанні з особливостями розтріскування кори по мірі її розтягування спричиняє складний і різноманітний рельєф поверхні стовбура і старих гілок. Кора з віком дерева потовщується, а її зовнішні шари безперервно відшаровуються. Оскільки зовнішня кора постійно відшаровується, а утворюється за рахунок діяльності камбію відносно повільно, тому за об'ємом і масою вона складає незначну частину стовбура дерева (К. Эсау, 1969). По мірі збільшення об'єму деревини меристематичне кільце не розривається, оскільки деякі клітинні поділи відбуваються за радіальною площиною, проте кора розтягується і розтріскується, характер розтріскування часто є видовою ознакою деревних рослин.

Н. А. Галибина (2018) висловлює припущення, що низька активність фермента сахаросинтетази у період камбіального росту може знижувати акцепторні властивості клітин ксилеми, що викликає істотне підвищення концентрації сахарози у флоємі, яке може спричиняти зміни програми розвитку клітин у камбіальній зоні кори. Механічний тиск кори на камбій і на новоутворені клітини деревини, може спричиняти формування клітин деревини з товстими клітинними оболонками і вузькими порожнинами (В. Е. Вихров, 1954). Величину тиску кори на деревину у радіальному напрямку виражає відношення тангентальної напруги до радіуса стовбура дерева. Тангентальне тяжіння кори зростає зі збільшенням діаметра стовбура і гілок, проте не є пропорційним у різні вікові періоди онтогенезу дерева. Тиск кори на радіальні елементи ксилеми у різних видів протягом вегетаційного періоду

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

знаходиться у межах 0,3–1,7 атмосфер (Д. Е. Румянцев & А. А. Епишков, 2015).

Отже, комплекс причин – генетично детерміновані механізми гістогенезу структурних елементів деревини і кори, зміна концентрації активаторів та інгібіторів росту, активності ферментів, едафо-кліматичні й біотичні умови культивування може спричинити встановлені тенденції зміни річної продукції структурних компонентів надземної частини робінієвих деревостанів у регіоні дослідження, а саме зменшення продукції стовбурової деревини й більш інтенсивне продукування кори зі збільшенням значень середнього діаметра і середньої висоти.

Надалі, використовуючи вихідні дані – таксаційні показники робінієвих деревостанів та розроблену систему математичних моделей оцінювання річної продукції деревини та кори стовбурів, гілок крони у корі та листя, запропоновано блок-схему розрахунку загальної продукції надземної частини деревостанів (рис. 5.13). Розрахунок і оцінювання загальної річної продукції надземної частини робінієвих деревостанів лісів Байрачного степу України здійснено на основі даних реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів». Отримані значення, які характеризують річну продукцію у функціонуючих насадженнях, відображають тенденції, які встановлені при моделюванні зазначених параметрів, а саме, зменшення з віком продукції стовбурової деревини і збільшення продукції кори.

Розподіл річної продукції робінієвих деревостанів Байрачного степу України за структурними компонентами надземної частини деревостанів і вікової структури у абсолютних одиницях наведено у табл. 5.41, динаміка співвідношення річної продукції за компонентами фітомаси у досліджуваних деревостанах з віком продемонстрована на рис. 5.14.

Більша частка (39,5–66,6 %) річної продукції досліджуваних деревостанів представлена продукцією деревини стовбурів. На загальну стовбурову продукцію (деревина і кора) приходить 43,5–70,8 % від загальної продукції надземної частини деревостанів. Найменше продукується гілок крони у корі, частка яких складає до 7,7 %. Фітомаса листя, яке наростає за

вегетаційний сезон є незначно меншою за продукцію стовбурової деревини і становить 20,5–40,3 %.

Значущість листя у структурі загальної річної продукції лісових фітоценозів зазначено у роботах (А. З. Швиденко, С. Нильсон, & В. С. Столбовой, 2000; А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, Е. А. Ваганов, & С. Нильсон, 2008). За експертними оцінками Н. И. Базилевич (1993) для будь яких типів лісів у структурі фітомаси характерне домінування деревини багаторічних органів (54–83 %), друге місце за значущістю належить підземним органам (15–35 %) і тільки третє – зеленим асимілюючим частинам рослин (1–13 %). Характерним є те, що в менш продуктивних лісах у складі річної продукції переважає частка зелених органів, у продуктивніших – деревина.

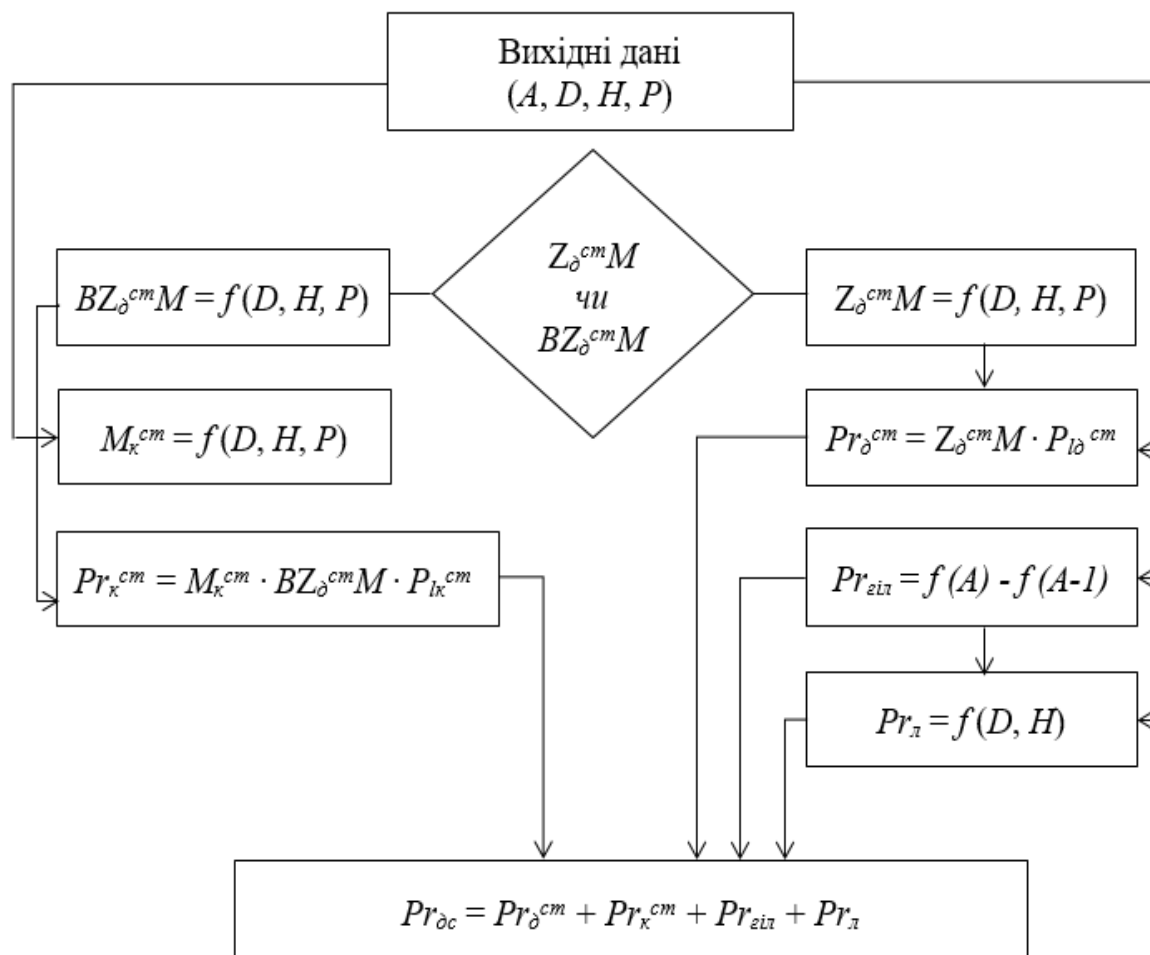


Рис. 5.13. Блок-схема розрахунку продукції надземної фітомаси робінієвих деревостанів Байрачного степу України

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

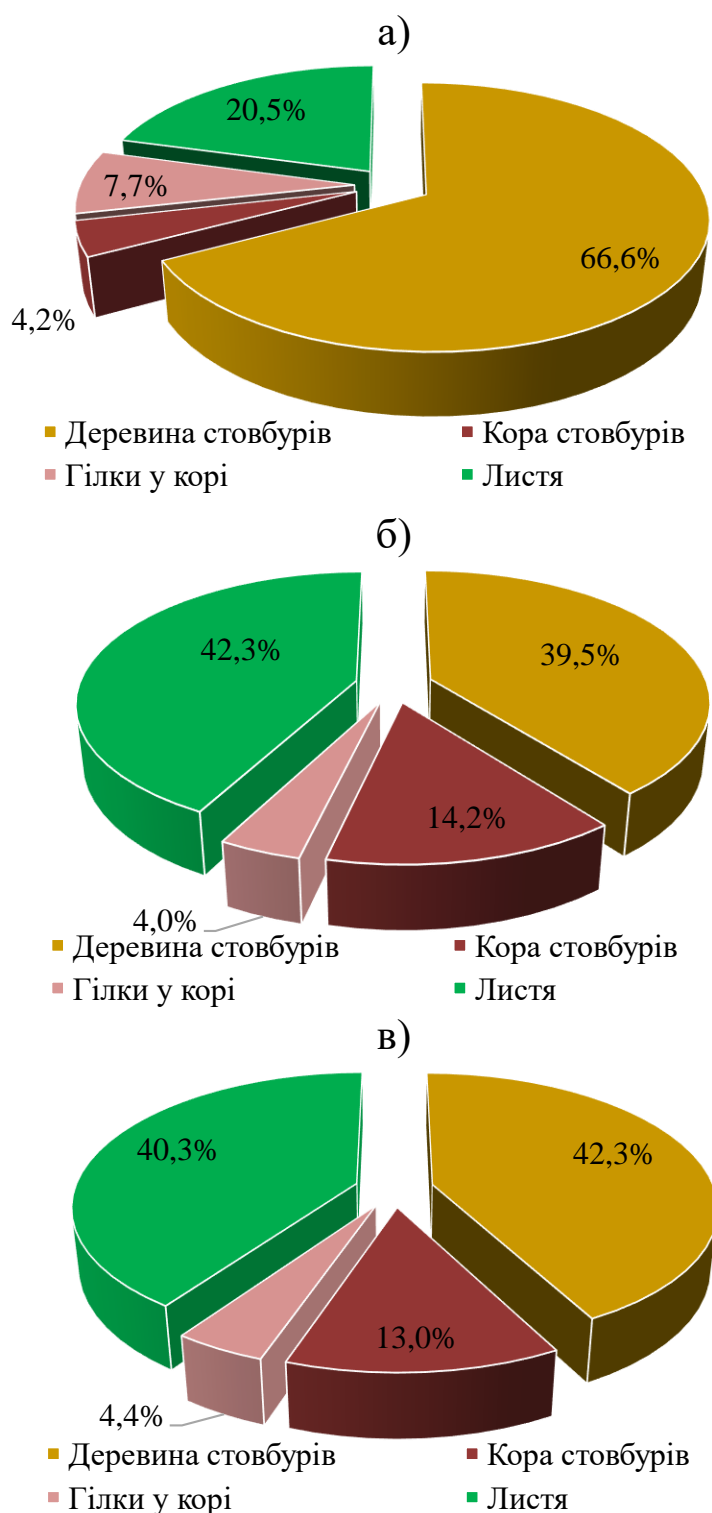


Рис. 5.14. Розподіл річної продукції деревостанів робінії несправжньоакації за структурними компонентами фітомаси надземної частини деревостану: а) молодняки (I–II клас віку); б) перестиглі деревостани (IX клас віку і вищі); в) загалом для модальних деревостанів, %

Таблиця 5.41

**Продукція надземної частини деревостанів робінії
несправжньоакації у Байрачному степу України**

Група віку/ клас віку	Площа, га	Продукція надземної частини деревостану				загалом
		стовбур		крона		
		деревина	кора	гілки	листя	
Молодняки/ I–II класи віку	370,2	<u>1398,6*</u> 3,77**	<u>87,3</u> 0,23	<u>161,9</u> 0,44	<u>451,9</u> 1,22	<u>2099,7</u> 5,67
Середньовікові/ III–V класи віку	1414,6	<u>4907,4</u> 3,47	<u>471,4</u> 0,33	<u>562,5</u> 0,40	<u>2395,9</u> 1,69	<u>8337,2</u> 5,89
Пристиглі/ VI клас віку	486,3	<u>1494,7</u> 3,07	<u>265,4</u> 0,54	<u>173,2</u> 0,36	<u>1042,0</u> 2,14	<u>2975,3</u> 6,11
Стиглі/ VII–VIII клас віку	2626,6	<u>7265,6</u> 2,77	<u>2100,6</u> 0,79	<u>835,3</u> 0,32	<u>6561,7</u> 2,50	<u>16763,2</u> 6,38
Перестиглі/ IX– клас віку	12780,0	<u>34370,2</u> 2,69	<u>12414,5</u> 0,97	<u>3423,1</u> 0,27	<u>36890,0</u> 2,89	<u>87097,8</u> 6,81
Всього	17683,7	<u>49436,6</u> 2,80	<u>15339,1</u> 0,86	<u>5156,0</u> 0,29	<u>47341,5</u> 2,68	<u>117273,2</u> 5,96

*чисельник – загальна продукція відповідної фракції надземної фітомаси, т·рік⁻¹;

**знаменник – середнє значення продукції відповідної фракції надземної фітомаси, т·(га·рік)⁻¹

Дані продукції надземної частини робінієвих деревостанів лісогосподарських підприємств, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області, за структурними компонентами надземної частини деревостанів наведено у табл. 5.42. Територіальний розподіл загальної річної продукції досліджуваних деревостанів у Байрачному степу України на рис. 5.15.

Таблиця 5.42

**Продукція надземної частини робінієвих деревостанів
лісогосподарських підприємств ДОУЛМГ**

Державне лісове господарство/ лісництво	Таксаційні виділи, шт.	Площа робінієвих деревостанів, га	Продукція фітомаси надземної частини деревостану, т·рік ⁻¹
ДЛГ «Васильківський»	138	558,5	3680
Великомихайлівське	45	169,3	1201
Межівське	45	233,4	1436,71
Олександрівське	28	73,4	494
Покровське	20	82,4	550

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ
ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

ДЛГ «Верхньодніпровський»	1906	7095,1	47900
Бородаївське	485	1392,8	9664

Продовження таблиці 5.42

Державне лісове господарство/ лісництво	Таксаційні виділи, шт.	Площа робінієвих деревостанів, га	Продукція фітомаси надземної частини деревостану, т·рік ⁻¹
Верхньодніпровське	449	1899,4	12963
Лихівське	463	1789,8	11839
Мішунирорізьке	385	1626,9	10886
П'ятихатське	124	386,2	2547
ДЛГ «Дніпродзержинський»	529	2051,3	13338
Дніпродзержинське	161	668,1	4522
Курилівське	50	211,8	1434
Миколаївське	73	301,9	1878
Радянське	99	405,1	2366
Царичанське	94	308,5	2141
Шульгівське	52	155,9	996
ДЛГ «Дніпропетровський»	961	3077,7	19969
Ленінське	166	708,5	4825
Любимівське	248	748,2	4818
Кіровське	174	688,9	4379
Микільське	373	932,1	5947
ДЛГ «Криворізький»	430	1477,6	9864
Дзержинське	108	453,1	3056
Криворізьке	147	422,7	2806
Софіївське	78	290,7	1933
Широківське	101	311,1	2068
ДЛГ «Марганецький»	555	1805,8	11753
Апостоловське	152	326,0	2111
Марганецьке	205	609,0	3811
Нікопольське	198	870,8	5831
ДЛГ «Новомосковський»	145	1133,9	7651
Котовське	5	7,2	51
Кочерезьке	11	32,2	214
Новомосковське	23	56,3	372
Перецепинське	106	1038,2	7014
ДЛГ «Павлоградський»	50	359,3	2276
Павлоградське	28	94,1	588
Петропавлівське	21	265,0	1686
Юріївське	1	0,2	2
ДЛГ «Новомосковський військовий»	26	26,9	155
Васильківське	6	3,9	24
Вільнянське	5	2,3	14
Знаменівське	6	15,1	84

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
 ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Красноліське	9	5,6	33
Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»	32	97,6	688
Всього	4740	17683,7	117273

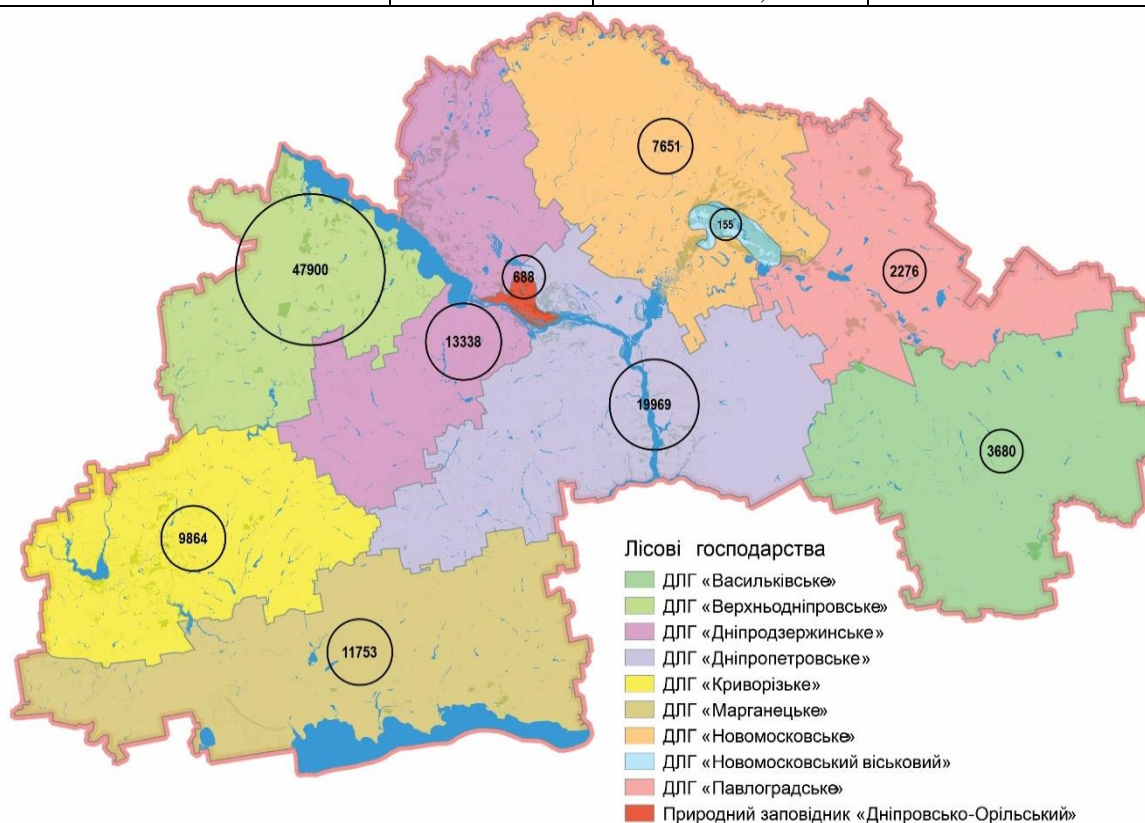


Рис. 5.15. Загальна продукція надземної частини робінієвих деревостанів державних лісогосподарських підприємств Дніпропетровської області, т·рік⁻¹

Продукція надземної частини робінієвих деревостанів обрахована за даними з 4740 таксаційних виділів дев'яти лісогосподарських підприємств і природного заповідника «Орільсько-Дніпровський» на площі 17683,7 га.

Загальна продукція надземної частини робінієвих деревостанів у регіоні дослідження оцінюється до 117273 т·рік⁻¹: найбільші значення досліджуваного показника деревостанів зафіксовані у лісостанах Верхньодніпровського та Дніпропетровського держлісгоспів – 47900 та 19969 т·рік⁻¹ відповідно.

5.4. Динаміка фітомаси робінієвих насаджень та екосистемні функції

Біогеохімічний цикл вуглецю є комплексом процесів, у ході яких відбувається його перенесення між біосферними резервуарами, в яких він є присутнім у різних формах біоорганічних сполук: нейтральній (вугілля, графіт, карбіди), відновлювальній (вуглеводні, метан) та окиснювальній (карбонати, вуглекислий газ) (В. П. Рожак, 2015). У біотичному циклі вуглецю виділяють два етапи, які виконують біосферну роль і пов'язані з виділенням й поглинанням кисню: фіксація вуглекислого газу атмосферного повітря у процесі фотосинтезу з еквівалентним виділенням кисню та мінералізація органічних речовин з виділенням вуглекислого газу й поглинанням кисню (Г. А. Заварзин & В. Н. Кудеяров, 2006).

Лісостани виконують концентраційну біосферну функцію – забезпечують довгострокову акумуляцію вуглецю та контамінантів природної та антропогенної етіології. За останні три роки обсяги діоксиду вуглецю в атмосфері стабілізувалися на рівні $36,2 \cdot 10^9$ тС, загальне депонування оцінюють у $14,2 \cdot 10^9$ тС·рік⁻¹ (В. П. Рожак, 2015; Огляд реалізації основних положень Кіотського протоколу, 2017).

Органічні сполуки вуглецю в екосистемах суходолу розподілені нерівномірно в абсолютному та відносному співвідношеннях, що пояснюється багатьма факторами, головними серед яких виділяють кліматичні показники – температуру й вологість (Т. Hudiburg, В. Law, & D. P. Turner, 2009). У холодному кліматі переважна кількість органічного вуглецю міститься у ґрунті, а у природних зонах теплого клімату – акумульована у фітомасі. Пул вуглецю у лісостанах країн Європи складає до $53,2$ т·га⁻¹, в Україні ліси у середньому поглинають до $1,5$ т·га⁻¹ вуглецю за рік (І. С. Приліпко & П. І. Лакида, 2016).

У контексті глобальних змін клімату особливої уваги заслуговують дослідження пулів і стіку вуглецю у природних і антропогенно трансформованих екосистемах. Складніша, порівняно з іншими наземними біогеоценозами, фітоценотична

структура лісів спричиняє високу енергоємність системи і, відповідно, більш інтенсивний фотосинтетичний стік вуглекислого газу (А. Shvidenko, Р. Lakyda, & I. McCallum, 2008). Лісові екосистеми, виступаючи у якості регуляторів змін, обумовлених впливом додаткової емісії парникових газів, які є результатом реалізації виробничих технологій, акумулюють у надземній фітомасі насаджень вуглець техногенного походження (С. М. Gough, С. S. Vogel, Н. Р. Schmid, & Р. S. Curtis, 2008). Концентрації головних парникових газів – діоксиду вуглецю та метану, починаючи з 1750 року, збільшилися на 36 % і 148 % відповідно. Такі рівні концентрацій досягнуті вперше за останні 800 тисяч років – період, для якого були отримані достовірні дані із зразків льодяних кернів (І. С. Случик, П. І. Лакида, & М. Г. Сорока, 2010).

Зміна концентрації вуглекислого газу в атмосфері визначає потребу дослідження ролі лісів, як найбільш потужного резервуара акумуляції атмосферного вуглецю у надземній фітомасі деревостанів. Цьому питанню присвячені роботи українських і закордонних вчених (А. З. Швиденко, С. Нильсон, & В. С. Столбовой, 2000; П. И. Лакида, 2001; І. Букша, В. Пастернак, & В. Корнієнко, 2002; І. Ф. Букша & В. П. Пастернак, 2005; В. Г. Дюканов & О. В. Дюканова, 2006; І. Г. Вишенська, 2014; М. Лесив, А. Швиденко, & Д. Щепашенко, 2019; J. Kauffman, R. Hughes, & C. Heider, 2009; A. Mendoza-Ponce & I. Galicia, 2010; S. H. Kil, J. H. Kim, G. Newman, G. S. Park, S. Ohga, 2016; M. Head et al., 2019). На думку П. І. Лакиди & Л. М. Матушевич (2006) використання лісів як важливого фактора інтенсифікації депонування вуглецю та довготривалої його консервації у компонентах фітомаси дозволяє досягти потрібного ефекту: депонувати надлишок вуглецю, підвищувати ресурсно-енергетичний потенціал держави та істотно поліпшити рекреаційно-захисні функції довкілля.

Збереження лісів, поліпшення їхньої структури, підвищення продуктивності за рахунок лісовідновлення та лісорозведення є основними положеннями Конвенції про зміни клімату (1996 р.). Ратифікація Україною в Кіотського протоколу (2004 р.) та

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Паризької кліматичної угоди (2016 р.) відкрила нові перспективи в оцінюванні ролі лісів держави у поглинанні вуглецю. Роботами вітчизняних вчених переконливо доведена ефективність депонування вуглецю у фітомасі деревних видів у лісостанах різних природних зон України – Карпатах (Р. Д. Васишин & П. І. Лакида, 2005; Р. Д. Васишин, 2007; В. М. Володимиренко, 2008; В. П. Рожак & І. М. Шпаківська, 2013), Поліссі (О. В. Морозюк, 2009; П. І. Лакида & І. В. Блищик, 2010; П. І. Лакида та ін., 2011), Лісостепу (П. І. Лакида & І. М. Матейко, 2016).

Дослідження обсягів фітомаси і вуглецю та їх трендів на рівні регіонів за умов наявності таксаційної оцінки лісів, одержаної у процесі періодичного або безперервного лісовпорядкування на регіональному рівні, дозволяють визначити роль надземної фітомаси лісів у депонуванні діоксиду вуглецю на рівні держави. Особливо актуальним є дослідження вуглецедепонувальних властивостей лісотвірних деревних видів у лісах природної зони степу, де рівень лісистості в Україні є найнижчим, а видове різноманіття деревних видів, які використовують для створення лісових культур – найбільшим.

Регіональні зміни клімату відбуваються і в Україні – середньорічна температура повітря на значній частині території країни зросла на 0,5–1,0 °С, збільшилася річна сума опадів, насамперед у зимовий та весняний періоди (В. М. Ліпинський, В. П. Палієнко, & Л. Г. Руденко, 1999; К. М. Ситник & В. Багнюк, 2006).

Оцінювання загальної надземної фітомаси робінієвих деревостанів, бюджету вуглецю, його розподілу за структурними компонентами фітомаси у лісах Байрачного степу України стануть важливим актуальним доповненням до наявної у державі інформаційної бази даних, дозволить приймати оптимальні рішення щодо режимів експлуатації промислових об'єктів, розраховувати баланс парникових газів, а також сприятимуть вирішенню еколого-економічних проблем регіону.

Опрацювання обліково-статистичних методів розрахунку депонування вуглецю, моделей процесного типу з імітацією

процесів поглинання і трансформації вуглецю (гар-моделей), які на думку авторів А. З. Швиденко, С. Нильсон, & В. С. Столбовой (2000) не є ефективними для використання у екосистемах незначних територій, обумовило за базову основу оцінювання вуглецеводепонувальної функції деревостанів робінії несправжньоакації використати кількісні показники продукції, тобто обсяги органічної речовини, яка утворилася під час фотосинтезу та накопичилася у надземній частині деревостану за одиницю часу (рік) на одиниці площі (га). Фітомаса, яка сформувалася протягом року, не у повному обсязі нагромаджується у насадженні остаточно, її частина відмирає під впливом природних абіотичних і біотичних чинників або виноситься під час проведення у лісах господарських заходів. Зважаючи на наведене, у дослідженні йдеться про частку вуглецю, яка загалом депонується у надземній фітомасі робінієвих деревостанів без урахування наведених втрат природної і антропогенної етіології.

Використавши кількісні параметри річної продукції надземної частини деревостанів та перевідні коефіцієнти вуглецемісткості G. Matthews (1993) – 0,5 для деревних фракцій, 0,45 – для фотосинтезувальної фракції, було здійснено оцінювання вуглецедепонувальної функції деревостанів робінії несправжньоакації Байрачного степу України та розраховані інформаційно-довідкові дані для цього лісотвірного виду. Загальне оцінювання екологічних функцій робінієвих деревостанів реалізоване на основі бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісу» станом на 01.01.2011 р. яка містить характеристику 4740 таксаційних виділів лісових насаджень за участю робінії та описує близько 30 % території лісового фонду лісів Державного агентства лісових ресурсів України адміністративної Дніпропетровської області.

Для розуміння ролі деревостанів робінії несправжньоакації у депонуванні діоксиду вуглецю визначено його актуальну концентрацію в атмосферному повітрі регіону дослідження, яка залежить від обсягів викидів зазначеного парникового газу

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

техногенного походження та функціональної активності його біорезервуарів.

Ресурсний потенціал корисних копалин Дніпропетровській області є втричі більшим порівняно із загальнодержавним рівнем. Загалом, у регіоні видобувається до 40 видів мінеральної сировини, що обумовлює високий рівень індустріального розвитку й антропопресії, похідною яких є забруднення атмосферного повітря внаслідок викидів поллютантів від стаціонарних та пересувних джерел.

На рис. 5.16 наведено динаміку емісії діоксиду вуглецю у Дніпропетровській області. Максимальні обсяги діоксиду вуглецю техногенного походження (35,6–37,7 млн т) спостерігалися у 2011–2014 роках, в останні п'ять років відбувалося зменшення емісії, проте рівня обсягів викидів 2004–2005 рр. досягнуто не було. На рис. 5.17 наведено розподіл загального обсягу викидів діоксиду вуглецю у атмосферне повітря Дніпропетровської області за видами економічної діяльності.

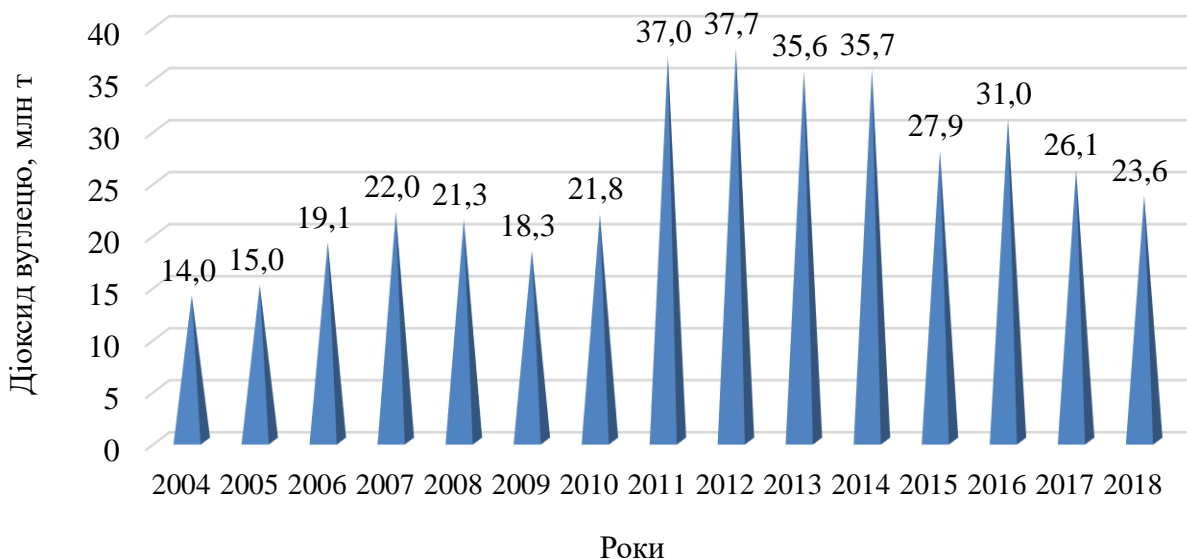


Рис. 5.16. Викиди діоксиду вуглецю у атмосферне повітря Дніпропетровської області (джерело даних – <http://www.dnprstat.gov.ua/statinfo%202015/ns>)

Найбільшим джерелом техногенного діоксиду вуглецю у регіоні дослідження є підприємства переробної промисловості, частка викидів якої становить майже три чверті загального обсягу

емісії цього парникового газу. Будівництво й транспорт спричиняють незначні обсяги цього поллютанту, які сумарно не перевищують одного відсотка у загальній структурі викидів.

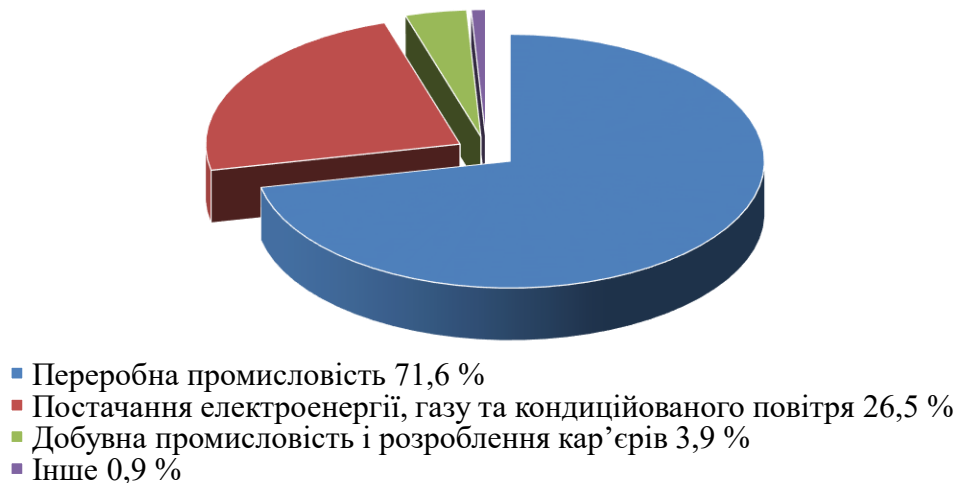


Рис. 5.17. Викиди діоксиду вуглецю в атмосферне повітря Дніпропетровської області за видами економічної діяльності у 2019 р. (джерело даних – <http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo%202015/ns>)

Загальну фітомасу, її розподіл за структурними компонентами й депонований вуглець робінієвих деревостанів розраховано з використанням програми CARBON (П. І. Лакида, 2002). Вихідними даними для оцінювання слугували матеріали лісовпорядкування лісів Дніпропетровського управління лісового та мисливського господарства, а саме: площа вкритих робінієвими деревостанами лісових ділянок; запас стовбурової деревини, вікова структура, середній клас бонітету. Розподіл запасу стовбурової деревини за групами віку наведено у табл. 5.43. Таксаційні й лісівничі характеристики робінієвих деревостанів наведені станом на 01.01.1973 р, 01.01.1978 р, 01.01.1983 р, 01.01.1996 р, 01.01.2002 р, 01.01.2011 р.

Калькуляційною програмою CARBON здійснено розрахунок та інтегрування обсягів загальної фітомаси робінієвих насаджень за такими компонентами фітомаси: деревина і кора стовбурів;

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

деревина і кора гілок крони; листя; корені; піднаметова рослинність, окрім перелічених компонентів визначена щільність фітомаси. Як і для компонентів фітомаси, алгоритмом програми передбачено калькуляцію загального обсягу депонованого вуглецю та його щільності на 1 м² вкритих робінієвими насадженнями ділянок лісового фонду.

Таблиця 5.43

Розподіл запасу стовбурової деревини деревостанів робінії несправжньоакації за групами віку, %

Група віку	Роки					
	1973	1976	1983	1996	2001	2011
Молодняки	40,4	9,5	4,1	12,5	9,5	1,9
Середньовікові	45,2	46,7	61,6	42,9	36,2	35,6
Пристиглі	8,2	23,4	19,9	18,3	10,6	8,7
Стиглі й перестиглі	6,2	20,4	14,4	26,3	43,7	58,8

Реалізація програми CARBON дозволила одержати характеристику обсягів загальної фітомаси, її розподіл за структурними компонентами надземної і підземної фітомаси та бюджет вуглецю у робінієвих насадженнях лісів ДОУЛМГ (табл. 5.44).

Таблиця 5.44

Фітомаса та депонований вуглець робінієвих насаджень лісів, підпорядкованих ДОУЛМГ у Дніпропетровській області

Площа, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м ³	Компоненти фітомаси, млн т						Щільність фітомаси, кг·(м ²) ⁻¹	Вуглець, млн т
		листя	деревина і кора гілок	деревина і кора стовбурів	корені	піднаметова рослинність	разом		
1973 рік									
10,8	0,27	0,0323	0,1175	0,4487	0,0731	0,0249	0,6965	6,4	0,3466
1978 рік									
15,8	0,87	0,036	0,1774	0,7052	0,0974	0,0316	1,0476	6,6	0,5220
1983 рік									
15,1	0,71	0,0411	0,195	0,8059	0,1104	0,0322	1,1846	7,9	0,5907
1996 рік									
16,1	1,76	0,0319	0,2392	0,9812	0,1338	0,0384	1,4245	8,9	0,7107

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

2002 рік									
16,6	2,18	0,0376	0,3191	1,2300	0,1654	0,0409	1,7930	10,8	0,8949
2011 рік									
17,6	2,73	0,0379	0,381	1,3506	0,1497	0,0424	1,9616	11,2	0,9789

Аналізуючи одержані результати, зазначимо, що за період у 38 років відбулося збільшення площі робінієвих насаджень з 10,8 до 17,6 тис. га. Станом на 01.01.2011 р. фітомаса робінієвих насаджень регіону дослідження сягала майже 2,0 млн т, у якій акумульовано до 0,98 млн т вуглецю. Усі насадження робінії мають штучне походження, лісові культури цього виду було створено переважно задля виконання протиерозійної функції та у якості рекультиваційних насаджень на девастованих землях. У ревізійний період закономірно інтенсивно відбувалося і збільшення загального запасу стовбурової деревини від 0,27 до 2,73 млн м³. Середні запаси стовбурової деревини за роками змінювалися наступним чином (м³·га⁻¹): 1973 – 25,11; 1978 – 55,16; 1983 – 47,00; 1996 – 66,72; 2002 – 131,33; 2011 – 154,62.

Щільність фітомаси та вуглецю у значній мірі залежить від якісних параметрів компонентів фітомаси деревного виду, умов місцезростання та динаміки запасів стовбурової деревини за віком (П. І. Лакида, 2002). Порівняно з 1973 роком у 2011 р. відбулося збільшення фітомаси робінієвих насаджень на 226,8 %. Зазначене збільшення обумовлено зміною вікової структури насадження, яке призвело до переважання стиглих і перестиглих деревостанів. Аналіз динаміки середньої щільності загальної фітомаси робінієвих деревостанів демонструє непропорційну її зміну. У період з 1973 по 1978 рр. площа, зайнята робінієвими насадженнями збільшилася на 5,0 тис. га, а загальна фітомаса змінилася на 0,3511 млн т. Зміна середньої щільності фітомаси у зазначений період відбулася незначно з 6,44 до 6,63 кг·(м²)⁻¹, що може бути обумовлено збільшенням площі молодняків, внесок яких у формування загальної фітомаси насадження був незначним. У наступні періоди обліку збільшення площі під створеними лісовими культурами робінії несправжньоакації було несуттєвим, проте ріст і розвиток деревостанів із відповідним перерозподілом

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

загального запасу за групами віку обумовлювало і збільшення загальної фітомаси насаджень та її кількості на одиницю площі.

Розподіл загальної фітомаси за структурними компонентами протягом ревізійного періоду наведено на рис. 5.18. Дані діаграми демонструють збереження тенденції розподілу загальної фітомаси насаджень за фракціями протягом усього періоду спостереження: найбільшу частку у загальній фітомасі робінієвих насаджень становила фітомаса деревини та кори стовбурів деревостанів, найменшою часткою у загальній фітомасі характеризувалася піднаметова рослинність. З ростом і формуванням робінієвих насаджень протягом трьох десятиріч відбувався незначний перерозподіл часток фітомаси між структурними складовими. Частка фітомаси надземної частини деревостанів, а саме фітомаси деревини і кори стовбурів збільшилася на 4,5 %, деревини і кори гілок – 3,5 %.

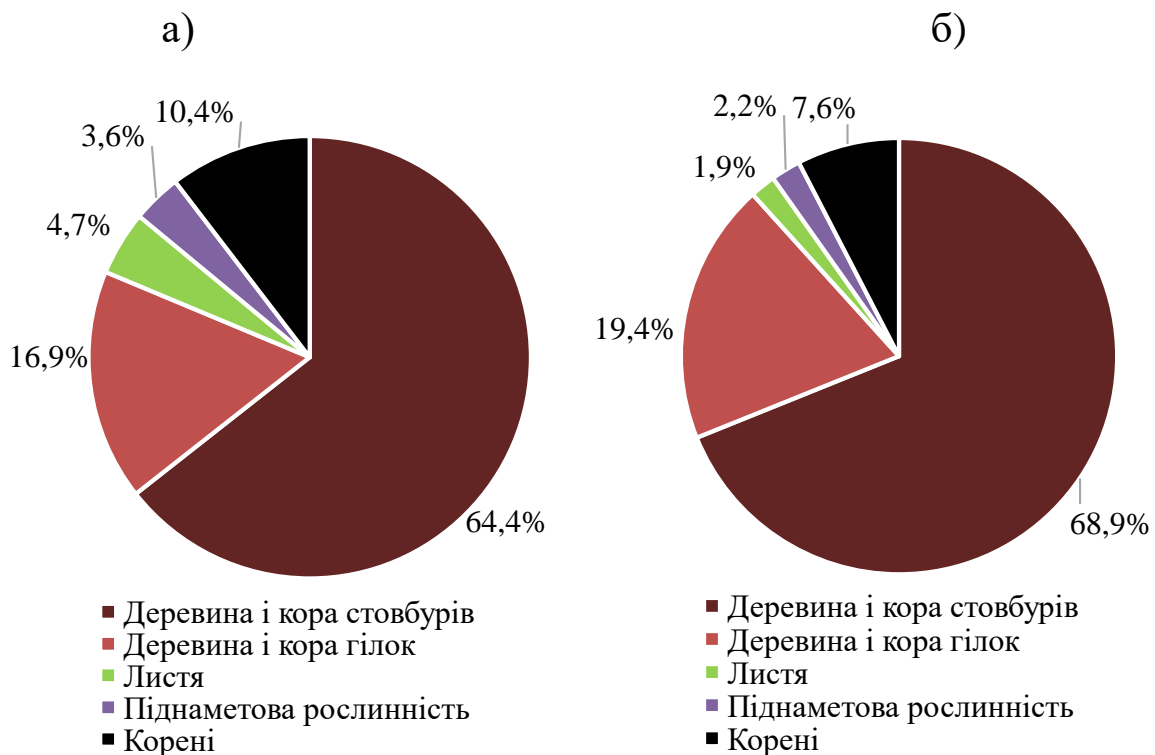


Рис. 5.18. Розподіл загальної фітомаси робінієвих насаджень Байрачного степу України за структурними компонентами, %: 1973 (а) та 2011 (б) рр.

Збільшення часток зазначених фракцій фітомаси відбувалося на тлі зменшення маси асимілюючих органів. У молодняках частка фітомаси листя сягала до 5,0 %, тоді як у стиглих і перестиглих деревостанах фотосинтезуючі вегетативні органи можуть складати до 2,0 % від загальної фітомаси насадження.

Встановлені тенденції змінювання загальної фітомаси насаджень робінії несправжньоакації за структурними компонентами узгоджуються із біоекологічними особливостями їх функціонування, які зазначені у роботі Н. А. Лохматова (1999). У розвитку насаджень досліджуваного виду у найпоширеніших типах сухих умов степової зони автор наводив такі закономірності, як інтенсивність ростових процесів з перших років формування насадження; швидке розростання кореневих систем у перші роки і зниження його інтенсивності надалі; раннє, з 3–5-ти річного віку, утворення суцільної, пухкої, але тонкої підстилки; добру збереженість, проте слабке зростання інших видів під наметом у сухих умовах (головним чином через брак вологи) і значне пригнічення, та навіть, повне їх випадання у сприятливих умовах місцезростання.

Вуглець, акумульований у фітомасі досліджуваних насаджень становив (млн т) 0,3466 (1973 р.) – 0,9789 (2011 р.). Змінювання середньої щільності вуглецю для вкритих робінієвими насадженнями ділянок у період обліку становило ($\text{кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$): 1973 р. – 3,21; 1978 р. – 3,30; 1983 р. – 3,91; 1996 р. – 4,41; 2002 р. – 5,39; 2011 р. – 5,56. Збільшення щільності вуглецю у фітомасі робінієвих насаджень протягом одного року знаходилося у діапазоні $0,02\text{--}0,11 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Середня щільністю вуглецю фітомаси робінієвих деревостанів, які зростають в умовах лісгосподарської області Байрачного степу – $4,30 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ є більшою за аналогічний показник у лісах Фінляндії – $3,8 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ та Іспанії – $3,1 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Продуктивнішими за робінієві насадженнями за цим показником є лісостани Швеції – $4,6 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, Італії – $5,5 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, Польщі – $11,9 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, Німеччини – $13,1 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ (Р. Д. Васишин, 2016; М. Е. Harmon, 1986).

За даними П. І. Лакиди (2002), які отримано при дослідженні динаміки запасів фітомаси та вуглецю, у лісах України станом на

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

01.01.1996 р. знаходилося 1237,2 млн т фітомаси, в якій акумульовано близько 615 млн т вуглецю. Середня щільність вуглецю складала $6,5 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ та мала значну дисперсію у регіонах України: найменша щільність зафіксована у Запорізькій – $1,9 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, найбільша у Закарпатській – $11,2 \text{ кгС} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$.

Стік вуглецю у лісових екосистемах залежить від інтенсивності асиміляційної функції лісотвірних видів, тобто від продукування надземної фітомаси на одиниці площі за одиницю часу. Оцінювання стану та функціонування екосистем задля дослідження їх екосистемних функцій неможливі у повній мірі без вивчення усіх показників біотичної продуктивності, одним із найважливіших з яких є продукція.

Фрагмент отриманих даних річного вуглецедепонування деревиною стовбурів робінієвих деревостанів за відносної повноти 0,9 міститься у табл. 5.45. У Додатку Д наведені повні дані депонування вуглецю деревиною та корою деревостанів робінії несправжньоакації лісів Байрачного степу України за модальних відносних повнот 0,6–0,9.

Таблиця 5.45

Депонування вуглецю деревиною стовбурів деревостанів робінії несправжньоакації, $\text{т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	2,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,34	2,06	–	–	–	–	–	–	–	–
8	2,42	2,13	1,93	–	–	–	–	–	–	–
10	2,48	2,19	1,98	1,83	–	–	–	–	–	–
12	–	2,24	2,03	1,87	–	–	–	–	–	–
14	–	–	2,06	1,90	1,78	1,68	–	–	–	–
16	–	–	2,10	1,93	1,81	1,70	–	–	–	–
18	–	–	–	1,96	1,83	1,73	1,64	1,57	–	–
20	–	–	–	–	1,86	1,75	1,66	1,59	–	–
22	–	–	–	–	–	1,77	1,68	1,60	1,54	–
24	–	–	–	–	–	–	1,70	1,62	1,55	1,50
	–	–	–	–	–	–	–	1,64	1,57	1,51

В умовах досліджуваної лісгосподарської області, у деревині стовбурів стиглих і перестиглих робінієвих деревостанах

з таксаційними параметрами $D = 14\text{--}24$ см, $H = 10\text{--}18$ м, вуглецю депонується від 1,70 до 2,06 т·(га·рік)⁻¹.

Загальний стік вуглецю надземною фітомасою робінієвих деревостанів у регіоні дослідження розраховано з використанням таксаційних показників, наведених у реляційній базі даних для 4740 таксаційних виділів лісів ДООУЛМГ. Результати оцінювання депонування вуглецю досліджуваними деревостанами у межах адміністративних районів Дніпропетровської області наведено на рис. 5.19.

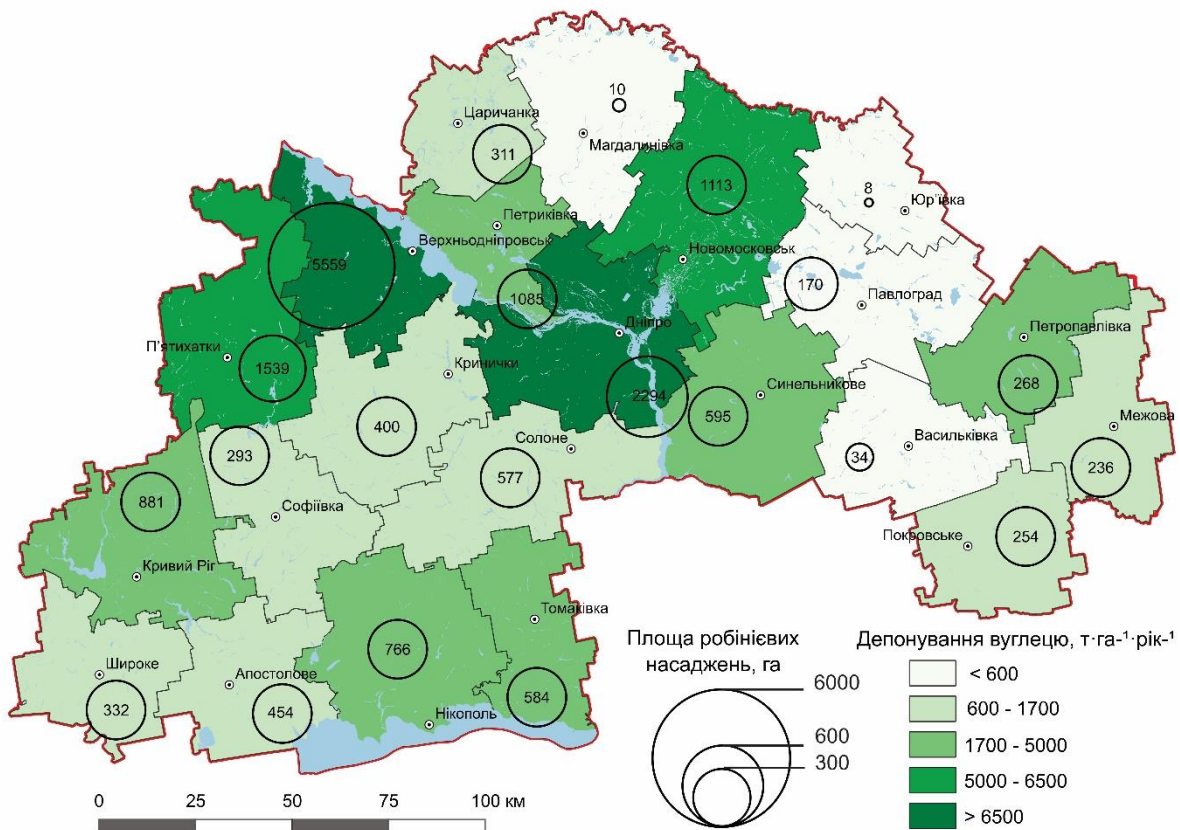


Рис. 5.19. Депонування вуглецю робінієвими деревостанами у лісових насадженнях, підпорядкованих Дніпропетровському обласному управлінню лісового та мисливського господарства

Загальне річне депонування вуглецю фітомасою надземної частини робінієвих деревостанів у лісах Державного агентства лісових ресурсів України оцінюється близько 56,0 тис. т·рік⁻¹. Дані річного стоку вуглецю надземною фітомасою робінієвих

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

деревостанів у лісових насадженнях адміністративних районів Дніпропетровської області наведено у Додатку Д.

Інтенсивність депонування зазначеного парникового газу оцінено за показником щільності вуглецю, тобто його масою, яка поглинається фітомасою на одиницю площі ділянок, вкритих досліджуваними деревостанами.

Щільність вуглецю відповідає діапазону значень 2,26–6,62 тС·(га·рік)⁻¹. Найменше депонування цього газу із атмосферного повітря зафіксовано у перестиглих деревостанах Магдалинівського району, які займають дуже незначну площу у 10,2 га. Найбільшого ступеню стік вуглецю набуває у робінієвих деревостанах лісових насаджень Новомосковського (6,62 тС·(га·рік)⁻¹) та Покровського (6,02 тС·(га·рік)⁻¹) адміністративних районів Дніпропетровської області.

Порівнюючи вуглецеві одиниці продукції робінієвих насаджень з аналогічними показниками насаджень лісотвірних видів інших природних зон України зазначимо, що середнє річне поглинання вуглецю із атмосфери у розрахунку на одиницю площі деревостанами досліджуваного виду становить 344 гС·м², що є співставним з показником депонування вуглецю ялиновими деревостанами Карпат України, який дорівнює 374 гС·м² (О. М. Колосок, 2002), дубняки Поділля поглинають вуглецю менше ніж зазначені види, їх середньорічний стік сягає 182 гС·м² (А. Г. Лащенко, 2002).

У розрізі оцінювання вкладу структурних компонентів надземної фітомаси деревостану у процес вуглецедепонування, проведено їх графічне порівняння (рис. 5.19). За ілюстрованими даними, у робінієвих деревостанах досліджуваного регіону щорічно найбільше депонування здійснюється деревиною стовбурів – до 43,7 %, стік вуглецю листям є співставним з деревиною (37,7 %), найменше його депонування здійснюють гілки крони у корі – до 6,0 %. Аналізуючи фракційну структуру фітомаси, яка продукується у деревостанах різних лісотвірних видів, можна спостерігати кардинально протилежні картини її розподілу. Роль фракції листя може становити 25–75 %, деревини – лише 14–57 %

(П. І. Лакида, А. Г. Лащенко, & М. М. Лащенко, 2006), що узгоджується з даними, які отримано у дослідженні.

При оцінюванні екосистемних функцій актуальним питанням є встановлення участі регіональних робінієвих деревостанів у депонуванні діоксиду вуглецю техногенного походження, емісія якого у Дніпропетровській області є найвищою в Україні й оцінюється у десятки мільйонів тонн.

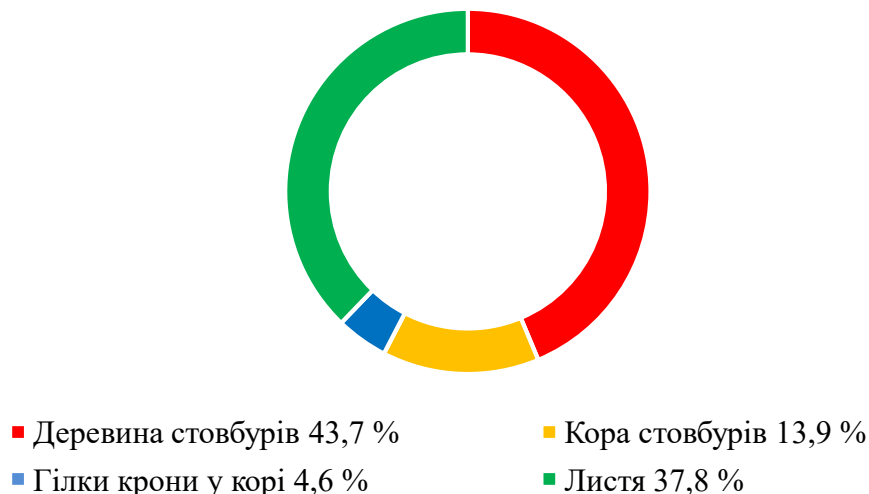


Рис. 5.20. Розподіл депонованого вуглецю за фракціями надземної фітомаси робінієвих деревостанів Байрачного степу України, %

Для розрахунку депонувального потенціалу робінієвих деревостанів здійснено перерахунок обсягу викидів діоксиду вуглецю в еквівалент атомарного вуглецю (С) через його масову частку у складі діоксиду, яка становить 27,3 % (співвідношення атомів 1С : 2О, атомних мас С – 12,01, О – 15,99). За середньорічного обсягу викидів діоксиду вуглецю у атмосферне повітря регіону дослідження у 27,7 млн т (період спостережень 2004–2018 рр.) маса атомарного вуглецю становить 7,6 млн т. Річний стік вуглецю деревостанами робінії несправжньоакації оцінюється у 56,0 тис. т·рік⁻¹, частка депонування вуглецю за його середньорічного значення у складі техногенних емісій є дуже незначною, і становить – 0,74 %. За умови максимальної емісії діоксиду вуглецю у 37,7 млн т (10,3 млн т атомарного вуглецю),

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

яка спостерігалася у 2012 році, відсоток його депонування зменшується до 0,54 %.

Співвідношення між обсягами діоксиду вуглецю, викинутими у атмосферне повітря регіону досліджень джерелами забруднень, і величинами акумулювання вуглецю досліджуваними деревостанами робінії несправжньоакації демонструє не тільки відсутність дієвого механізму реалізації положень Кіотського протоколу й Паризької кліматичної угоди, а й навіть, відсутність значущого впливу на формування якості газового складу атмосферного повітря регіону та його безпечного стану.

Інший газ з хімічного складу атмосферного повітря, на кількість якого спричиняють вплив деревостани лісотвірних видів – кисень. Оцінювання киснепродукування лісів надає можливість кількісно охарактеризувати одну з їх екологічних функцій. Фітоценози лісових екосистем виступають провідними продуцентами кисню, оскільки у біомасі усієї земної рослинності вони становлять близько 54 % і мають найбільшу концентрацію біомаси на одиницю площі, ліси у 10–15 разів є продуктивнішими джерелами кисню, ніж інші наземні рослинні угруповання (С. А. Генсірук, 2002). Киснепродукувальну функцію лісових насаджень головних лісотвірних видів України досліджували М. А. Софронов (1996), І. П. Лакида (2012), П. І. Лакида & Г. А. Сахарук (2013), А. М. Білоус (2016).

На глобальному рівні дослідження балансу кисню та киснепродукувальної функції лісів не визначається як засіб формування додатного кисневого балансу у біосферному масштабі, проте, дослідження зазначених питань на регіональному та локальному рівнях, особливо у техногенно навантажених урбоекосистемах, яким є регіон дослідження, очевидною стає їх виняткова важливість й актуальність.

У досліджуваному регіоні робінієвими деревостанами лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України щороку продукується близько 80,0 тис. · т · рік⁻¹ кисню. При цьому слід зазначити, що основне здійснення біосферної газової функції

– виділення кисню виконується деревостанами робінії несправжньоакації перестиглої групи віку (рис. 5.21).

За результатами проведених досліджень визначено, що середня продуктивність кисню становить $5,0 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$. Отримане значення є вищим показником у порівнянні з даними реалізації аналогічної екосистемної функції, які наведені у лісотаксаційних наукових роботах: киснепродуктивність лісів Шацького національного парку оцінюється у $2,9 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$ (Г. А. Сахарук, 2011); лісів м. Київ – $4,6 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$ (І. П. Лакида, 2012), лісів м. Львів – $4,8 \text{ т} \cdot (\text{га} \cdot \text{рік})^{-1}$ (Ю. С. Миклуш, 2013).

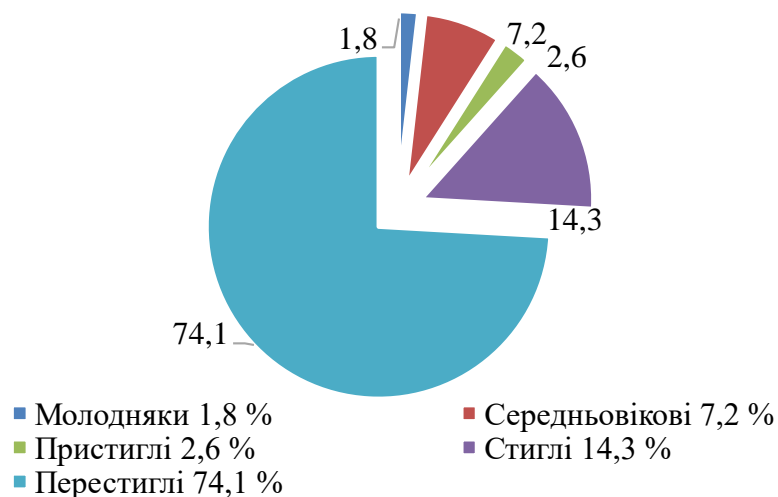


Рис. 5.21. Продукування кисню за робінієвих деревостанів групами віку, %

Результати досліджень реалізації деревостанами робінії несправжньоакації таких екосистемних функцій, як депонування вуглецю та продукування кисню, можуть бути використані для розроблення регіональних програм розвитку лісового господарства та моніторингу безпеки стану навколишнього природного середовища техногенно навантаженого урбанізованого регіону Байрачного степу України.

5.5. Енергетична функція робінієвих деревостанів

Енергетична безпека та створення власної енергетичної бази, яка має використовувати переважно регіональні відновлювальні джерела енергії, є складовою стратегії сталого розвитку України. Держава має значний потенціал нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії, використання яких у енергетичному балансі станом на 2000 р. становило близько 5,3 % порівняно з 0,13 % у 1995 р. (О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, & М. Михайлів, 2000; С. О. Кудря, Л. В. Яценко, & Г. П. Душина, 2001). Потенційну технічно досяжну частку заміщення органічного викопного палива за рахунок нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії в країні оцінюють у 29,2 % (А. Шевцов, М. Земляний, & Т. Рязова, 2016).

Зважаючи на це, актуальним є інтенсифікування залучення ресурсів відновлювальних джерел енергії, які можуть бути застосовані у енергетиці регіонального та місцевого рівнів. До таких джерел належить і біомаса лісових екосистем (Ю. І. Якименко, Є. І. Сокол, & В. Я. Жуйков, 2001). Питомий обсяг сухої органічної речовини лісового біоценозу оцінюють у 200–1000 т·га⁻¹, що на два-три порядки є більшим, ніж відповідні показники лучних екосистем та агроугідь (Е. Л. Макаровський, 2004). Саме надземна фітомаса деревостанів забезпечує первинну продукцію органічної речовини у лісових природних комплексах у розмірі 4–50 т·га⁻¹ щорічно, що містить 150–250 млн кДж·га⁻¹ накопиченої енергії (П. І. Лакида, М. М. Петренко, & Р. Д. Васишин, 2007).

Фітомаса дерев, як відновлюване джерело енергії, процесами утворення та використання якого можна керувати, є одним із екологічно безпечних видів палива. Хімічна енергія природних полімерів фітомаси здатна трансформуватися у теплову, яка широко використовується для енергетичних потреб суспільства. У степовій зоні України фітомаса дерев робінії несправжньоакації розглядається як доцільна альтернатива природному газу, оскільки саме дров'яна робінієва деревина, як енергоресурс, займає домінантне положення у структурі енергоспоживання сільських районів регіону дослідження.

Оцінювання енергетичної функції робінієвих деревостанів Байрачного степу України передбачало калькуляцію кількісного вмісту енергії, акумульованої у надземній фітомасі, через розрахунок показників енергоємності її основних компонентів. Для реалізації цього завдання використано алометричні моделі оцінювання фітомаси структурних компонентів надземної частини деревостанів у абсолютно сухому стані (5.37, 5.38, 5.40, 5.41), розроблені у дослідженні та усереднені агреговані дані з джерел літератури (A. Shvidenko, D. Schepschenko, S. Nilsson, & M. Obersteiner, 2004), де зазначено, що середній вміст енергії у одній тонні вуглецю акумульованого у фітомасі дорівнює 35,76 ГДж.

У табл. 5.46 наведено дані вмісту енергії у надземній фітомасі на 1 га робінієвого деревостану залежно від середніх діаметра і висоти за модальної відносної повноти деревостанів 0,9. Повні дані вмісту енергії у фітомасі структурних компонентів надземної частини деревостанів за відносних повнот 0,6–0,9 наведено у Додатку Д.

Надземна фітомаса деревостанів робінії несправжньоакації в умовах Байрачного степу України здатна акумулювати від 800 до 3000 ГДж енергії на один гектар.

Таблиця 5.46

**Вміст енергії у надземній фітомасі робінієвих деревостанів,
 ГДж·га⁻¹**

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	799	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	727	1027	–	–	–	–	–	–	–	–
8	711	972	1271	–	–	–	–	–	–	–
10	711	954	1223	1522	–	–	–	–	–	–
12	–	951	1202	1477	–	–	–	–	–	–
14	–	–	1195	1454	1735	–	–	–	–	–
16	–	–	1195	1444	1710	1997	–	–	–	–
18	–	–	–	1441	1696	1969	2261	–	–	–
20	–	–	–	–	1691	1954	2233	2529	–	–
22	–	–	–	–	–	1945	2214	2498	2800	–
24	–	–	–	–	–	–	2202	2478	2768	3074
26	–	–	–	–	–	–	–	2465	2745	3039
28	–	–	–	–	–	–	–	–	2728	3014

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Збільшення значень середніх діаметра та висоти деревостану спричиняє закономірне збільшення енергії, накопиченої у корі та деревині стовбурів, проте енергія, яка міститься у фітомасі крони, як у гілках так і у листі, зменшується зі збільшенням середнього діаметра. Збільшення відносної повноти деревостану обумовлює підвищення вмісту енергії у всіх структурних компонентах надземної фітомаси. Загалом, станом на 01.01.2011 р., майже у 2 млн т надземної фітомаси робінієвих деревостанів лісів Дніпропетровської області, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України акумульовано до 35 млн ГДж енергії.

Для оцінювання вкладу структурних фракцій фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів здійснено розрахунок їх розподілу у відносних одиницях (рис. 5.22).

Аналізуючи наведені дані можна стверджувати, що енергія у деревостанах нагромаджується переважно у фітомасі деревини стовбурів. Із розвитком насадження частка енергії, акумульованої у деревині стовбурів зменшується, як і енергія фітомаси листя, за рахунок інтенсифікації її акумулювання у фітомасі гілок крони.

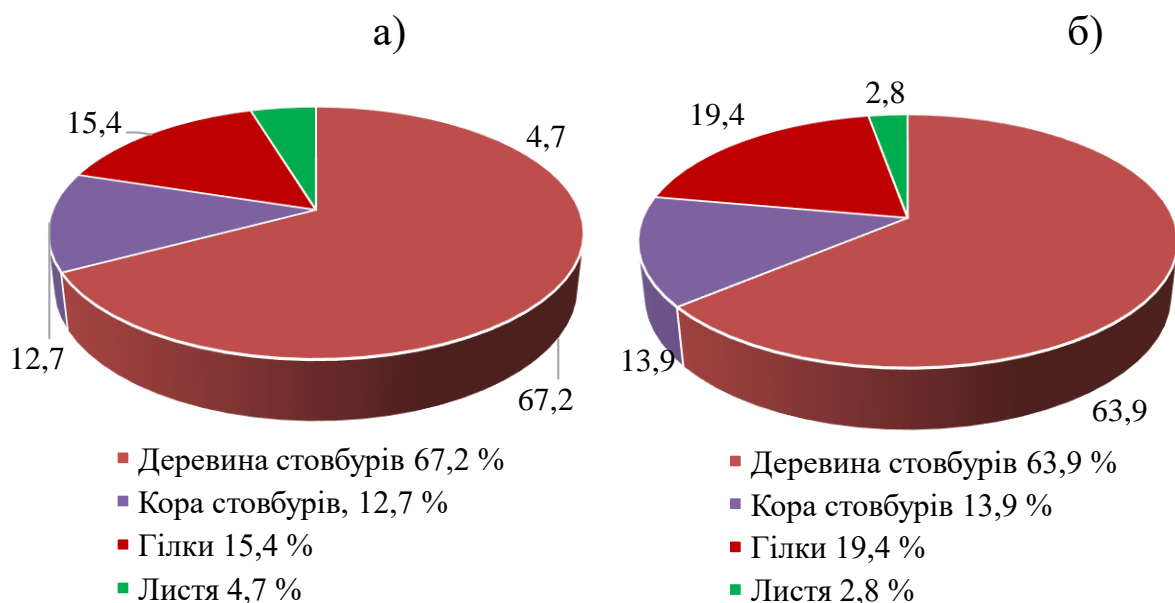


Рис. 5.22. Розподіл вмісту енергії за структурними компонентами надземної фітомаси робінієвих деревостанів, %: а) $D = 10$ см, $H = 10$ м; б) $D = 20$ см, $H = 20$ м

Надалі здійснено розрахунок розподілу енергії, акумульованої за рік у надземній фітомасі робінієвих деревостанів регіону дослідження за групами віку та структурними компонентами фітомаси (табл. 5.47).

Таблиця 5.47

**Річне депонування вуглецю й енергії у наземній фітомасі
деревостанів робінії несправжньоакації**

Група віку/ клас віку	Площа, га	Вуглець й енергія надземної фітомаси деревостанів				
		стовбур		крона		загалом
		деревина	кора	гілки	листя	
Молодняки/ I–II класи віку	370,2	<u>699*</u> 20007**	<u>44</u> 1561	<u>81</u> 2895	<u>203</u> 7273	<u>1027</u> 31736
Середньовікові/ III–V класи віку	1414,6	<u>2454</u> 87744	<u>236</u> 8428	<u>281</u> 10058	<u>1078</u> 38555	<u>4049</u> 144785
Пристигли/ VI клас віку	486,3	<u>747</u> 26726	<u>133</u> 4746	<u>87</u> 3096	<u>469</u> 16767	<u>1436</u> 51335
Стигли/ VII–VIII клас віку	2626,6	<u>3633</u> 129910	<u>1050</u> 37559	<u>418</u> 14935	<u>2953</u> 105590	<u>8054</u> 287994
Перестигли/ IX– клас віку	12780,0	<u>17185</u> 614540	<u>6207</u> 221970	<u>1712</u> 61206	<u>16600</u> 593633	<u>41704</u> 1491349
Всього	17683,7	<u>24718</u> 878927	<u>7670</u> 274264	<u>2579</u> 92190	<u>21303</u> 761818	<u>56270</u> 2007199

*чисельник – вміст вуглецю відповідної фракції надземної фітомаси, т·рік⁻¹;

**знаменник – енергія відповідної фракції надземної фітомаси, ГДж·рік⁻¹

Фітомаса надземної частини робінієвих деревостанів регіону дослідження, яка продукується за вегетаційний період може акумулювати до 2007 ТДж (ТДж = 10¹² Дж) енергії. Її переважна більшість нагромаджується у деревині стовбурів (30,5 % від загального обсягу річної акумульованої енергії) та листі (29,5 %) перестиглих деревостанів.

Доцільним лісотвірним видом робінія несправжньоакація є виключно у степовій природній зоні України, тому на зараз відсутні будь які інформаційно-довідкові дані вмісту енергії для

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

цього деревного виду, окрім розрахованих у дослідженні, що унеможлиблює їх порівняння.

Біомаса дерев може використовуватися для отримання різних форм енергії, тому на думку О. А. Гірса, В. В. Миронюка, & М. М. Куті (2012) варто зазначити й інші галузеві одиниці, які набули поширення для вимірювання енергії та співвідношення між ними. У країнах СНД для встановлення обсягів енергетичних ресурсів використовується узагальнююча одиниця – умовне паливо (1 т у. п. = 29,3 ГДж), у США та країнах Європейського Союзу – нафтовий еквівалент (1 т н. е. = 41,87 ГДж) (Р. Д. Василишин, 2016). У перерахунку річного обсягу енергії, яка акумулюється у загальній фітомасі надземної частини робінієвих деревостанів лісів ДООУЛМГ на зазначені одиниці вимірювання становить: 68,75 тис. т умовного палива або 48,06 тис. т нафтового еквівалента.

За даними Головного управління статистики у Дніпропетровській області, використання електро- та теплоенергії у 2019 році становило 23,46 млрд кВт·год та 11,49 млн Гкал відповідно (<http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo%202015/energy/index.htm>).

За умови, що при спалюванні 1 м³ природного газу вивільняється енергія у кількості 8,816 кВт·год або 7580 ккал, еквівалент використаної електроенергії дорівнює 2,661 млрд м³ та теплової – 1,515 млн м³ природного газу, що сумарно сягає 2,662 млрд м³. Енергія робінієвих деревостанів може певною мірою вирішувати питання збільшення частки використання джерел відновлюваної енергії та забезпечення енергетичними ресурсами сільських населених пунктів Байрачного степу України.

Сучасні дослідження демонструють зацікавленість науковців термічними характеристиками деревини, особливо кінетичними закономірностями термодеструкції фітомаси деревних рослин (W. Brostow, K. P. Menard, & N. Menard, 2009; P. Poletto et al., 2010; T. Sebjo-Puñal, 2012; С. Р. Лоскутов, О. А. Шапченкова, & А. А. Анискина, 2015; A. Pandey, T. Bhaskar, M. Stöcker, & M. Sukumaran, 2015; I. Haberle, O. Skreiberg, J. Lazar, & L. Haugen, 2017; F. Guoab & Z. Zhonga, 2018).

На тлі чисельних результатів досліджень основних параметрів термохімічної деструкції деревини різних лісотвірних деревних видів, які зростають у інших флористичних областях та трав'янистих лучних видів степових фітоценозів, аналогічні дані для робінії несправжньоакації, яка у степовій зоні України є стратегічною енергетичною культурою і головним джерелом дров'яної деревини, відсутні. У рамках оцінювання енергетичної функції робінієвих деревостанів Байрачного степу України на першому етапі досліджено процеси термодеструкції фітомаси деревини та кори стовбурів дерев робінії несправжньоакації.

Аналіз термохімічних даних показав, що на першому етапі піролізу, до 120 °С у фітомасі стовбурів робінії несправжньоакації відбувається видалення вологи, тобто незв'язаної води, без деструкції структурних компонентів деревини та кори. Втрата маси деревини на цьому етапі складає 5,2–6,0 %, для кори – 11,6 % (рис. 5.23). На даному етапі термічного розкладання деревини та кори робінії несправжньоакації на кривих ДТА, при температурному діапазоні 70–200 °С фіксуються ендотермічний мінімум.

В інтервалі температур 120–200 °С термодеструкція досліджуваної фітомаси майже не відбувається, лише у незначній кількості втрачається конституційна вода, особливо корою робінії, про що свідчить незначний ендотермічний ефект з максимумом за температури 180 °С, де фіксується додаткова втрата маси (рис. 5.24).

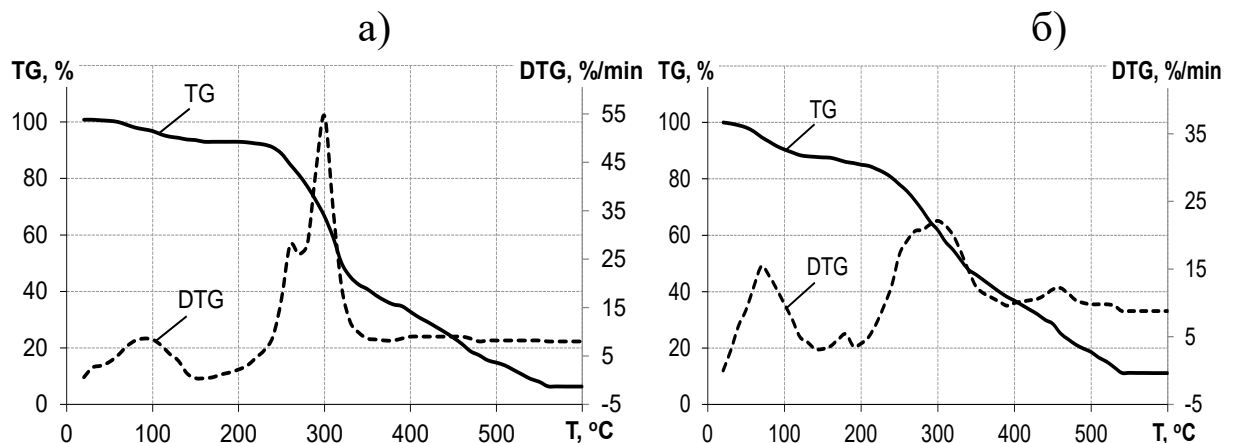


Рис. 5.23. Результати термічного аналізу фітомаси деревини (а) та кори (б) стовбурів робінії в окислювальному середовищі

На наступному етапі піролізу (200–350 °С) зафіксовано початок інтенсивної деструкції як деревини, так і кори стовбурів. У зазначеному температурному діапазоні відбувається розкладання геміцелюлоз та найменш стійких фрагментів головних полімерів деревних рослин – лігнінів (С. Утгоф, 2014).

Для деревини робінії несправжньоакації температура початку інтенсивної деструкції деревини складала 232 °С, кори – 222 °С з втратою маси – 7,8 і 16,3 % відповідно.

Термічне розкладання геміцелюлоз, целюлози і лігніну відбувається в інтервалах температур 225–325 °С, 305–375 °С і 250–500 °С відповідно (D. K. Shen et al., 2009). За температури 260 °С, деревина стовбурів робінії набуває бурого забарвлення, що можна пояснити втратою конституційної води та незначної кількості реакційної вологи, мурашиної й оцтової кислот.

Частину оцтової кислоти деревина віддає головним чином внаслідок відщеплення ацетильних груп від геміцелюлоз (M. J. Safi, I. M. Mishra, & V. Prasad, 2004). В інтервалі температур 350–420 °С відбувається інтенсивне розкладання целюлози і лігніну з утворенням рідких і газоподібних продуктів піролізу вугілля. За температури 420–500 °С завершується термодеструкція лігніну і відбувається утворення коксу, при 500 °С фіксується вихід коксового залишку.

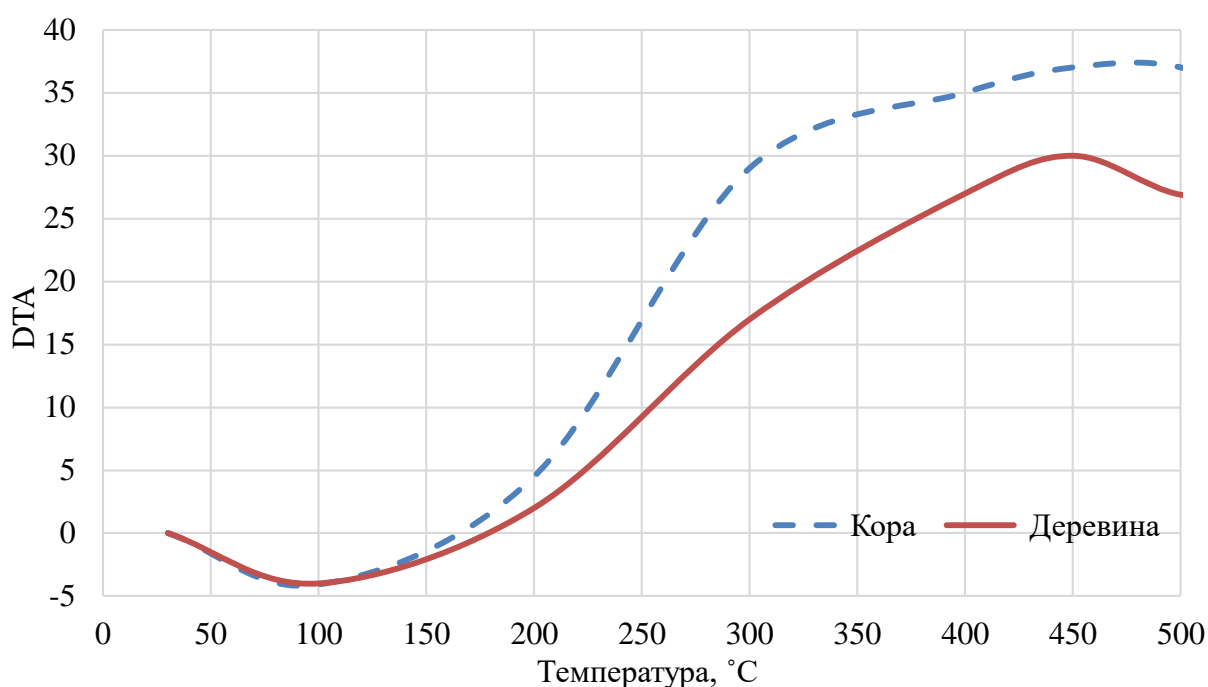


Рис. 5.24. Криві диференціального термічного аналізу фітомаси стовбурів робінії несправжньоакації

Починаючи з 500 °C і до 600 °C відбувається прожарювання вугілля, яке утворилося у результаті термічної деструкції деревини. Розкладання деревини з утворенням коксового залишку практично завершується, і відбувається трансформація структури коксу, майже з постійною швидкістю. Підвищення температури у досліджуваному процесі понад 500 °C призводить до відокремлення незначної кількості (1,5–0,2 %) важких смол, збільшується вихід неконденсованих газів, який становить 0,15–0,40 м³·кг⁻¹ абсолютно сухої маси і утворюється вугілля із вмістом вуглецю – 80–95 %. При цьому кокс газифікується і спалюється до зольного залишку. За температури 600 °C встановлено вихід зольного залишку, тобто видалення залишкових функціональних груп, тому в інтервалі температур 350–600 °C відбувається накладання незначних ендо- та екзотермічних ефектів.

Тепловий ефект екзотермічної фази термічної деструкції деревини стовбурів робінії несправжньоакації за діапазону температур 120–560 °C становить 647 кДж·моль⁻¹ (155 ккал·моль⁻¹).

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

Екзотермічні ефекти термодеструкції кори стовбурів фіксуються за температури 110–560 °С 2915 кДж·моль⁻¹ (696 ккал·моль⁻¹).

Встановлення залежності втрати маси (Δm) від температури деструкції складових фітомаси стовбурів досліджуваного деревного виду здійснено методом математичного моделювання, результати якого наведені на рис. 5.25.

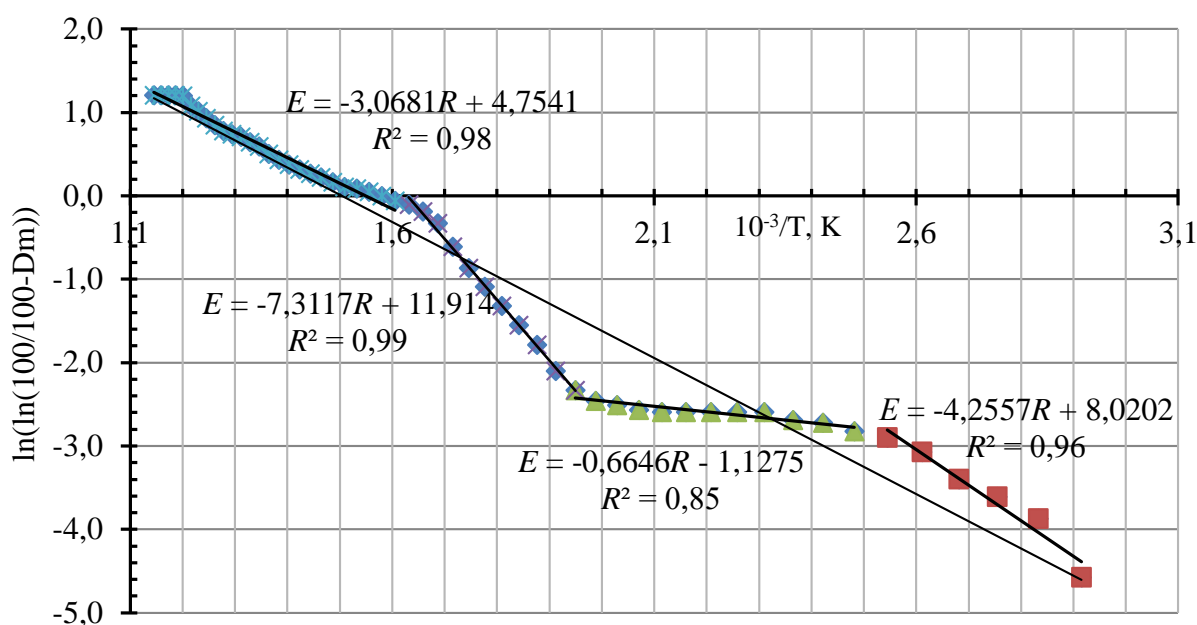
Розраховані величини енергії активації та відповідні їм температурні діапазони й інтервали зміни ступеня конверсії для компонентів фітомаси представлені у табл. 5.48.

Таблиця 5.48

Енергія активації термодеструкції фітомаси компонентів стовбура дерев робінії несправжньоакації

Компонент фітомаси	Енергетичні показники термодеструкції				
	Інтервал температури, °С	70–130	131–240	241–350	351–560
Деревина стовбурів	Енергія активації, кДж·моль ⁻¹	35,368	5,519	60,353	22,669
	Ступінь розкладання	0–0,050	0,051–0,086	0,087–0,628	0,629–1
	Інтервал температури, °С	30–100	101–240	241–340	341–540
Кора стовбурів	Енергія активації, кДж·моль ⁻¹	43,108	7,258	32,587	21,921
	Ступінь розкладання	0÷0,104	0,105÷0,217	0,218÷0,587	0,588÷1
	Інтервал температури, °С	30–100	101–240	241–340	341–540

а)



б)

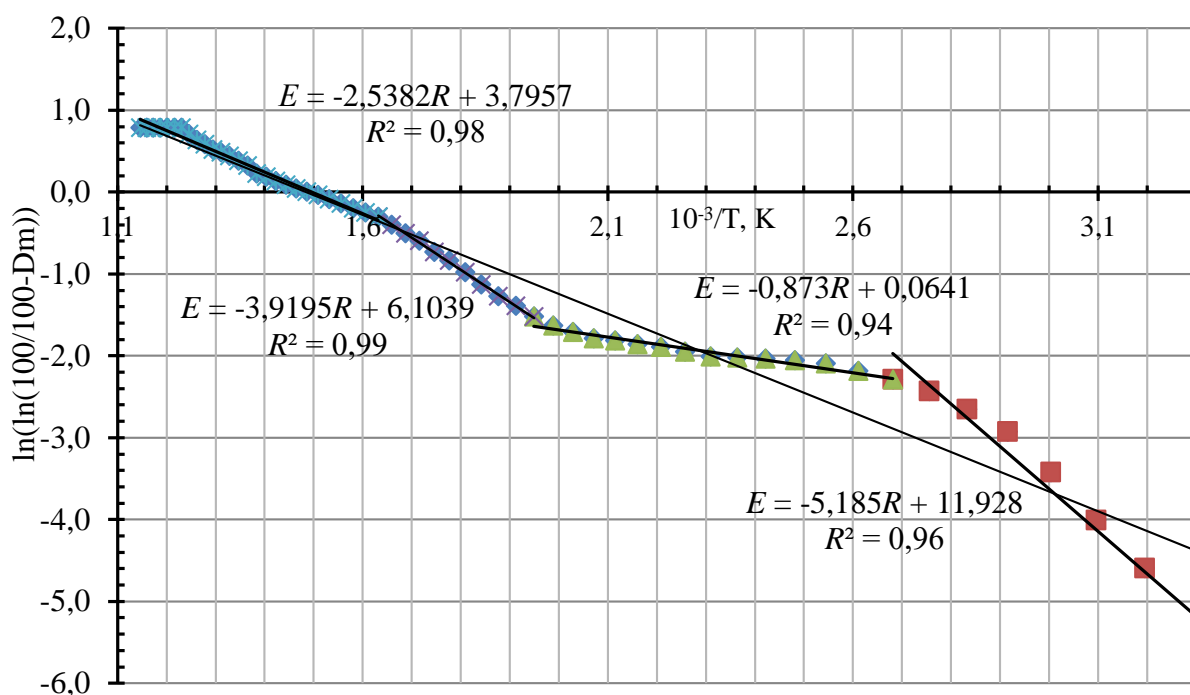


Рис. 5.25. Логарифмічна залежність Δm при термічній деструкції фітомаси деревини (а) та кори (б) стовбурів дерев робінії у окислювальному середовищі

Середнє значення енергії активації при термодеструкції деревини стовбурів у діапазоні температур 70–560 °С становить

5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ

31 КДж·моль⁻¹, кори – 26 КДж·моль⁻¹. Величини цього параметру збільшуються при утворенні зв'язків між макромолекулами полімеру. За рівних інших умов ефективна енергія активації термоокиснювальної деструкції є мірою стійкості біополімерів. Тому, чим більше ступінь зшивання макромолекул, тим вище значення енергії активації. Найбільший ступінь деструкції, як деревини так і кори стовбурів, зафіксовано в інтервалі температур 351–560 °С.

Особливості процесів термодеструкції насамперед обумовлені складом структурних компонентів фітомаси рослин. Властивості деревини, такі як вміст вологи, базисна щільність, вміст і якість екстрактивних речовин, співвідношення основних біополімерних компонентів, фізико-хімічні особливості геміцелюлоз, целюлози і лігніну, визначають параметри термічного розкладання. Хімічний склад рослинних тканин є видоспецифічним. У складі деревини листяних деревних видів у середньому міститься: лібриформу 43–75 %, елементів провідної тканини, судин – 20–40 %, серцевинних променів 10–20 %, деревної паренхіми 2–13 %. Вуглеводний комплекс деревини представлений холоцелюлозою, до складу якої входять целюлоза, геміцелюлоза, пентозани, гексозани та уронові кислоти, які містять карбоксильні, ацетильні групи та метоксіли. У листяних деревних лісотвірних видів холоцелюлози у складі деревини варіює у діапазоні 72–79 %, лігнін – 18–22 %. Незначна термостабільність робінії несправжньоакації може бути пов'язана з наявністю у твердолистяних видів значної кількості пентозанів, найменш стійких до нагрівання.

За якісним хімічним складом структурні компоненти кори – луб і корок є різними, проте обидва шари значно відрізняються від деревини високим вмістом речовин, які екстрагуються водою, відносно низьким вмістом легко- і важкогідролізуємих полісахаридів і целюлози. Гідролізати легкогідролізуємих полісахаридів деревної кори, як і гідролізат деревини, містять *D*-галактозу, *D*-манозу, *D*-глюкозу, *L*-арабінозу, *D*-ксилозу і уронові кислоти, але в інших співвідношеннях. Особливістю кори є високий вміст дубильних речовин, а також наявність у короку

воскоподібної речовини – суберіну (J. J. M. Órfão, F. J. A. Antunes, & J. L Figueiredo, 1999). Наявні відмінності хімічного складу деревини і кори стовбурів дерев робінії несправжньоакації вірогідно й обумовлюють різність їх термічних ефектів.

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

6.1. Неорганічні металічні контамінанти у надземній фітомасі робінієвих деревостанів в умовах поліелементного забруднення ґрунту

Значний теоретичний і прикладний інтерес являють дослідження депонування та довгострокової акумуляції техногенних неорганічних контамінантів у надземній біомасі фітоценозів, адже рослини, як автотрофний блок екосистем, відіграють важливу роль у перерозподілі та міграції хімічних елементів між структурними складовими біогеоценозів.

Особливе значення у цьому процесі відіграють лісові екосистеми, як домінантні геохімічні регулятори масопотоків природних речовин і ксенобіотиків на глобальному біосферному рівні. За останні десятиріччя перспективність методу фіторемедіації техногенно трансформованих ландшафтів доведена експериментально та висвітлена у численних роботах (В. М. Зверковський, 1999; А. Н. Масюк, 2009; Г. Н. Копчик и др., 2016; E. Pilon-Smits, 2005; X. Yang, Y. Feng, Z. He, & P. J. Stoffella, 2005; M. Marmiroli et al., 2011; R. A. Wuana & F. E. Okieimen, 2011; S. Fernández et al., 2017; F. S. Roque-Alvarezah et al., 2018; M. W. Woch, 2018).

Акумулюючі властивості рослин зазвичай ідентифікують у ґрунтах рудоносних провінцій, в яких до фонового вмісту металів додається надлишок хімічних елементів, що призводить до формування у рослин як гіперакумулюючої здатності, так і толерантності (В. Б. Ильин, 1991). За реакцією рослин на дію надмірних концентрацій неорганічних контамінантів, а саме важких металів, виділяють три основні стратегії (И. В. Серегин, А. Д. Кожевников, 2008). Метал-адсорбенти – рослини, які постійно підтримують низькі концентрації металів, незважаючи на значне варіювання вмісту у ґрунтах, утримуючи їх головним чином у тканинах кореневої системи. Рослини цієї групи здатні змінювати проникність клітинних мембран і метал-зв'язувальну

властивість клітинних стінок. Метал-індикатори – види рослин, які активно накопичують метал у надземних органах і у цілому відображають його рівень у ґрунті. Вони толерантні до фактичного рівня концентрації металу завдяки утворенню хелаторів – позаклітинних метал-зв’язувальних сполук, або змінюванні характеру компартментації металу шляхом його накопичення у нечутливих до металу тканинах і органах. До групи метал-аккумуляторів належать рослини, які здатні накопичувати метал у надземній фітомасі у концентраціях, які значно перевищують такі у ґрунті.

Здатність фітомаси накопичувати металічні елементи залежить від цілого ряду факторів: анатомічних та фізіологічних особливостей тканини (Н. Р. Мейчик, Ю. И. Николаева, О. В. Комарынец, & И. П. Ермаков, 2011; J. L. Hall, 2002; D. J. Eide, 2006; M. Chodak & M. Niklińska, 2010), фізико-хімічних властивостей іонів контамінантів (Р. Баргальи, 2005; M. N. V. Prasad, 2001; K. J. Appenroth, 2010), ефективності функціонування фізіологічних бар’єрів (L. Jarup, 2003; G. Thapa, A. Sadhukhan, S. K. Panda, & L. Sahoo, 2012; M. Shahid et al., 2014).

У закордонних роботах, які оцінюють ремедіаційні властивості робінії несправжньоакації, переважно висвітлені їхні біохімічні основи (A. Nadgórska–Socha, M. Kandziora-Ciupa, M. Trzęsicki, & G. Barczyk, 2017). Підвищена концентрація вуглекислого газу у середовищі вирощування робінії спричиняла збільшення значення pH у ризосфері, зменшувало поглинання Кадмію з ґрунту та активувало антиоксидантну систему для нівелювання токсичної дії металу (X. Jia, Y. Zhao, T. Liu, & Y. He, 2017). Збільшення акумулювання Плюмбуму у фітомасі листя робінії несправжньоакації за довгострокової дії підвищеного атмосферного діоксиду вуглецю наведено у роботі X. Jia, C. Zhang, Y. Zhao, T. Liu, & Y. He (2018). Надмірна концентрація полютанта у фітомасі асиміляційної фракції стимулювала синтез розчинних цукрів, проліну, флавоноїдів, сапонінів, фенолів, малонового діальдегіду, підвищувала активність каталази й супероксиддисмутази та призводила до зменшення вмісту хлорофілу й каратиноїдів.

На ґрунтах, забруднених Кадмієм та Плюмбумом, відмічено інтенсивне накопичення вторинних метаболітів сапонінів, флавоноїдів, алкалоїдів у листі *Robinia pseudoacacia*, що може активувати захисні механізми до понаднормативних концентрацій контамінантів (Y. Zhao et al., 2016). У роботі M. Fan et al. (2018) охарактеризовано 82 штами ендofітних мікроорганізмів з бактеріоризи робінії несправжньооакації, яка зростає у районі видобутку Плюмбуму та Цинку. Синтез індолілоцтової кислоти, продукування сидерофора і аміноциклопропан-1-карбоксилат дезаміназної активності виявлено в 43, 50 і 17 ізолятах відповідно. Показано значний фітореMediaційний потенціал по відношенню до важких металів мутуалістичної взаємодії кореневої системи *Robinia pseudoacacia* й мікробіоценозу.

В Україні робінія несправжньооакація слугувала об'єктом досліджень щодо вмісту металів у складі рекультиваційних насаджень степової зони (В. М. Зверковський, 1999; А. Н. Масюк, 2009) та у лісах захисного функціонального призначення (Ю. І. Грицан, 2000). Концентрації елементів у надземній фітомасі дерев робінії у культурбіогеоценозі еродованих схилів південної експозиції з крутизною 6° на правому березі р. Самари (Байрачний степ) становили (мг·кг⁻¹): Нікель – 4,3–36,0; Хром – 1,8–11,2; Манган – 20,0–312,0; Купрум 7,0–17,0; Плюмбум – 1,0–16,0. Зазначено переважання накопичення надземною фітомасою робінієвого деревостану Хрому, Мангану, Нікелю і Плюмбуму у порівнянні з надземною фітомасою травостою різнотравно-ковилового степу (Н. Н. Цветкова, 1992).

За дослідженнями Н. Н. Цветковой (1992) концентрації мікроелементів у листі дерев робінії несправжньооакації, які зростали на експериментальній ділянці лісової рекультивації у заплаві річки Оріль (Байрачний степ), становили (мг·кг⁻¹): *Pb* – 2,4–5,2; *Mn* – 109,0–212,0; *Cr* – 0,30–0,48; *Ni* – 1,5–2,0; *Cu* – 14,0–36,0. Усі визначені концентрації є більшими за їхні значення, які встановлені у дослідженні вмісту неорганічних контамінантів у структурних компонентах надземної фітомаси дерев робінії несправжньооакації рекультиваційного лісового насадження Байрачного степу України (С. А. Ситник & В. М. Зверковський,

2017; S. Sytnyk, V. Lovynska, M. Kharytonov, L. Katan, & M. Gumentyk, 2017; V. M. Zverkovskyu, S. A. Sytnyk, V. M. Lovynska, M. M. Kharytonov, & S. Yu. Mykolenko, 2017).

Біогеоценологічне обґрунтування лісової рекультивації та дослідження біотичної продуктивності лісів у Байрачному степу України передбачають визначення селективного акумулятивного потенціалу лісотвірних деревних видів до полютантів та з'ясування ролі лісостанів у міграції та депонуванні металічних неорганічних контамінантів за компонентами надземної фітомаси.

Особливо актуальним є визначення здатності надземної фітомаси лісотвірних видів до накопичення полютантів, так як акумульовані токсиканти у деревині та корі стовбурів на тривалий час можуть бути виключені з колообігу речовин.

У роботі дослідження спрямоване на визначення вмісту металічних неорганічних контамінантів у ґрунті та компонентах надземної фітомаси (деревина стовбура, кора стовбура, листя, плоди) дерев робінії несправжньоакації у лісовому насадженні захисного функціонального призначення.

Визначені фактичні концентрації досліджуваних металічних елементів у ґрунті та їх відповідність до державних екологічних та санітарно-гігієнічних нормативів наведена у табл. 6.1.

Встановлені концентрації металічних елементів у ґрунті проаналізовано на відповідність вимог нормативно-законодавчої бази України – Гігієнічним нормативам 2.1.7.2511–09 «Орієнтовно допустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті» (ОДК) та згідно значень гранично допустимих концентрацій хімічних речовин у ґрунті за показниками шкідливості ДСанПіН № 2.2.7.029–99 (ГДК). Значення орієнтовно допустимих концентрацій хімічних речовин природного походження обґрунтовані для трьох асоціацій ґрунтів: 1) піщаних та супіщаних; 2) суглинистих та глинистих з $pH \leq 5,5$; 3) суглинистих та глинистих з $pH > 5,5$.

Таблиця 6.1

Вміст металічних неорганічних контамінантів у ґрунті, мг·кг⁻¹

Неорганічні контамінанти	Фактична концентрація	ГДК*	ОДК**	Кларки елементів
--------------------------	-----------------------	------	-------	------------------

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

				у ґрунтах***
Арсеній	25,8 ± 2,70	2,0	5,0	15,9
Стибій	1,5 ± 0,04	4,5	н/н	1,0
Цинк	56,5 ± 1,57	23,0	110,0	158,0
Плюмбум	40,6 ± 4,58	32,0	65,0	54,5
Хром	93,9 ± 2,21	6,0	н/н	80,0
Нікель	43,1 ± 2,53	4,0	40,0	38,0
Купрум	27,5 ± 0,19	3,0	66,0	39,0
Манган	164,5 ± 1,25	1500,0	н/н	729,0
Станум	40,5 ± 1,40	н/н	н/н	6,8
Кадмій	5,3 ± 0,07	н/н	1,0	0,9

* – гранично допустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті за показниками шкідливості згідно норм ДСанПіН № 2.2.7.029–99; ** – концентрацій валового вмісту хімічних речовин у ґрунті різного характеру землекористування за нормативами 2.1.7.2511–09 «Орієнтовно допустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті»; *** – кларки ґрунтів селетєбних ландшафтів (В. А. Алексеєнко & А. В. Алексеєнко, 2003); н/н – хімічна речовина не нормується.

Звертає увагу істотна відмінність між нормативними значеннями концентрації хімічних речовин у ґрунті, які наведені у двох легітимних державних документах, що значно ускладнює здійснення аналітичного оцінювання фактичного стану ґрунту та встановлення його фітотоксичності.

Результати порівняльного аналізу фактичних концентрацій хімічних речовин у досліджуваному ґрунті зі значенням $pH = 4,8$ по відношенню до нормативних значень ОДК виявили перевищення тільки для одного із досліджуваних металів – Арсену у 5,2 рази. Відповідність нормам ГДК продемонструвала відсутність перевищення лише одного НК із досліджуваних – Мангану. Показники вмісту інших контамінантів ґрунту у різному степені перевищували нормативні значення: $Pb - 1,3$; $Zn - 2,5$; $Cu - 9,2$; $Ni - 10,8$; $As - 12,9$; $Cr - 15,7$.

Досліджувані неорганічні контамінанти у складі кислих субстратів, яким є досліджуваний ґрунт, мають такі ступені рухливості: слабкорухливі – Ni , Cr , Pb , As та рухливі – Mn , Cu , Zn (R. A Wuana & F. E. Okieimen, 2011).

Фітомаса надземних органів рослин здатна з неоднаковою інтенсивністю акумулювати метали. Визначені у дослідженні значення концентрацій потенційно токсичних та умовно-есенціальних металів у структурних компонентах надземної

фітомаси дерев робінії несправжньоакації дослідження наведені на рис. 6.1.

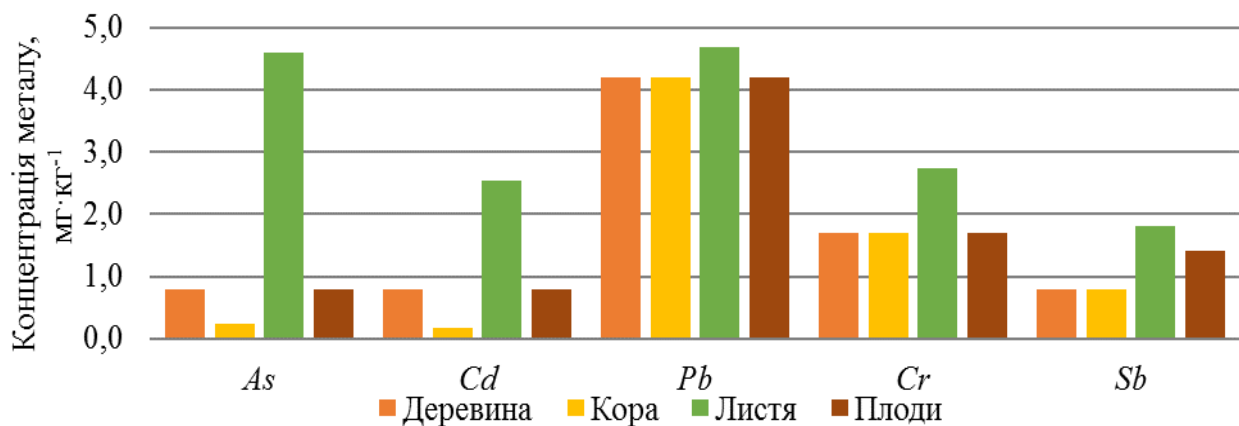


Рис. 6.1. Концентрація металічних неорганічних контамінантів у компонентах надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації

Встановлено, що за умови вмісту Арсену у ґрунті $25,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (10,6 ГДК) найбільше даний метал концентрується у фракції листя робінії несправжньоакації – $4,59 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. Таку концентрацію визначають, як мінімальне граничне значення вмісту Арсену, за якого фіксують його токсичну дію (М. Alexander, 2000). Значно менше концентрування цього НК фіксується у корі стовбура – $0,23 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, що в 20 разів є нижчим за даний показник у листяній фракції. У деревині стовбурів та плодах наявна однакова концентрація пошукового елемента – $0,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Арсен відносять до групи хімічних елементів середньої інтенсивності поглинання та слабкого накопичення рослинами (А. М. Ивлєв, 1986). Рослинний кларк Арсенію складає $0,1 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (В. П. Федорчук, 1999), $0,2 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (Г. А. Юргенсон, М. А. Солодухіна, & О. В. Гудкова, 2006). Основний шлях надходження Арсенію до рослин відбувається через кореневу систему, доступність даного елемента, який міститься у твердій фазі ґрунту, обмежена наявністю арсенат-іонів, зв'язаних з Ферумом, Алюмінієм, Кальцієм та Магнієм (Ю. В. Алексєєв, 2008). Концентрація Арсенію у рослинах на незабруднених ґрунтах складає $0,01\text{--}5,0 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ (В. С. Гамаюрова, 1983), за

даними А. Кабата-Пендиас & Х. Пендиас (1989) даний елемент у рослинних організмах варіює у діапазоні 0,009–1,5 мг·кг⁻¹. Вважають, що концентрація Арсенію в рослинах, яка не впливає на їх нормальний ріст і розвиток, становить 1,0–1,7 мг·кг⁻¹, токсичною – 5,0–20,0 мг·кг⁻¹ (А. Kabata-Pendias, 2011). На думку Ю. В. Алексеева (1987) критична концентрація Арсенію у листі деревних рослин, що знижує їх продуктивність на 10 %, дорівнює 20 мг·кг⁻¹. Біохімічна роль цього елемента у рослин практично не досліджена (Р. Баргальи, 2005). Р. Р. Брукс (1986) оцінює фітотоксичність Арсенію як сильну, Ю. В. Алексеев (1987) вважає цей елемент помірно токсичним. Токсична дія Арсенію обумовлена його здатністю конкурувати з життєво важливими елементами – Ферумом та Фосфором.

Діапазон вмісту Кадмію у надземній фітомасі дерев робінії несправжньоакації становить – 0,18–2,50 мг·кг⁻¹, з найбільшим концентруванням у листі. Цей неорганічний контамінант, який не входить до числа необхідних для функціонування рослин елементів, проте ефективно поглинається кореневою системою рослин (P. Das, S. Samantaray & G. R. Rout, 1997; S. N. Iretskaya, S. H. Chien, & G. R. Menon, 1998).

На поверхню ґрунту у регіоні Байрачного степу потрапляє до 35 г·га·рік⁻¹ Кадмію (В. М. Гришко та ін., 2012). Надходження цього елемента до рослин збільшується зі зростанням його вмісту у ґрунті. За концентрації цього елемента у субстраті вирощування рослин понад 40 мг·кг⁻¹ переважає поглинання кореневою системою, при меншому вмісті – більш інтенсивніше поглинання відбувається з повітря через асиміляційний апарат (R. H. Reid, K. R. Dunbar, & M. J. McLaughlin, 2003). Щодо механізму транслокації Кадмію у рослинному організмі у літературі єдина думка відсутня. L. Zhang & F. Song (2005) зазначають, що за умови надходження Кадмію до рослин через листя відбувається його швидкий розподіл до інших вегетативних органів по флоємі. У кислих ґрунтах зі значенням $pH < 6$ іони Cd^{+2} є дуже рухливими, накопичення металу не спостерігається. При значеннях $pH > 6$ цей елемент може незворотно дифундувати із кристалічних ґраток оксидів (R. Redovniković et al., 2017). А. Kabata-Pendias (1999)

вважає, що переміщення Кадмію рослиною забезпечується речовиною-носієм, проте має обмежені масштаби через те, що він легко займає більшість обмінних позицій в активних речовинах клітинних стінок. Іншими дослідниками показано, що Кадмій транспортується до надземної частини рослини у катіонній формі, оскільки у міжклітинних розчинах тканин коренів і листків він представлений у формі іона Cd^{2+} (P. Das, S. Samantaray, & G. R. Rout, 1997; A. Alriksson, & H. M. Eriksson, 2001; Y. Itoh, S. Miura, & S. Yoshinaga, 2006; L. H. Mortensen, R. Rønn, & M. Vestergard, 2018).

Необхідність Плюмбуму для функціонування рослинних організмів не доведена (S. Fernández et al., 2017). Наявні відомості про стимулюючу дію низьких концентрацій сполук даного металу на ростові процеси, проте описано й ефекти гальмування метаболізму рослин, які виникають через низький рівень Плюмбуму (M. W. Woch, A. M. Stefanowicz, & M. Stanekb, 2017).

Взаємодія Плюмбуму з іншими хімічними елементами у різних умовах середовища не дозволяє надійно визначити, які концентрації металу є токсичними для рослин (K. J. Appenroth, 2010). Відомий синергізм дії Плюмбуму з Цинком та Кадмієм: стимулююча дія іонів Pb^{2+} на поглинання Кадмію коренями рослин може бути вторинним ефектом, пов'язаним із порушенням процесів трансмембранного переносу (A. Alriksson & H. M. Eriksson, 2001). Антагонізм Цинку і Плюмбуму виражається у взаємно несприятливому впливі на транслокацію обох елементів з коренів до надземної частини рослин (Y. Itoh, S. Miura, & S. Yoshinaga, 2006).

Тенденція до накопичення Плюмбуму у ґрунті, обумовлена малорухливістю його іонів, навіть при низьких значеннях pH . Для різних типів ґрунтів швидкість вимивання даного металу коливається від 4 до 30 г·га⁻¹ у рік, проте кількість привнесеного Плюмбуму може становити до 40–530 г·га⁻¹ (В. М. Гришко та ін., 2012). На думку М. W. Woch (2018) даний метал накопичується тільки у поверхневому шарі ґрунту – 0–2,5 см. За наявності у ґрунті розчинних фосфатів Плюмбум легко утворює гідроксид,

який трансформується у важкорозчинні фосфати (А. Е. Козаренко, 1987).

Результатами досліджень встановлено, що за концентрації Плюмбуму у ґрунті, яка незначно перевищувала ГДК (1,3 рази) у надземній фітомасі дерев робінії несправжньоакації його концентрація становила $4,2\text{--}4,7\text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$, і не мала значної дисперсії за вегетативними та генеративними органами надземної фітомаси.

Надлишкові концентрації Хрому у ґрунтах пов'язують з його високим вмістом в опадах (А. І. Anderson, D. В. Mayer, & F. K. Mayer, 1972). Зниження рухливості Хрому у ґрунтах може призводити до його дефіциту у рослин (С. О. Яковлева, 1999; В. П. Бессонова, 2006). У досліджуваному ґрунті зафіксовано дуже значне перевищення ГДК Хрому – у 15,7 разів. У деревині та корі стовбура й плодах даний елемент мав однакову концентрацію – $1,7\text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$. У асиміляційній фракції відбувалося його найбільше концентрування, яке досягало $2,7\text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$. У роботі С. О. Яковлевой-Носарь & Є. В. Костенко (2012) зазначено існування механізму зв'язування іонів Хрому у коренях *Robinia pseudoacacia*, який перешкоджає його надходженню до надземної частини, чим можна пояснити отримані результати.

Стибій не вважається необхідним хімічним елементом для рослин. За фізіологічною дією у рослинному організмі цей елемент є подібним до Арсенію: він приймає участь у ферментативних реакціях, як конкурент фізіологічно детермінованих метаболітів (Т. С. Кубатбеков, М. Б. Айтматов, & М. Ибраймакунов, 2012). У надземній фітомасі дерев робінії несправжньоакації виявлено однаковий його вміст у деревині та корі стовбурів ($0,8\text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) та подвійне перевищення зазначеної концентрації у листі та плодах.

На рис. 6.2 наведено фактичні концентрації фізіологічно значущих металічних неорганічних контамінантів у компонентах надземної фітомаси досліджуваного лісотвірного виду.

Купрум – металічний елемент, перманентний у складі ґрунту та біоти (А. Kabata-Pendias, 2011). У рослин цей елемент входить до складу пластоціаніну, поліфенолоксидази, супероксиддисмудази, цитохлоромоксидази (А. А. Кулагин,

Ю. А. Щагієва, & Г. С. Розенберг, 2005). Відмічено вплив іонів Cu^{+2} на функціонування провідної тканини ксилеми (Р. Баргальї, 2005), контроль фіксації й відновлення азоту (Н. С. Петруніна, 1974). Купрум є фізіологічним антагоністом Феруму і Молібдену (А. Aliksson & Н. Eriksson, 2001).

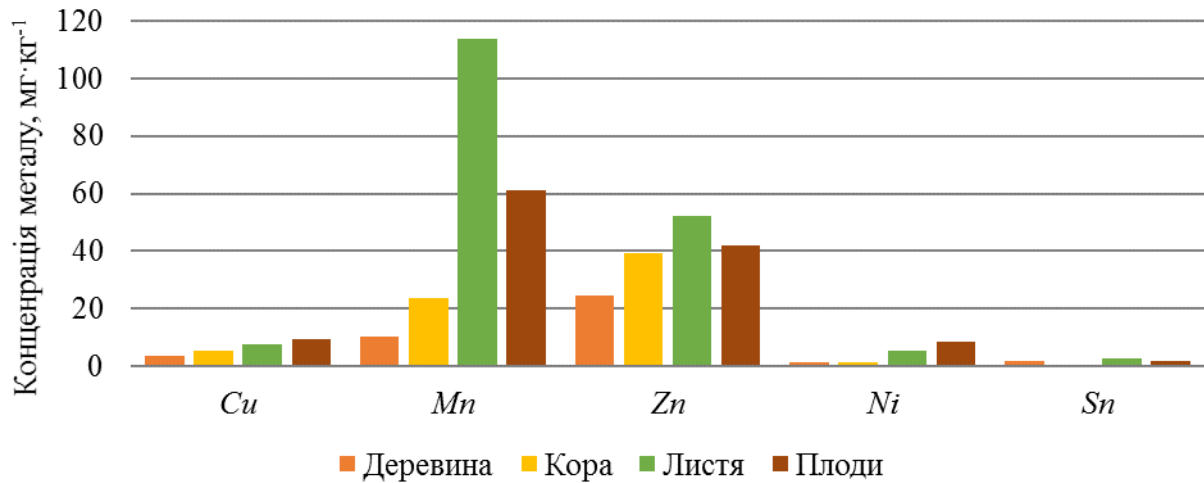


Рис. 6.2. Концентрація фізіологічно значущих елементів у надземній фітомасі робінії несправжньоакації

Рухомість Купруму у рослинних тканинах значно залежить від рівня його надходження із субстрату вирощування: вірогідно, більша його частина, залишається у тканинах коренів, лише незначна частка може переміщуватися до надземної частини (Н. Н. Цветкова, 1998). У кислих ґрунтах міграція даного елемента має складний механізм: з одного боку, даний метал надходить до рослин з ґрунту у вигляді ґрунтового розчину, з іншого, його кількість у ґрунті поповнюється внаслідок руйнування ґрунтових мінералів, відмирання рослин і мікроорганізмів (Н. И. Дроздова & Т. В. Макаренко, 2015). Ознаки дефіциту Купруму у рослин спостерігаються за різного вмісту у клітинах: концентрація даного елемента нижча за $2 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ є несприятливою для більшості рослин (Н. С. Касимов, 1988).

Незначну акумуляцію Купруму у надземній фітомасі дерев робінії несправжньоакації можна пояснити незначною рухливістю іонів Cu^{+2} , які активно зв'язуються із клітинними стінками у коренях рослин. За умови значного перевищення ГДК Купруму у ґрунті (9,3 рази) у досліджуваній надземній фітомасі зафіксовано

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

достатньо низьку концентрацію: у фракції листя – $7,7 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, у деревині та корі стовбура $3,7$ і $5,3 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ відповідно. Перевищення критичного значення для деревних рослин ($20 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) у досліджуваного виду не виявлено.

Манган є необхідним для життєдіяльності рослин елементом за рахунок його локалізації у складі простетичних груп ферментів (аргінази, фосфотрансферази), участі у процесах фотосинтезу (перенесення електронів, синтез хлорофілу, гексоз) метаболізму аскорбінової кислоти (Р. Баргальї, 2005). Зниження інтенсивності транспірації та переміщення Фосфору з нижніх вегетативних органів на апікальні репродуктивні органи за надмірної концентрації Мангану показано у роботі Л. В. Копыловой (2010). В. Б. Ильин (1991) зазначав нівелювання токсичної дії Мангану на рослини Молибденом.

У надземній фітомасі робінії несправжньооакації концентрація Мангану має найбільші абсолютні значення з усіх досліджуваних контамінантів та найширший діапазон концентрації у структурних компонентах: найменша концентрація зафіксована у деревині стовбура – $10,3 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, тоді як у листі його вміст дорівнює $113,7 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, у плодах робінії виявлена медіанна концентрація – $61,0 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Фітонакопичення Мангану за відсутності або мінімального рівня техногенного забруднення пов'язують зі здатністю іону Mn^{2+} у кислому середовищі ($pH < 5,7$) трансформуватися у більш рухому та доступну для рослин форму (А. А. Кулагин, Ю. А. Шагиева, & Г. С. Розенберг, 2005).

Найбільшу міграційну активність у ґрунтах і рівномірний розподіл у шарі ґрунту 0–20 см має Цинк (L. Zhang & F. Song, 2005). У рослин Цинк є компонентом майже 40 ферментів, які забезпечують синтез ауксину, АТФ, хлорофілу, трансмембранний транспорт, формування мітохондрій (D. J. Eide, 2006). Цинк сприяє засвоєнню рослинами Купруму, Бору, регулює обмін Фосфору, є антагоністом Мангану і Феруму (А. Кабата-Пендиас & Х. Пендиас, 1989). Ознаки токсичності Цинку у рослин відмічають за його вмісту у тканинах рослин $300\text{--}500 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сухої речовини (Н. И. Дроздова & Т. В. Макаренко, 2015). Концентрація Цинку

200 мг·кг⁻¹ сухої рослинної біомаси спричиняє на рослини токсичний ефект (S. Fernández et al., 2017). Показано збільшення фітотоксичності Цинку на кислих ґрунтах: зниження *pH* ґрунту на дві одиниці призводить до збільшення його рухливості у 3,8–5,5 разів (D. J. Eide, 2006). Толерантні види рослин можуть послаблювати дію надлишкових концентрацій Цинку шляхом метаболічної адаптації та комплексоутворення, обмеженням присутності елемента у клітинах або трансформуючи його у нерозчинну форму у запасуючих тканинах (Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев, & В. А. Павловский, 1998).

За умови перевищення норми (2,5 ГДК) Цинку у ґрунті у досліджуваних зразках надземної фітомаси робінії несправжньо-акації вміст цього металу мав діапазон 24,8–52,3 мг·кг⁻¹, з найменшим концентруванням у фітомасі деревини стовбурів, найбільшим – у фракції листя (V. M. Zverkovskyy, S. A. Sytnyk, V. M. Lovynska, M. M. Kharytonov, & S. Yu. Mykolenko, 2017).

Фізіологічна необхідність Нікелю для рослин до теперішнього часу є дискусійним питанням, токсичність його високих концентрацій є очевидною (К. П. Махонько, 1989; X. Yang, Y. Feng, Z. He, & P. J. Stoffella, 2005; N. E. Kosheleva et al., 2016). У ґрунтах концентрації цього металічного елемента від надлишкової до токсичної змінюються від 10 до 100 мг·кг⁻¹ (A. I. Anderson, D. B. Mayer, & F. K. Mayer, 1972). Рухливість Нікелю у ґрунті залежить від кислотно-лужного балансу та концентрації органічних речовин, переважно гумусових кислот. Міграція даного елемента носить складний характер: з одного боку, Нікель надходить до рослин з ґрунту у вигляді ґрунтового розчину, з іншого – його кількість у ґрунті поповнюється внаслідок руйнування ґрунтових мінералів, відмирання рослин і мікроорганізмів, а також за рахунок його внесення з атмосферними опадами (Н. Р. Мейчик, Ю. И. Николаева, О. В. Комарынец, & И. П. Ермаков, 2011). У роботі X. Yang, Y. Feng, Z. He, & P. J. Stoffella (2005) показано зменшення надходження ряду елементів мінерального живлення – *Zn*, *Cu*, *Ca*, *Mg*, *Mn* за надлишкових концентрацій Нікелю у субстраті вирощування рослин. Інгібування активності меристеми, яке

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

виражалось у пригніченні диференціації судин та зниженні кількості судинних пучків за дії концентрацій Нікелю, які перевищували оптимум, показано у роботі И. В. Серегина & А. Д. Кожевниковой (2008). До появи візуальних морфологічних симптомів гострої токсичності, підвищені концентрації Нікелю у рослинних тканинах зменшують інтенсивність процесів транспірації і фотосинтезу, при цьому відбувається заміщення центрального атому Магнію у молекулі хлорофілу на атом Нікелю (К. П. Махонько, 1989; M. N. V. Prasad & J. Hagemeyer, 1999; M. Prasad, 2005).

За умови перевищення норм ГДК для Нікелю у досліджуваному ґрунті у 10,8 разів у компонентах надземної фітомаси мінімального концентрування цей елемент набував у деревині та корі стовбурів робінії несправжньооакації – $1,7 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. Найбільше акумулювання Нікелю відбувалося у плодах, де зафіксовано його максимальну концентрацію – $8,5 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Вміст Стануму – хімічного елемента, який не регламентується державними екологічними та санітарно-гігієнічними нормативами, у досліджуваному ґрунті дорівнював $40,5 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. Порівняння фактичного вмісту з природним кларком цього металу у ґрунтах селітебних ландшафтів, який становить $6,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, дозволяє зробити припущення, що встановлена концентрація у ґрунті є надмірною. У надземній фітомасі дерев робінії несправжньооакації концентрація цього елемента становила $1,7\text{--}2,6 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$: найменше концентрування відбувалося у фітомасі структурних компонентів стовбура, найбільшого депонування набував у листі. Фізіологічна роль Стануму не встановлена (N. Verbruggen, C. Hermans, & H. Schat, 2009). У роботі М. С. Якуби (2008) зазначено концентрування Стануму до $40 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ рослинами живого надґрунтового покриву у лісовому насадженні техногенно навантаженого регіону.

Для виявлення складних рангів взаємозв'язків між концентраціями металічних неорганічних контамінантів у фітомасі надземної частини робінієвих деревостанів проведено кластерний аналіз, результати розрахунку Евклідових відстаней наведено у табл. 6.2. На рис. 6.3 представлена дендрограма,

побудована за методом Варда. Аналіз наведених даних дозволяє констатувати, що концентрації таких металічних елементів як Плюмбум і Хром, Арсен і Кадмій, Стибій і Манган, Купрум і Нікель, об'єднуються в окремі кластери.

Таблиця 6.2

**Евклідові відстані металічних неорганічних контамінантів у
 фітомасі надземної частини робінієвих деревостанів**

Метали	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Sb</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Sn</i>
<i>As</i>	0,00	0,28	0,23	0,23	0,96	1,95	0,80	1,33	2,01	1,51
<i>Cd</i>	0,28	0,00	0,51	0,51	0,90	1,91	0,84	1,46	1,91	1,30
<i>Pb</i>	0,23	0,51	0,00	0,00	1,05	1,99	0,83	1,24	2,10	1,68
<i>Cr</i>	0,23	0,51	0,00	0,00	1,05	1,99	0,83	1,24	2,10	1,68
<i>Sb</i>	0,96	0,90	1,05	1,05	0,00	1,10	0,33	0,95	1,17	1,87
<i>Cu</i>	1,95	1,91	1,99	1,99	1,10	0,00	1,26	1,20	0,46	2,52
<i>Mn</i>	0,80	0,84	0,83	0,83	0,33	1,26	0,00	0,73	1,42	1,97
<i>Zn</i>	1,33	1,46	1,24	1,24	0,95	1,20	0,73	0,00	1,55	2,52
<i>Ni</i>	2,01	1,91	2,10	2,10	1,17	0,46	1,42	1,55	0,00	2,31
<i>Sn</i>	1,51	1,30	1,68	1,68	1,87	2,52	1,97	2,52	2,31	0,00

У табл. 6.3 наведені встановлені у дослідженні фактичні концентрації неорганічних контамінантів у надземній фітомасі робінієвих деревостанів та межі концентрацій речовин, які визначені оптимальними для функціонування рослинних організмів (В. М. Гришко, 2012; А. Kabata-Pendias, 2011; S. Sytnyk, V. Lovynska, M. Kharytonov, L. Katan, & M. Gumentyk, 2017).

Гіперакумуляторами металів визначено рослини, що містять понад 0,1 % (більш ніж 1000 мг·кг⁻¹) Купруму, Кадмію, Хрому, Плюмбуму, Нікелю, Кобальту або 1 % (понад 10000 мг·кг⁻¹) Цинку і Мангану в абсолютно сухій фітомасі (V. A. Alekseenko, M. A. Pashkevich, & A. V. Alekseenko, 2017).

Аналізуючи фактичні концентрації досліджуваних контамінантів, визначених у надземній фітомасі робінії несправжньоакації необхідно відмітити, що такі елементи, як Купрум, Нікель, Плюмбум, Цинк, містяться у діапазоні, який більшість авторів вважають за оптимальний для функціонування рослин, за умови понаднормативного перевищення у ґрунті цих елементів. Наявність Кадмію й Арсенію – елементів, які не є необхідними для фізіолого-біохімічних процесів рослин.

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

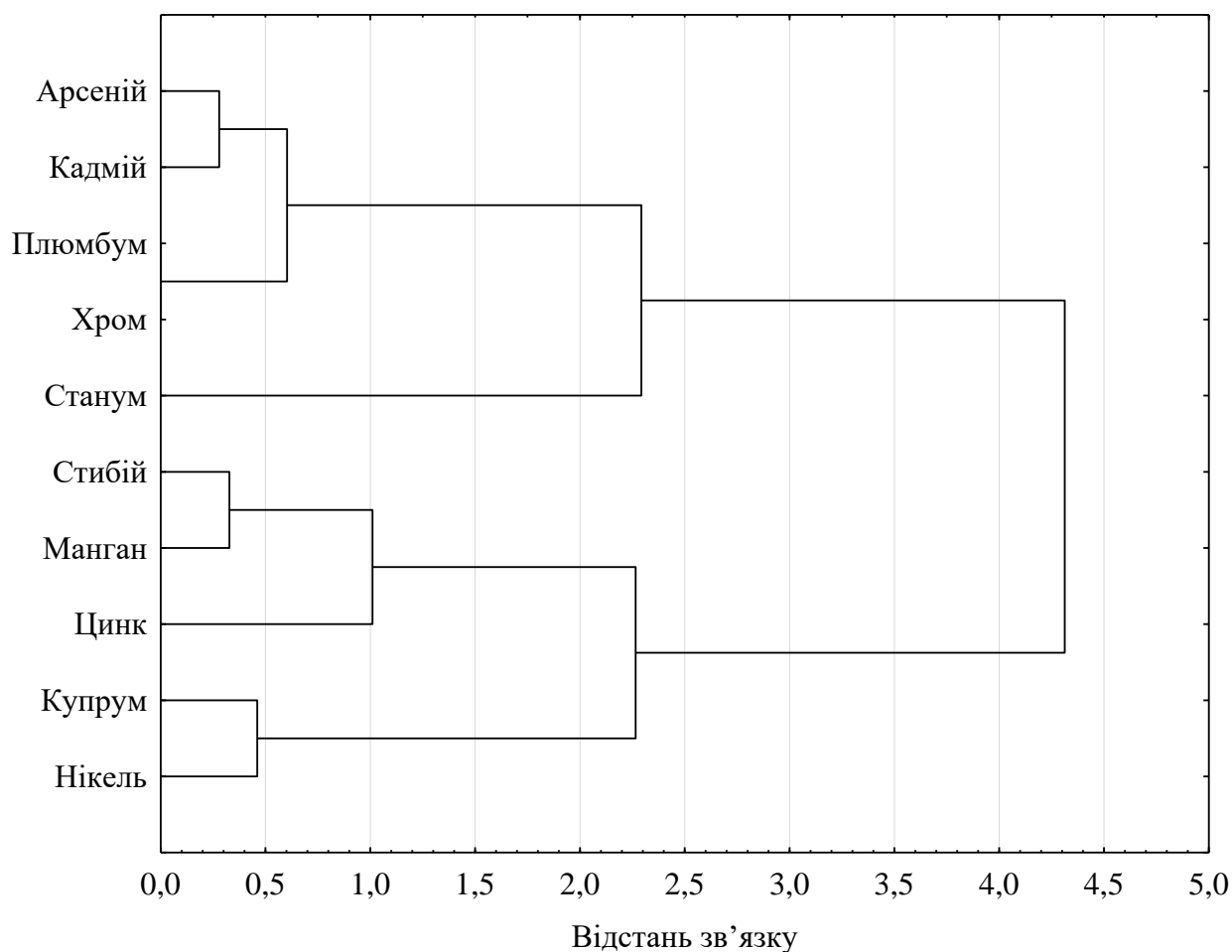


Рис. 6.3. Дендрограма вмісту металічних неорганічних контамінантів у структурних компонентах надземної фітомаси робінієвих деревостанів

У асиміляційних органах робінієвих деревостанів найбільшого концентрування досягали ($\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) Манган – 113,7 і Цинк 52,3. Інші досліджувані металічні неорганічні контамінанти мали вміст, менший за $10 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$, серед яких найменша концентрація ($1,8 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) зафіксована для Стибію.

Репродуктивні органи – плоди, також у більшій кількості, як і фракція листя, акумулювали Манган, проте його концентрація по відношенню до вмісту у листі, була меншою майже у два рази – $61,0 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$. За абсолютними значеннями вмісту на другому місті зберігав позиції Цинк, його фактична концентрація також була меншою, ніж у листі – $42,1 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$. Найменші концентрації у плодах виявлені для Арсенію, Кадмію ($0,8 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) та Стибію ($1,4$

мг·кг⁻¹); збільшення вмісту по відношенню до листя продемонстрували метали II-го класу небезпеки – Купрум і Нікель, фактичні значення концентрацій яких становили 9,2 та 8,5 мг·кг⁻¹ відповідно.

Таблиця 6.3

**Концентрація металічних елементів у надземній фітомасі
 робінієвих деревостанів та їх оптимальні межі, мг·кг⁻¹**

Метали	В. Г. Мінеєв, 1990	Н. Чертко, 2008	Н. Прохорова, 1998	А. Кабата-Пендіас, 1989	Фактичний вміст у фітомасі робінії
Хром	0,2–1,0	–	1,0–2,0	0,02–0,2	1,7–2,8
Купрум	2,0–12,0	5,0–30,0	15,0–20,0	2,0–20,0	3,7–9,2
Нікель	0,4–3,0	≤ 1,0	25,0–30,0	0,1–2,7	1,1–8,5
Плюмбум	0,1–5,0	1,5–14,0	–	0,05–5,0	4,2–4,7
Станум	0,8–6,0	–	–	–	1,7–2,6
Цинк	15,0–150,0	15,0–150,0	150,0–300,0	–	24,8–52,3
Манган	–	20,0–300,0	25,0–500,0	17,0–334,0	10,3–113,7
Арсен	–	–	–	–	0,8–4,6
Стибій	–	–	–	–	0,8–1,8
Кадмій	–	–	–	–	0,2–2,5

На наступному етапі дослідження проаналізовані розподіл і локалізація досліджуваних НК у компонентах надземної фітомаси вегетативних та генеративних органів дерев робінії несправжньоакації (рис. 6.4) та здійснена кластеризація акумуляції металічних елементів, результати якої наведено на рис. 6.5.

Фітомаса стовбурів, як деревини, так і кори, виявила менший рівень концентрування досліджуваних контамінантів у порівнянні із листям та плодами. У деревині та корі зберігалася тенденція найбільшого концентрування двох елементів – Мангану і Цинку. Абсолютні значення вмісту зазначених хімічних елементів були більшими у корі, ніж у деревині, проте значно меншими за відповідні показники у листі та плодах. Концентрування на одному рівні у деревині та корі стовбурів встановлено для більшості досліджуваних контамінантів (мг·кг⁻¹): Кадмій – 0,2; Арсеній – 0,8; Стибій – 0,8; Нікель – 1,2; Хром – 1,7; Плюмбум – 4,2 (рис. 6.5). Більший вміст у корі (5,3 мг·кг⁻¹), ніж у деревині (3,7

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

мг·кг⁻¹), виявив лише Купрум, зворотна тенденція була характерна лише для Стануму – 0,1 мг·кг⁻¹ (кора) і 1,7 мг·кг⁻¹ (деревина).

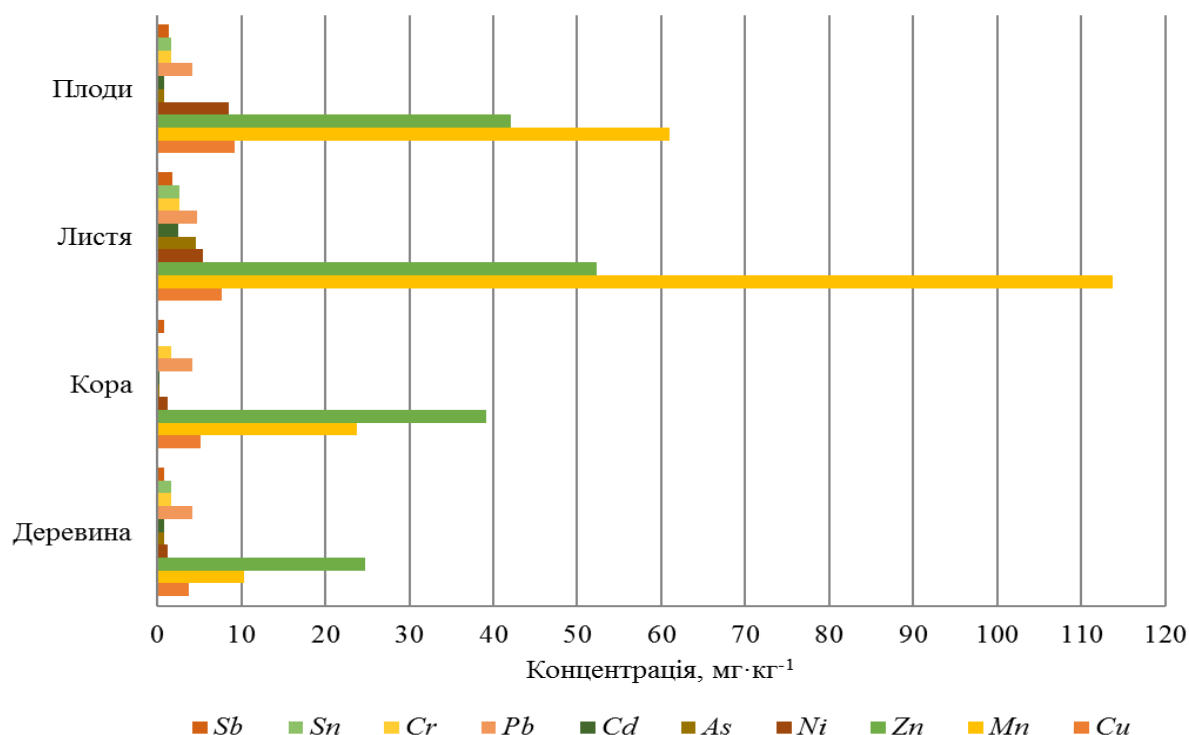


Рис. 6.4. Розподіл неорганічних контамінантів у надземній фітомасі дерев робінії несправжньоакації

У дендроіндикаційних дослідженнях Ю. І. Грицана (2000) надано ретроспективний аналіз (1964–1991 рр.) розподілу хімічних елементів (*Mn*, *Fe*, *Ni*, *Cu*, *Zn*, *Pb*) у річних шарах деревини робінії несправжньоакації, яка зростала у насадженнях приводороздільно-балочного степового ландшафту в умовах техногенного забруднення. Доведено, що у роки з більш низькою середньою температурою вегетаційного періоду спостерігалось інтенсивне накопичення у деревині цього лісотвірного виду Купруму, Мангану і Цинку – елементів, які виконують специфічні біохімічні функції у механізмах морозостійкості й посухостійкості рослин степової зони. За умови найбільшого радіального приросту у деревині стовбура серед досліджуваних елементів переважали Манган, Нікель, Купрум, що узгоджується з даними досліджень.

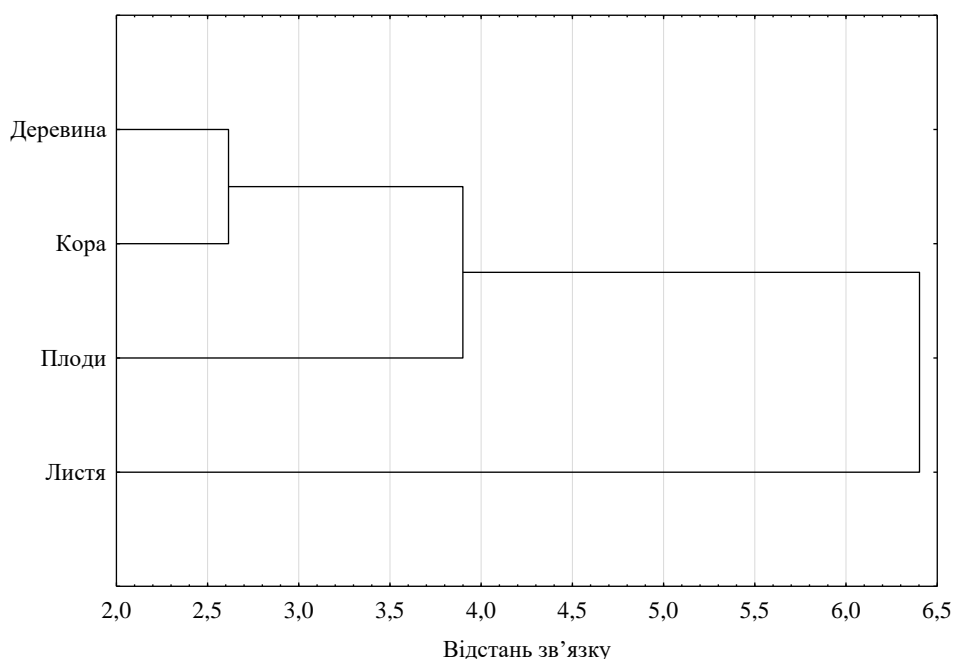


Рис. 6.5. Дендрограма структурних компонентів надземної фітомаси робінієвих деревостанів за вмістом металічних неорганічних контамінантів

Імобілізація НК рослинами із субстратів вирощування та їх концентрування у тканинах за умови понаднормативного валового вмісту у ґрунтах є видоспецифічними процесами, які залежить від генетично детермінованих фізіолого-біохімічних особливостей рослин (А. Кабата-Пендіас & Х. Пендіас, 1989). У розвитку цього підходу бракує всебічного розуміння особливостей надходження та локалізації токсикантів у тканинах вегетативних і генеративних органів деревних рослин.

Надмірний вміст металів у ґрунтах може призводити до збільшення їх концентрації у фітомасі рослин (L. Zhang & F. Song, 2005; V. Zverkovskyy et al., 2018). Глибина проникнення металічних елементів у ґрунтах зазвичай не перевищує 20 см, проте за їх надмірного валового вмісту вони можуть проникати на глибину до 1,5 м (R. A. Wuana & F. E. Okiyeimen, 2011).

Форма знаходження, трансформація та доступність НК для рослин визначаються перш за все механічним складом ґрунту і значенням його pH , типом сполук у твердій фазі й ґрунтовому розчині та вмістом органічних речовин, переважно гумусу

(Э. Я. Жовинский & И. В. Кураева, 2002; Ю. В. Алексеев, 2008). У кислих ґрунтах відбувається більш інтенсивне накопичення металічних елементів, ніж у ґрунтах з нейтральною або близькою до нейтральної реакцією середовища (M. Prasad, 2005). Поглинанню незначно рухливих елементів повинна передувати мобілізація міцно зв'язаних металів (D. T. Clarkson & U. Luttge, 1989). Кореляційний зв'язок між вмістом металів у ґрунтах та у рослинах виявляється не завжди, оскільки надходження хімічних речовин до рослин визначається не тільки валовим вмістом, але і концентрацією у ґрунті їх рухомих форм (Н. Н. Цветкова, 1992; S. M. Ross, 1994).

Комплекс едафічних чинників різної етіології визначає напрям міграції хімічних речовин у тканини і органи рослин. Поглинання НК рослинами із ґрунту – активний процес, пасивна дифузія становить усього 2–3 % від загальної маси засвоєних мінеральних компонентів (K. J. Arpenroth, 2010). Надходження важких металів у рослинний організм відбувається за умови збагачення іонами вільного простору апопласту за рахунок обмінної й пасивної фізико-хімічної адсорбції та дифузії; подолання мембранного бар'єра – проникнення іонів у симпласт; радіальної міграції по тканинах кореня і судинам провідних пучків. За поглядами В. М. Гришко та ін. (2012) наявність двох шляхів переміщення НК у рослині – апоплазматичного і симплазматичного визначає різні рівні концентрації елементів у їх органах: до вегетативних органів іони важких металів надходять переважно апоплазматичним шляхом, а у репродуктивні – симпластичним. На думку D. T. Clarkson & U. Luttge (1989) біологічний фільтр симпласту захищає рослинні організми від неконтрольованої акумуляції металів.

Вирішення прикладних завдань у площині оцінювання акумуляційного потенціалу деревних видів неможливе без розуміння ролі тканин компонентів фітомаси рослин-акумуляторів у транслокації та накопиченні металічних елементів. Комплексні дослідження розподілу металічних елементів дозволив виявити роль різних тканин рослин в їх акумуляції та транслокації (И. В. Серегин, 2009) (табл. 6.4)

Таблиця 6.4

**Роль тканин вегетативних органів у поглинанні, транслокації
 й розподілі металічних елементів у рослин-виключників і
 акумуляторів**

Вегетативний орган	Тканина	Метал					
		Cd (1)	Pb (1)	Zn (1)	Zn (2)	Ni (1)	Ni (2)
Корінь	Ризодерма	■	■	■	■	■	■
	Наружна кора	■	■	■		■	■
	Внутрішня кора	■	■	■		■	■
	Ендодерма	■	■	■		■	■
	Перицикл	■	■	■		■	■
	Ксилема	■	■	■	■	■	■
	Флоема	■	■	■	■	■	■
	Паренхіма стели	■	■	■	■	■	■
	Меристема	■	■	■	■	■	■
Пагін	Епідерма	■	■	■	■	■	■
	Мезофіл	■	■	■	■	■	■
	Ксилема	■	■	■	■	■	■
	Флоема	■	■	■	■	■	■

Примітки: (1) – рослина-виключник, (2) рослина-гіперакумулятор (И. В. Серегин, 2009)

- – тканина, яка приймає участь у поглинанні,
- – тканина-акумулятор,
- – тканина, в якій метал виявляється, але не акумулюється,
- – тканина, яка виконує бар’єрну роль,
- – провідні тканини, які беруть участь у транслокації,
- – тканина, в якій метал накопичується за відсутності іонів- конкурентів,
- – вміст металу в тканині незначний або він в ній відсутній,

Основною поглинальною тканиною рослин, яка відповідає за надходження важких металів з навколишнього середовища є ризодерма (D. T. Clarkson & U. Luttge, 1989). Тканини, які виконують бар’єрну функцію – ендодерма та екзодерма, обмежують радіальний транспорт металів у коренях (S. He, X. Yang, Z. He, & V. C. Baligar, 2017). Бар’єрна роль властива лише зрілим клітинам з модифікованими клітинними стінками. Вони можуть обмежувати у рослин лише транслокацію апопластичних іонів з низькою здатністю надходження у

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

симпласт, що властиво для Плюмбуму, та у незначній мірі для Кадмію. У рослин ентодермальний та екзотермальний бар'єри можуть бути повними або частковими у залежності від властивостей іонів, концентрації металу, ступеня його токсичності, стадії розвитку клітин, особливостей будови бар'єрних тканин. Тканиною деревних рослин, яка є акумулятором апопластичних іонів, переважно Кадмію і Плюмбуму, є багат шарова кора (S. N. Iretskaya, S. H. Chien, & R. G. Menon, 1998). Для іонів з високою мобільністю та здатністю проходити по симпласту – Цинку і Нікелю, акумулюючі властивості кори будуть обмежені. У цьому випадку вона буде виконувати лише функцію транслокації металів за радіусом кореня (G. Thapa, A. Sadhukhan, S. K. Panda, & L. Sahoo, 2012).

За даними літератури, за надмірного надходження металічних елементів до тканин кореневої системи рослин, відбувається їх специфічний розподіл за надземними вегетативними та генеративними органами, що дозволяє якомога повніше убезпечити їх ріст і розвиток (P. P. Брукс, 1986; В. В. Добровольский, 1998; S. M. Ross, 1994; S. Clemens, 2001; D. C. Adriano, W. W. Wenzel, J. Vangronsveld, & N. S. Bolan, 2004; E. Pilon-Smits, 2005). За умови значного забруднення ґрунту концентрація неорганічних елементів у тканинах кореня і насіння може відрізнятись у 500–600 разів (M. Marmiroli et al., 2011).

Розроблення фітоекстракційних технологій передбачає дослідження закономірностей концентрування металічних неорганічних контамінантів рослинами. Тому, дослідження ремедіаційного потенціалу деревостанів робінії несправжньоакації передбачало визначення здатності поглинання деревами із забрудненого ґрунту НК та їх концентрування у компонентах надземної фітомаси за коефіцієнтом біологічної акумуляції, який було розраховано за формулою 3.23. Результати розрахунків коефіцієнту біологічної акумуляції для вегетативних й генеративних органів надземної фітомаси робінії несправжньоакації наведені у табл. 6.5.

Таблиця 6.5

**Коефіцієнти біологічної акумуляції неорганічних
 контамінантів у фракціях надземної фітомаси дерев робінії
 несправжньоакації**

Неорганічний контамінант	Деревина стовбура	Кора стовбура	Листя	Плоди
Арсен	0,031 ± 0,09	0,009 ± 0,01	0,178 ± 0,05	0,031 ± 0,02
Стибій	0,533 ± 0,11	0,533 ± 0,06	1,167 ± 0,08	0,913 ± 0,01
Цинк	0,439 ± 0,07	0,323 ± 0,04	0,924 ± 0,09	0,747 ± 0,01
Плюмбум	0,103 ± 0,09	0,103 ± 0,07	0,115 ± 0,07	0,103 ± 0,07
Хром	0,018 ± 0,04	0,018 ± 0,04	0,029 ± 0,01	0,018 ± 0,04
Нікель	0,027 ± 0,03	0,006 ± 0,01	0,127 ± 0,06	0,196 ± 0,09
Купрум	0,134 ± 0,07	0,011 ± 0,01	0,282 ± 0,03	0,334 ± 0,32
Манган	0,063 ± 0,04	0,003 ± 0,01	0,691 ± 0,07	0,320 ± 0,07
Станум	0,042 ± 0,02	0,020 ± 0,02	0,069 ± 0,04	0,042 ± 0,03
Кадмій	0,151 ± 0,04	0,032 ± 0,02	0,479 ± 0,09	0,151 ± 0,05

Згідно шкали І. А. Авессаломова (1987), якщо значення коефіцієнта біологічної акумуляції відповідає виразу $10,0 > K_{бак} \geq 1,0$, відбувається накопичення металів, яке спричиняє фітотоксичну дію на рослини. Коефіцієнти транслокації металів з ґрунту до надземної фітомаси рослин переважно мають діапазон: *Pb* і *Cr* – 0,01– 0,1; *Ni* і *Cu* – 0,1–1,0; *Zn* і *Cd* – 1,0–10,0 (В. В. Добровольський, 1998).

За результатами аналізування отриманих у дослідженні фактичних значень $K_{бак}$ до неорганічних контамінантів значного накопичення можна віднести Стибій ($K_{бак}$ – 0,533–1,167), який не є фізіологічно значущим елементом метаболізму рослин. Концентрування цього елемента було максимальним для усіх досліджуваних фракцій надземної фітомаси, з найбільшою інтенсивністю у фракції листя.

Значення коефіцієнтів більшості металів, які відповідають діапазону $1,0 > K_{бак} \geq 0,1$ свідчить про їх незначне накопичення. Однаковий рівень концентрування у всіх фракціях надземної фітомаси виявили Цинк і Плюмбум; у деревині стовбуру, листі та плодах – Купрум і Кадмій; листі та плодах – Нікель і Манган, і тільки у фракції листі – Арсен.

Коефіцієнти біологічної акумуляції зі значенням меншим за 0,1, що свідчить про відсутність зв'язку між вмістом елемента у субстраті вирощування та фітомасі рослин, були наявними для

Стануму і Хрому в усіх складових надземної фітомаси робінієвих деревостанів. Аналогічні закономірності відмічено у рослин, які зростали в умовах техногенного забруднення інших природних зон (Н. С. Касимов, 1988; К. П. Махонько, 1989; П. В. Елпатьевский & В. С. Аржанова, 1990; А. К. Фролов, 1990; А. Alriksson & Н. М. Eriksson, 2001; Р. Баргальи, 2005).

Таким чином, для досліджуваних металічних елементів надземної фітомаси робінієвих деревостанів отримано ряди акумулювання, які наведені за порядком зменшення ступеня концентрування:

деревина стовбура – $Sb > Zn > Cd > Cu > Pb > Mn > Sn > As > Ni > Cr$;

кора стовбура – $Sb > Zn > Pb > Cd > Sn > Cr > Cu > As > Ni > Mn$;

листя – $Sb > Zn > Mn > Cd > Cu > As > Ni > Pb > Sn > Cr$;

плоди – $Sb > Zn > Cu > Mn > Ni > Cd > Pb > Sn > As > Cr$.

Визначені у дослідженні концентрації неорганічних контамінантів у фітомасі надземних вегетативних і генеративних органах робінії несправжньооакації не викликали у дерев морфологічних девіацій, ураження фітопатогенами та пошкодження ентомошкідниками; будь-яких проявів зміни оптимального функціонування рослин не виявлено.

6.2. Екобезпека робінієвих деревостанів

На сьогодні питання екологічної небезпеки розглядаються як ступінь ймовірності розвитку негативних чинників, явищ та їх взаємозв'язків, що в певних екологічних системах і спричиняють їх незворотну деградацію, у тому числі й у лісових екосистемах.

Розвиток фіторемедіаційних технологій з використанням деревних видів є особливо актуальним завданням у регіонах зі значним техногенним навантаженням на довкілля. Урбоекосистема Байрачного степу України характеризується потужним промисловим й аграрним потенціалом й розвиненою транспортною мережею. Особливістю регіону дослідження є те, що кризові ситуації не локалізовані по території, а охоплюють цілі промислові агломерації й басейни видобутку корисних копалин. Екологічні ризики природного середовища обумовлені

техногенним фактором – підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря й ґрунтів. Промислові підприємства гірничо-металургійного, паливно-енергетичного, хімічного комплексів і транспорт є основними джерелами забруднення повітряного басейну. У Байрачному степу, у межах Дніпропетровської області, видобувається 100 % марганцевої та майже 80 % залізної руди у державі (Н. М. Цветкова, О. Є. Пахомов, С. М. Сердюк, & М. С. Якуба, 2016). Загалом, у регіоні видобувається до 40 видів мінеральної сировини: уран, рідкоземельні метали, каолін, граніти, інтенсивно розробляються поклади вугілля, балансові запаси якого становлять більше 21 млрд т (В. М. Гришко та ін., 2012). Зазначене обумовлює високий рівень індустріального розвитку: у регіоні діють понад 700 промислових підприємств, серед яких 28 підприємств гірничорудного комплексу, 10 з яких – з видобування металевих руд (В. В. Грушка & С. Н. Сердюк, 2009).

Концепція зниження екологічних ризиків у регіоні дослідження передбачає наявність двох складових – оцінювання ризиків й керування ними.

Для оцінювання екологічних ризиків проаналізовано тренд техногенних емісій у атмосферне повітря. У регіоні дослідження (у межах Дніпропетровської області) щорічні викиди поліутантів оцінюють у 641,1–3680,0 тис. т, серед яких домінують металічні елементи – Цинк та Плюмбум (табл. 6.6) (www.dneprostat.gov.ua).

Надмірні концентрації металів та ксенобіотиків у довкіллі, які значно перевищують природні кларки, можуть у значному ступені впливати на функціонування рослин – знижувати біотичну продуктивність, зменшувати енергетичний потенціал, змінювати показники якості деревини, що може позначатися на її екологічній безпеці (Н. Н. Цветкова, 1992; Н. С. Петрунина, 1974; Ю. І. Грицан, 2000; R. Hüttl & E. Weber, 2001; М. С. Якуба, 2008; А. Н. Масюк, 2009; Г. Н. Копчик и др., 2016; F. S. Roque-Alvarezah et al., 2018).

Таблиця 6.6

Техногенні викиди у атмосферне повітря Дніпропетровській області, тис. т

Метали	Роки			
	2015	2016	2017	2018

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Всього металів, з них	3680,0	777,9	641,1	777,6
Цинк	55,8	59,0	47,7	38,0
Плюмбум	16,9	18,4	14,4	11,7
Хром	8,9	11,4	9,3	7,9
Купрум	8,0	9,5	8,1	6,9
Нікель	6,3	7,6	6,0	5,4
Арсен	3,3	5,3	3,5	3,2

Оцінювання безпеки стану довкілля та розроблення заходів з охорони атмосферного повітря й ґрунтів у регіоні дослідження має базуватися на даних досліджень акумулювання металічних неорганічних контамінантів у надземній фітомасі та нівелюванні впливу забруднюючих речовин з техногенних емісій деревостанами одного з найбільш поширених лісотвірних видів – робінії несправжньоакації.

Робінієві лісостани Байрачного степу України можна розглядати у площині потенційних депонаторів забруднюючих речовин різної етіології. Визначено річне депонування фітомасою надземної частини робінієвих деревостанів металічних елементів, які переважають у техногенних викидах Байрачного степу – *Zn*, *Pb*, *Cr*, *Sb*, *Ni*, *As*. Основою розрахунків слугували математичні моделі, які розроблено у дослідженні для оцінювання продукції деревини стовбурів (3.19), кори стовбурів (3.20), листя (5.60) з трьома аргументами впливу – середніми діаметром і висотою деревостану та відносною повнотою насадження та визначені фактичні концентрації металічних елементів у зазначених фракціях надземної фітомаси (рис. 6.1, 6.2). Результати розрахунків депонувального потенціалу робінієвого деревостану з таксаційними параметрами $D = 18$ см; $H = 12$ м; $P = 0,9$ наведено у табл. 6.7.

Аналізуючи наведені дані, можна констатувати, що близьким депонувальним потенціалом по відношенню до Цинку, Хрому, Купруму та Нікелю характеризуються деревина стовбура та листя, у останній фракції фітомаси найбільше депонується Арсен. Кора стовбура має значно меншу інтенсивність поглинання й акумулювання НК, ніж деревина стовбура й листя.

Таблиця 6.7

**Депонування неорганічних контамінантів надземною
 фітомасою деревостанів *Robinia pseudoacacia*, г·га·рік⁻¹**

Металічні елементи	Надземна фітомаса		
	стовбур		листя
	деревина	кора	
Цинк	97,2	18,0	88,9
Плюмбум	16,5	1,9	7,9
Хром	6,7	0,8	4,7
Купрум	14,5	2,4	13,1
Нікель	7,5	0,9	9,4
Арсен	3,1	0,1	7,8

Оцінювання екологічного і фізіологічного стану дерев робінії несправжньоакації в умовах зростання на забрудненому металічними елементами ґрунті здійснено за величинами відношень елементів *Fe/Mn*, *Pb/Mn* та *Zn/Cu*, які були запропоновані П. В. Елпатьєвским & В. С. Аржановым (1990) (табл. 6.8). Відношення *Fe/Mn* використовують як індикатор здійснення фотосинтезу. Діапазон значень цього показника 1,5–2,5 є оптимальним, і свідчить про нормальний фізіологічний стан рослин (А. Kabata-Pendias, 2011).

Таблиця 6.8

**Коефіцієнти екологічного й фізіологічного стану
 робінії несправжньоакації**

Відношення металічних елементів	Структурні компоненти надземної фітомаси			
	деревина стовбура	кора стовбура	листя	плоди
<i>Pb/Mn</i>	0,407	0,176	0,041	0,068
<i>Cu/Zn</i>	0,149	0,132	0,147	0,218

Асиміляційні органи робінії несправжньоакації характеризуються низькими значеннями відношення *Fe/Mn* – 0,58–0,61, які є значно меншими за граничне мінімальне оптимальне. Низькі значення цього коефіцієнта можуть свідчити про дефіцит Феруму та/або надлишок Мангану у листяній фракції. Встановлена висока концентрація останнього елемента у фітомасі листя досліджуваного виду може спричиняти зниження концентрації активного іону Fe^{2+} , що і впливатиме на інтенсивність фотосинтезу. Виникнення хлорозу за низьких

значень коефіцієнта Fe/Mn показано у роботі Л. В. Копыловой (2010). Подібні тенденції були визначені при дослідженні деревних видів у лісових екосистемах зони забруднення Нікелем (Г. Н. Копцик, С. В. Копцик, И. Е. Смирнова, А. Д. Кудрявцева, & К. А. Турбабина, 2016), Молибденом і Вольфрамом (Н. С. Касимов, 1988).

Відношення Pb/Mn характеризує рівень техногенного і біофільного елементів та вказує, що зі збільшенням антропопресії на довкілля відбувається концентрування Плюмбуму (Л. В. Копылова, 2010). Оптимум, який отримано шляхом поділу кларків цих елементів, для рослин незабрудненої території суходолу дорівнює 0,006 (Н. С. Касимов, 1988). Значення цього відношення $\leq 0,006$ свідчить про дуже незначну частку техногенних елементів, які не є мікроелементами рослин та не приймають участь у фізіологічних процесах. Цей елемент у рослин інгібує дихання та пригнічує процес фотосинтезу, що позначається на процесах росту і розвитку рослин (А. Е. Козаренко, 1987). У досліджуваних фракціях надземної фітомаси відношення Pb/Mn знаходиться у діапазоні 0,407–0,041, що є свідченням значної невідповідності оптимальному значенню: у деревині стовбуру – у 67,8; листі – 6,8 разів. Визначені закономірності узгоджується з даними Т. А. Щербенко и др. (2008), що більш інтенсивне накопичення поллютантів відбувається у деревині стовбура, ніж у асиміляційних органах деревних рослин. Максимальна допустима концентрація Плюмбуму для рослин вважається $0,5–1,2 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сухої речовини, цей елемент у порівнянні з іншими міцно утримується органічними і мінеральними колоїдами і не спричиняє фітотоксичної дії (А. Kabata-Pendias, 2011). У фракції листя досліджуваній лісотвірній вид концентрував даний елемент – $4,7 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, у всіх інших компонентах надземної фітомаси – $4,2 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, тобто наявне чотириразове перевищення встановлених оптимальних для рослин значень.

Відношення елементів Cu/Zn визначає ступінь пропорційності у забезпечені цими металами процесів синтезу ферментів. Для рослин незабруднених територій оптимальною є величина $0,27 Zn/Cu$ (П. В. Єлпатьевський & В. С. Аржанова, 1990). Розраховані значення цього відношення для робінії

несправжньоакації є меншими за оптимум майже вдвічі у фітомасі листя, деревині й корі стовбурів. Плоди робінії характеризуються близьким до оптимального значення – 0,22. Фітотоксичні концентрації Цинку ($300 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) та Купруму ($20 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) у надземній фітомасі досліджуваних дерев робінії не перевищені.

На основі визначених фактичних концентрацій металічних елементів у фітомасі листя (табл. 6.9) з використанням ГІС-технологій було здійснено картографування просторового розподілу контамінантів у асиміляційній фракції робінієвих деревостанів лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області. Металічні елементи для аналізування відібрані за кількісним переважанням у складі техногенних викидів у атмосферне повітря регіону досліджень. Отримані картографічні матеріали просторового розподілу досліджуваних робінієвих насаджень з відповідною градацією концентрацій металічних елементів у листяній фракції наведені на рис. 6.6. Наведені картографічні матеріали дозволяють констатувати, що акумулювання Кадмію у більшості робінієвих насаджень знаходиться у діапазоні $5,0\text{--}10,2 \cdot 10^{-3} \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. Максимальне концентрування ($\geq 12,8 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) можна спостерігати у деревостанах, які формують лісові масиви біля міст Підгороднє та Кам'янське. Варіювання вмісту Плюмбуму у фітомасі листя робінії є незначним – $0,10\text{--}0,32 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. Переважна площа у лісах Дніпропетровській області зайнята деревостанами, які концентрують у асиміляційному апараті $0,22\text{--}0,32 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ цього металу.

Зона локалізації насаджень з максимальним акумулюванням зазначеного токсичного елементу зосереджена біля міста Нікополь.

Таблиця 6.9

**Концентрації металічних елементів у асиміляційній фракції
робінієвих деревостанів**

Координати точок відбору дослідних зразків	Вміст металічних елементів, $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$
--	--

**6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ
У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ**

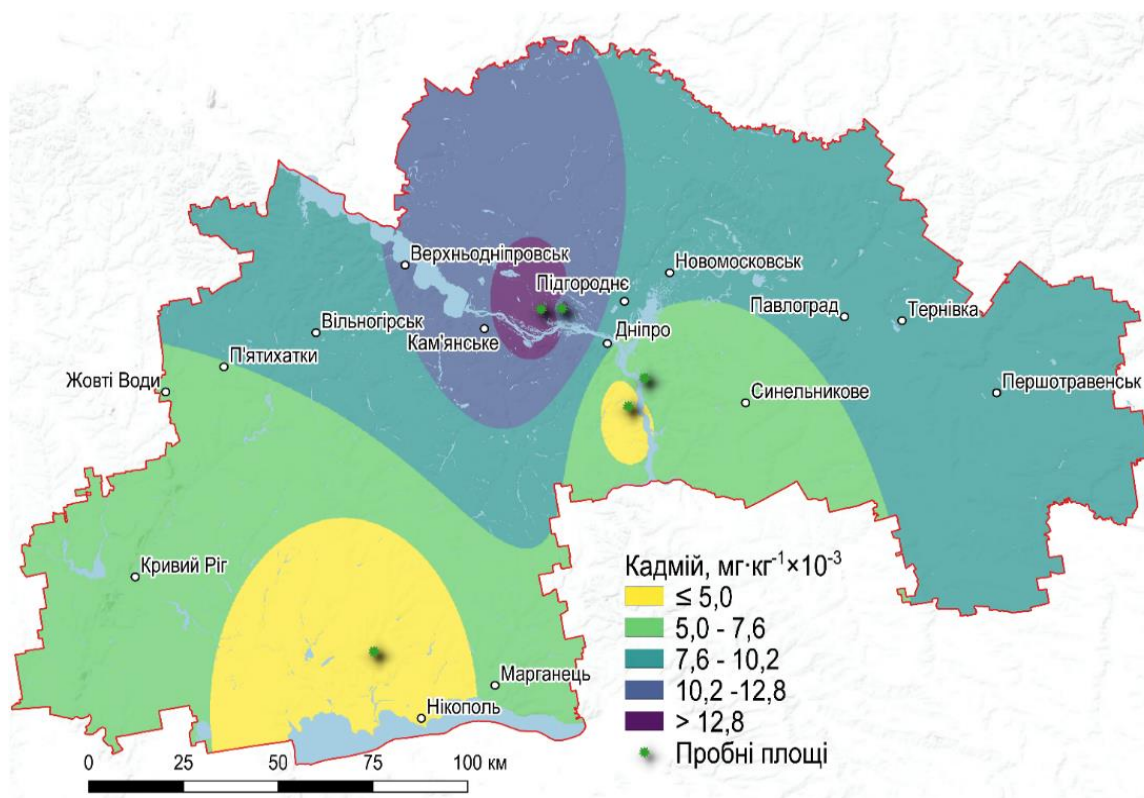
географічна широта, N	географічна довгота, E	Кадмій	Плюмбум	Купрум	Цинк	Нікель	Манган
48,54971038	34,81050623	0,06	0,50	0,80	1,42	0,19	0,65
48,54947364	34,81050623						
48,54947364	34,81014967						
48,54971038	34,81014967						
48,55148718	34,88275163	0,05	1,07	0,66	1,58	0,28	7,93
48,55125045	34,88275163						
48,55125045	34,88239507						
48,55148718	34,88239507						
48,38571946	35,17160483	0,03	0,96	0,96	1,89	0,16	3,08
48,38548195	35,17160483						
48,38548195	35,17124826						
48,38571946	35,17124826						
47,73059511	34,22673551	0,01	1,46	0,65	0,90	0,28	1,66
47,73035454	34,22673551						
47,73035454	34,22637894						
47,73059511	34,22637894						
48,31830574	35,11499572	0,01	1,17	0,91	8,20	0,03	4,36
48,31806791	35,11499572						
48,31806791	35,11463914						
48,31830574	35,11463914						

За градуванням концентрацій, наведених на карті, яка демонструє акумулювання Купруму у листяній фракції фітомаси робінієвих деревостанів можна спостерігати майже рівномірний розподіл площі деревостанів з концентраціями $0,17\text{--}0,19 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ у правобережній частині області та деревостанів, які акумулюють $0,19\text{--}0,22 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ й зростають переважно на лівому березі Дніпра у регіоні дослідження.

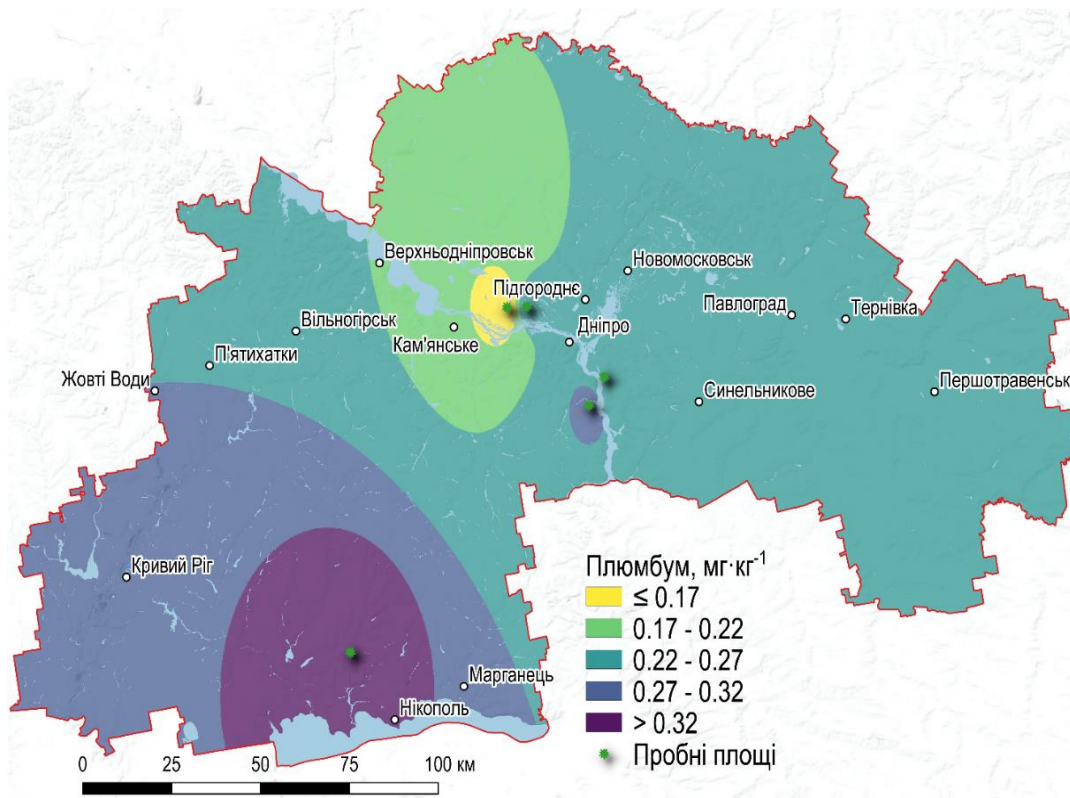
Серед виявлених градацій концентрування Цинку, переважають деревостани з мінімальними концентраціями $0,58\text{--}0,95 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$. Відмічено локалітети незначної площі з концентраціями цього металічного елемента у фітомасі листя робінії, які є вдвічі більшими за мінімальні.

а)

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

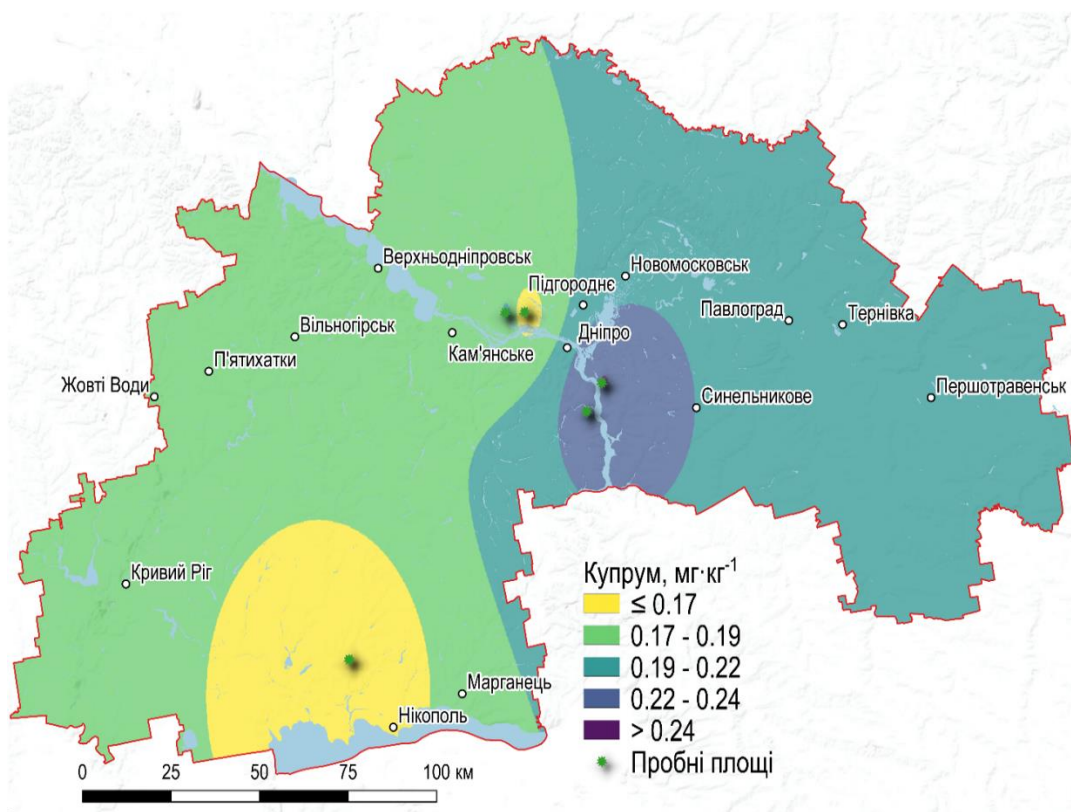


б)

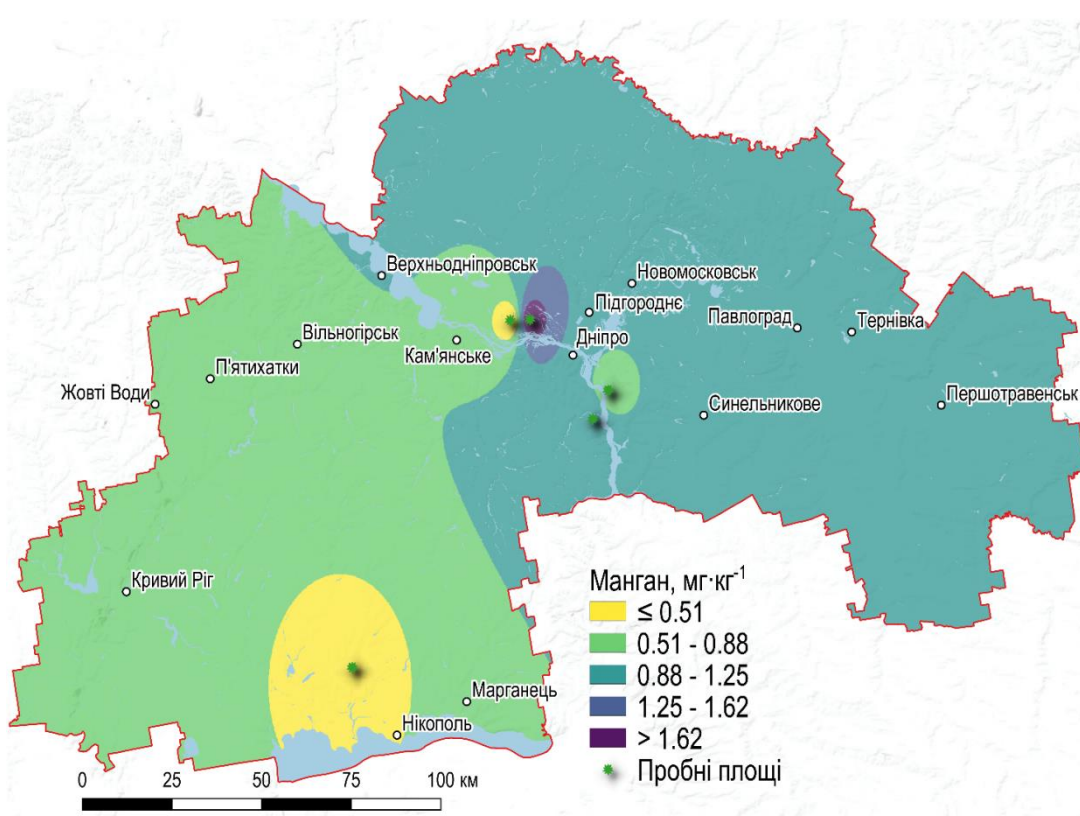


в)

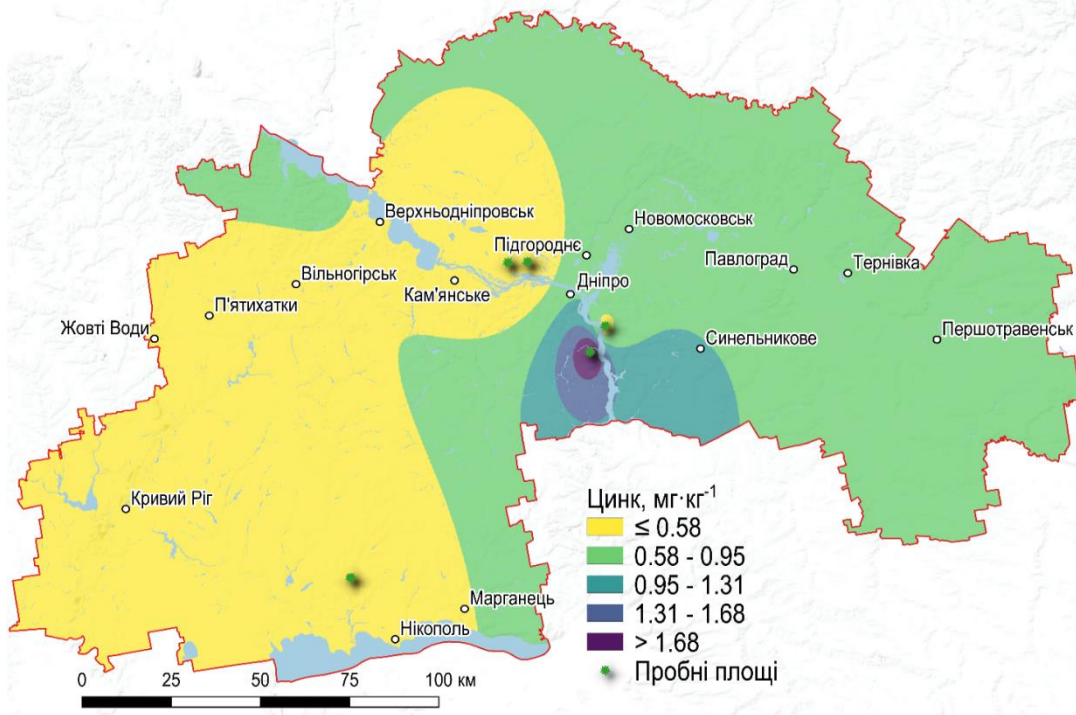
6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ



г)



д)



е)

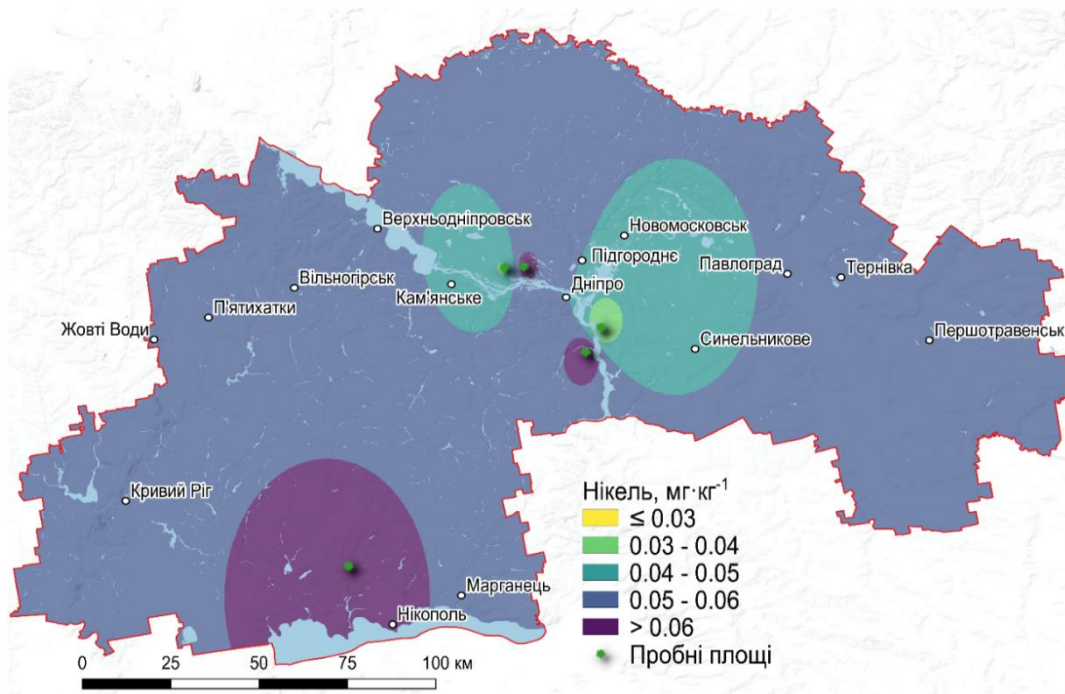


Рис. 6.6. Концентрування Кадмію (а); Плюмбуму (б), Купруму (в), Мангану (г), Цинку (д) та Нікелю (е) у листяній фракції фітомаси робінієвих деревостанів у лісах Дніпропетровської області

6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Діапазон концентрування Нікелю є дуже вузьким 0,03–0,06 мг·кг⁻¹, тобто у асиміляційній фракції деревостанів лісотвірного виду у регіоні дослідження переважно міститься зазначена концентрація. Зона підвищеної акумуляції цього есенціального елемента зафіксована у лісових насадженнях робінії несправжньоакації біля міста Нікополь.

Таким чином, спираючись на класифікацію запропоновану І. В. Серегиним та А. Д. Кожевниковою (2008), згідно якої рослини розподілені за реакцією на дію надмірних концентрацій металів, отримані у дослідженні дані дозволяють визначити робінію несправжньоакацію як метал-адсорбентну рослину по відношенню як до есенціальних елементів Цинку, Купруму та Нікелю, так і до токсичних – Плюмбуму, Хрому, Кадмію, Арсену, концентрації яких у фітомасі знаходяться у оптимальних межах за умови їх понаднормативного вмісту у ґрунті.

ВИСНОВКИ

1. Функціональні показники лісового господарства у лісогосподарській області Байрачного степу України не відповідають Гельсінським критеріям сталого управління: наявність значної кількості балансоутримувачів лісів; збіднене видове різноманіття лісотвірних видів; незбалансована вікова структура модальних деревостанів зі значним переважанням перестиглих деревостанів; значна частка об'єктів та територій природно-заповідного фонду у перестиглих лісонасадженнях. Для збільшення лісистості регіону до оптимальної науково обґрунтованої у 8–10 %, за фактичної лісистості 5,6 %, заходи з лісовідновлення й лісорозведення необхідно здійснити на площі до 35,0 тис. га.

2. За аналізом даних реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісу» встановлено, що у лісах, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України у Дніпропетровській області робінія несправжньооакація формує переважно чисті за складом деревостани (82,5 % від загальної площі робінієвих деревостанів), найбільше поширені у галогенному варіанті сухого сугруду. Робінієві деревостани високоповнотні, зростають переважно за I класом бонітету й представлені перестиглою групою віку із середній запасом стовбурової деревини – $149,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Найбільшим середнім запасом стовбурової деревини ($194 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) характеризуються деревостани робінії віком 80–85 років.

3. Встановлено, що закономірністю зміни природної і базисної локальної щільності деревини та кори стовбурів дерев робінії є збільшення їхніх значень від окоренкової частини до відносної висоти $0,5h$: до середини стовбура характеризується висхідним типом, а на верхній половині стовбура – низхідним. Середня базисна щільність деревини становить $499 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня базисна щільність кори – $301 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; середня базисна щільність деревини у корі – $456 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. Значення базисної щільності гілок варіюють у межах: щільність деревини – 390–611 $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; щільність кори 230–429 $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$; щільність гілок у корі – 408–588 $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. Найпридатнішими статистично значущими моделями оцінювання якісних показників компонентів фітомаси визнано алометричні залежності, аргументами яких виступають діаметр стовбура та висота дерев.

4. У процесі моделювання фітомаси структурних компонентів надземної частини деревостанів встановлено, що найпридатнішими за статистичною достовірністю й практичністю застосування визнано регресійні трифакторні залежності фітомаси й конверсійних коефіцієнтів від середнього діаметра, середньої висоти та відносної повноти деревостану. На основі одержаних моделей розроблено комплекс інформаційно-довідкових даних оцінювання надземної фітомаси структурних компонентів на рівні дерева та деревостану.

5. Розроблено алгоритм оцінювання річної продукції надземної частини робінієвих деревостанів у Байрачному степу України. Загальна продукція надземної частини модальних робінієвих деревостанів знаходиться у межах $5,7\text{--}6,8 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$, до 90 % якої становить продукція стовбурової деревини й листя. Продукція надземної частини робінієвих деревостанів лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів у Дніпропетровській області оцінюється до $117273 \text{ т}\cdot\text{рік}^{-1}$.

6. Кількісні показники реалізації екосистемних функцій робінієвими деревостанами лісів Байрачного степу України становлять: депонування вуглецю фітомасою надземної частини робінієвих деревостанів оцінюється близько $56,0 \text{ тис. т}\cdot\text{рік}^{-1}$, середнє річне поглинання вуглецю знаходиться на рівні $344 \text{ гС}\cdot(\text{м}^2\cdot\text{рік})^{-1}$; щороку продукується близько $80,0 \text{ тис. т}\cdot\text{рік}^{-1}$ кисню, у середньому до $5,0 \text{ т}\cdot(\text{га}\cdot\text{рік})^{-1}$.

7. Акумуляування у фітомасі листя робінієвих деревостанів есенціальних металів – Мангану, Хрому, та умовно-есенціального – Нікелю відповідає межах оптимальності. Одночасно з цим відбувається концентрування Плюмбуму та Кадмію, металів, які не відносяться до хімічних елементів складу рослин і за умови оптимального функціонування мають бути відсутніми. Зазначене дозволяє розглядати деревостани робінії несправжньо-акації депонаторами цих токсичних металів, які виступають домінантними складовими техногенних емісій у регіоні дослідження.

8. У надземній фітомасі робінієвих деревостанів лісів Дніпропетровської області, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України, акумуляовано до 35,0 млн ГДж енергії. Фітомаса надземної частини робінієвих

деревостанів регіону дослідження, яка продукується за вегетаційний період може акумулювати до 2012 ТДж енергії, що еквівалентно 68,8 тис. т умовного палива, або 48,1 тис. т нафтового еквіваленту.

9. За дослідженнями термічної деструкції фітомаси деревини стовбурів робінії несправжньоакації встановлено, що її найбільша інтенсивність відбувається за температури 232 °С, кори – 222 °С з відповідною втратою маси – 7,8 і 16,3 %. За температури 500 °С фіксується вихід коксового залишку, 600 °С – утворюється вугілля із вмістом вуглецю – 80–95 %. Тепловий ефект екзотермічної фази термічної деструкції деревини стовбурів робінії несправжньоакації за діапазону температур 120–560 °С становить 647 кДж·моль⁻¹ (155 ккал·моль⁻¹). Екзотермічні ефекти термодеструкції кори стовбурів фіксуються за температури 110–560 °С – 2915 кДж·моль⁻¹ (696 ккал·моль⁻¹).

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для використання у практиці ведення лісового господарства у лісогосподарській області Байрачного степу пропонуються:

– математичні моделі для розрахунку середньої базисної та природної щільності компонентів стовбурів та крони дерев робінії несправжньоакації;

– інформаційно-довідкові дані надземної фітомаси структурних компонентів дерев та деревостанів робінії несправжньоакації;

– алгоритм оцінювання річної продукції надземної частини робінієвих деревостанів.

Компетентним органам у сфері моніторингу й охорони навколишнього природного середовища Дніпропетровської області запропоновано:

– карти акумулювання металічних елементів – головних складових техногенних емісій у асиміляційній складовій фітомаси робінієвих деревостанів;

– картографічний матеріал градієнтного розподілу річної продукції та депонування вуглецю у робінієвих деревостанах за лісогосподарськими підприємствами Державного агентства лісових ресурсів України та адміністративними районами Дніпропетровської області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Авессаламов, И. А. (1987). *Геохимические показатели при изучении ландшафтов*. Москва: Издательство МГУ.
- Адаменко, Т. І. (2014). *Агрокліматичне зонування території України з врахуванням змін клімату*. Київ: Веґо «Мама-86».
- Адаменко, О., Височанський, В., Лютко, В., & Михайлів, М. (2000). *Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії*. Івано-Франківськ: Полум'я.
- Алексеев, Ю. В. (1987). *Тяжелые металлы в почвах и растениях*. Ленинград: Агропромиздат.
- Алексеев, Ю. В. (2008). *Тяжелые металлы в агроландшафте*. Москва: ПИЯФ РАН.
- Алексеенко, В. А., & Алексеенко, А. В. (2013). *Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов*. Ростов на Дону: Издательство Южного федерального университета.
- Андрієнко, Т. Л., Білик, Г. І., & Брадiс, Є. М. (1977). *Геоботанічне районування Української ССРСР*. Київ: Наукова думка.
- Андрійчук, В. Г. (2016). Сутнісний аспект методології наукових досліджень. *Економіка АПК*, 7, 87–99.
- Антанайтис, В. В., & Загреев, В. В. (1981). *Прирост леса*. Москва: Лесная промышленность.
- Бабошко, О. И., & Танюкевич, В. В. (2015). *Продуктивность и мелиоративная роль лесных полос с участием Robinia pseudoacacia L. в степной зоне*. Новочеркасск: Лик.
- Базилевич, Н. И. (1993). *Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии*. Москва. Наука.
- Базилевич, Н. И., Гребенщиков, О. С., & Тишков, А. А. (1986). *Географические закономерности структуры и функционирования экосистем*. Москва: Наука.
- Байтала, В. Д., & Дубін, В. Г. (2000). Еколого-географічний підхід до впровадження національної системи критеріїв та індикаторів сталого управління лісами. *Науковий вісник Національного аграрного університету. Лісівництво*, 25, 114–122.

- Бала, О. П., Лакида, П. І., Матушевич, Л. М., & Лакида, І. П. (2018). Продукція фітомаси дубових деревостанів Українського Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 85–92.
- Баргальи, Р. (2005). *Биогеохимия наземных растений*. Москва: ГЕОС.
- Бейли, Н. (1970). *Математика в биологии и медицине*. Москва: Мир.
- Бекаревич, Н. Е. Левищина, Н. И., & Сонько, М. П. (1966). *Почвы Днепропетровской области и пути их рационального использования*. Дніпропетровськ: Промінь.
- Белова, Н. А., & Травлеев, А. П. (1999). *Естественные леса и степные почвы*. Днепропетровск: Издательство ДГУ.
- Бельгард, А. Л. (1950). *Лесная растительность юго-востока УССР*. Киев: КГУ.
- Бельгард, А. Л. (1971). *Степное лесоразведение*. Москва: Лесная промышленность.
- Бессонова, В. П. (2006). *Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений*. Днепропетровск: Днепропетровский государственный аграрный университет.
- Бернштейн, В. А., & Егоров, В. М. (1990). *Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров*. Ленинград: Химия.
- Беляков, С. О. (2015). Прогностичне моделювання функціонування екосистем під впливом зміни клімату: перспективи використання математичних моделей. *Наукові записки. Біологія та екологія*, 171, 64–70.
- Билей, П. В., & Винтонив, І. С. (1983). О влажности древесины бука европейского, произрастающего в Украинских Карпатах. *Лесной журнал*, 1, 73–76.
- Білоус, А. М. (2009). Якісні параметри компонентів фітомаси крон дерев осики у деревостанах Східного Полісся України. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету*, 19(4), 29–34.
- Білоус, А. М. (2016). *Біопродуктивність та екосистемні функції м'яколистяних лісів Українського Полісся*. Автореферат

- дисертації на здобуття наукового ступеня доктора с.-г. наук. Київ.
- Блищик, І. В. (2007а). Щільність компонентів фітомаси стовбура дерев вільхи. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 105, 207–212.
- Блищик, І. В. (2007б). Якісна оцінка деревини та кори дерев вільхи клейкої. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 106, 152–158.
- Блищик, В. І. (2015). Чиста первина продукція насаджень вільхи клейкої Українського Полісся. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 25(8), 43–49.
- Брукс, Р. Р. (1986). *Биологические методы поисков полезных ископаемых*: пер. с англ. Москва: Недра.
- Букша, І. Ф., & Пастернак, В. П. (2005). *Інвентаризація та моніторинг парникових газів у лісовому господарстві*. Харків: ХНАУ.
- Букша, І., Пастернак, В., & Корнієнко, В. (2002). Роль лісового господарства у зменшенні ризику глобальних змін клімату. *Лісовий і мисливський журнал*, 1, 28–29.
- Бунь, Р. А., Густі, М. І., & Дачук, В. С. (2004). *Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України*. Львів: Українська академія друкарства.
- Ваганов, Е. А., & Терсков, А. И. (1977). *Анализ роста дерева по структуре годичных колец*. Новосибирск: Наука.
- Варлыгин, Д. Л., & Базилевич, Н. И. (1992). Связи продукции зональных растительных формаций мира с некоторыми параметрами климата. *Известия АН СССР. Серия География*, 1, 23–32.
- Василишин, Р. Д. (2006). Методичні особливості та результати дослідження надземної фітомаси дерев ялиці білої в лісостанах Українських Карпат. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 96, 189–194.
- Василишин, Р. Д. (2016). *Ліси Українських Карпат: особливості росту, біологічна та енергетична продуктивність*. Київ: Компрінт.

- Василишин, Р. Д., & Лакида, П. І. (2005). Аналіз продуктивності ялицевих деревостанів Українських Карпат. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 83, 282–287.
- Ватковский, О. С. (1969). Фитомасса солонцовых дубрав. *Лесоведение*, 1, 90–94.
- Ватковский, О. С. (1973). *Биологическая продуктивность солонцовых дубрав Теллермановского лесничества. Продуктивность органической массы лесов в различных природных зонах*. Москва: Наука.
- Ватковский, О. С. (1976). *Анализ формирования первичной продуктивности лесов*. Москва: Наука.
- Виноградова, Ю. К., Куклина, А. Г., & Ткачёва, Е. В. (2014). *Инвазионные виды семейства Бобовых: люпин, галега, робиния, аморфа, карагана*. Москва: АБФ.
- Виноградова, Ю. К., Майоров, С. Р., & Хорун, Л. В. (2010). *Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России*. Москва: ГЕОС.
- Вихров, В. Е. (1954). Исследование строения и технических свойств древесины в связи с типами леса. *Вопросы лесоведения и лесоводства*, 1, 317–325.
- Вишенська, І. Г. (2014). Роль компонентів лісових екосистем в акумуляції вуглецю як фактора підтримки їх стабільності до зовнішніх чинників. *Наукові записки. Біологія та екологія*, 158, 61–65.
- Володимиренко, В. М. (2008). Динаміка продуктивності ялинових деревостанів Львівської області. *Наукові доповіді Національного аграрного університету*, 12, 12–19.
- Ворон, В. П., Лавров, В. В., & Стельмахова, Т. Ф. (1997). Диагностика аэротехногенной трансформации лесных экосистем Украины и нормирование нагрузки на них аэрополлютантов. *Сборник научных трудов Института леса Национальной АН Белоруси*, 46, 383–386.
- Габделхаков, А. К. (2003). Первичная продуктивность липняков Башкирского Предуралья. *Лесоведение*, 3, 38–45.
- Габделхаков, А. К. (2005). Фитомасса липняка в культурах. *Леса Урала и хозяйство в них*, 26, 43–51.

- Габделхаков, А. К., & Арсланов, А. А. (2009). Фракционная структура и продуктивность фитомассы лесных культур липы Башкирского Предуралья. *Лесной журнал*, 6, 48–53.
- Габделхаков, А. К., Арсланов, А. А., & Ситдииков, М. Р. (2009). Биопродуктивность искусственных древостоев липы мелколистной Башкирского Предуралья. *Вестник Марийского государственного технического университета*, 2(6), 77–82.
- Гайда, Ю. І. (2014). Географічні культури як інструмент вивчення реакції лісових деревних видів на зміни клімату. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 24(9), 8–14.
- Галибина, Н. А. (2018). *Эндогенные механизмы регуляции ксилогенеза у древесных растений*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биол. наук. Петрозаводск.
- Гамаюрова, В. С. (1993). *Мышьяк в экологии и биологии*. Москва: Наука.
- Генсирук, С. А. (1981). *Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии*. Киев: Наукова думка.
- Генсірук, С. А. (2002) *Ліси України*. Львів: Українські технології.
- Гірс, О. А., Миронюк, В. В., & Кутя, М. М. (2012). Розпізнавання лісопаркових ландшафтів зеленої зони м. Києва за даними дистанційного зондування Землі. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 7, 36. Взято з http://nd.nubip.edu.ua/2012_7/12goa. Рдст f
- Гладун, Г. А. (2005). Погляд у минуле: історія степового і захисного лісорозведення. *Лісовий і мисливський журнал*, 3, 28–39.
- Голубець, М. А., & Половников, Л. І. (1975). *Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат*. Київ: Наукова думка.
- Голубець, М. А. (2000). *Екосистемологія*. Львів: Поллі.
- Гомилевский, В. И. (1880). *Основание лесоразведения в степях Южной России. Акация. Её история, употребление и лесоразведение*. Одесса.

- Горб, А. С., & Дук, Н. М. (2006). *Клімат Дніпропетровської області*. Дніпропетровськ: ДНУ.
- Горбачев, Г. Ф. (1974). Лесохозяйственное районирование. *Лесное хозяйство*, 7, 38–41.
- Горленко, И. А., Руденко, Л. Г., & Малюк, С. Н. (1994). *Проблемы комплексного развития территории*. Київ: Наукова думка.
- Горейко, В. А. (2005). Типология А. Л. Бельгарда – теоретические и производственные основы создания лесных насаждений в Степи. *Екологія та ноосферологія*, 16(1–2), 101–104.
- Горошко, М. Л., Миклуш, С. І., & Хомюк, П. Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула.
- Гримальский, В. И. (1958). *Применение белой акации в лесном хозяйстве Украинской ССР. Быстрорастущие и хозяйственно ценные древесные породы*. Москва.
- Грицан, Ю. І. (2000). *Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище*. Дніпропетровськ: ДНУ.
- Грицан, Ю. І., & Ситник, С. А. (2019). Екологічні особливості перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище України. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження чл. кор. НАН України, д.б.н., професора А. П. Травлєєва «Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів Степової зони: історія, сучасність, перспективи», 11 вересня 2019 р.* (с. 24–27). Дніпро. Взято з <http://geobotany.dp.ua/wp-content/uploads/Materialy-90-TravleyevAP.pdf>
- Гришко, В. М., Сишиков, Д. В., Піскова, О. М., Данільчук, О. В., & Машталер, О. В. (2012). *Важкі метали: надходження в ґрунти: транслокація в рослинах та екологічна безпека*. Донецьк: Донбас.
- Громцев, А. Н. (1992). Лесорастительное районирование на ландшафтной основе. *Лесное хозяйство*, 2–3, 24–25.
- Грушка, В. В., & Сердюк, С. Н. (2009). Санитарно-гигиеническая и эколого-геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами городских почв на примере г. Желтые Воды.

- Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету. Серія. Біологія. Екологія, 17.1(7), 51–56.*
- Давыдов, М. В. (1960). Исследование хода роста белоакациевых насаждений южных районов УССР. *Лесной журнал, 6, 8–12.*
- Данилов, Д. А., & Скупченко, В. Б. (2014). Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройдённых рубками ухода и комплексным уходом. *Лесной журнал, 5(341), 70–88.*
- Державна цільова програма «Ліси України» на 2010–2015 роки.*
Взято з <http://zakon3.rada.gov.ua>.
- Дзиба, А. А. (2011). Робінія псевдоакація у міських лісах Києва. *Збірник науково-технічних праць Національного технічного університету України, 21(16), 306–311.*
- Добровольский, В. В. (1998). *Основы биогеохимии: учебное пособие.* Москва.
- Довідник лісового фонду України.* (2012). Ірпінь: ВО Укрдержліспроект.
- Доповідь міжурядової групи експертів ООН зі зміни клімату.* (2019). Взято з <http://www.global-analitik.com/noviny>
- Дроздова, Н. И., & Макаренко, Т. В. (2015). Изучение особенностей накопления тяжелых металлов в системе “почва–растение” в условиях промышленных зон г. Гомеля. *Экологический вестник, 4(34), 96–102.*
- Дружинин, Н. А., Дружинин, Ф. Н., & Грибов, С. Е. (2016). Влияние выборочных форм рубок на качественные показатели древесины подпологовой ели. *Лесной журнал, 6(354), 56–64.*
- ДСТУ 30178-96. (2002). *Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів.* Київ: Укрдержстандарт
- Дубін, В. Г. (2000). *Еколого-географічні основи використання і відтворення лісу в Україні.* Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук. Київ.
- Дюканов, В. Г. & Дюканова, О. В. (2006). *Механізми Кіотського протоколу: досвід та перспективи для України.* Київ: Фенікс.

- Єгорова, Т. П. (2013). До питання впровадження в Україні інноваційної моделі розвитку лісової галузі. *Право та інновації*, 4, 27–33.
- Єгорова, Т. П. (2015). Європейське лісове законодавство як інноваційний елемент удосконалення національної лісової політики. *Адаптація до права ЄС регулювання економіки України в сучасних умовах*, 86–94.
- Елпатьевский, П. В., & Аржанова, В. С. (1990). *Геохимия ландшафтов и техногенез*. Москва: Наука.
- Жовинский, Э. Я., & Кураева, И. В. (2002). *Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины*. Київ: Наукова думка.
- Заварзин, Г. А., & Кудеяров, В. Н. (2006). Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России. *Вестник Российской Академии наук*, 76(1), 4–29.
- Збірник рекомендацій з лісового господарства та захисного лісорозведення* (1993). Харків: УкрНДШЛГА.
- Зверковський, В. М. (1999). *Біогеоценологічне обґрунтування лісової рекультивації земель, порушених вугільною промисловістю в степовій зоні України*. Автореферат дисертації на здобуття ступеня доктора біол. наук. Дніпропетровськ.
- Ивлев, А. М. (1986). *Биогеохимия*. Москва: Высшая школа.
- Ильин, В. Б. (1991). *Тяжелые металлы в системе почва–растение*. Новосибирск: Наука.
- Кабата-Пендиас, А., & Пендиас Х. (1989). *Микроэлементы в почвах и растениях*. Пер. с англ. Москва: Мир.
- Калинин, М. И. (1978). *Моделирование лесных насаждений. Биометрия и стереометрия*. Львів: Вища школа.
- Калинина, П. Ф., Чугай, Н. С., Башмаков, И. П., & Малашенко, Т. Д. (1971). *К вопросу исследования морфологической структуры ландшафтов Днепропетровской области. Природные и трудовые ресурсы Левобережной Украины и их использование*. Москва: Недра.
- Калуцкий, К. К., & Обыденников, А. И. (1975). Интродукция древесных пород – резерв повышения продуктивности и качественного состава. *Труды ЦНИИЛГиС*, 2, 126–134.

- Калуцкий, К. К., Крылов, Г. В., & Болотов, Н. А. (1981). Опыт и перспективы интродукции древесных пород в создании лесов будущего. *Лесной журнал: Известия ВУЗов России*, 5, 6–15.
- Каплина, Н. Ф., Жиренко, Н. Г., & Ильюшенко, А. Ф. (2009). Погодичная динамика фитомассы и продукции древостоя дуба южной лесостепи: методические подходы и результаты. *Продукционный процесс и структура лесных биогеоценозов: теория и эксперимент*. Москва: КМК. 68–92.
- Касимов, Н. С. (1988). *Геохимия степных и пустынных ландшафтов*. Москва: Издательство МГУ.
- Качалова, О. Л., Норенко, К. М., & Дідух, Я. П. (2014). Вплив кліматичних факторів на накопичення та розклад надземної рослинної біомаси в степових фітоценозах Карадазького природного заповідника (АР Крим, Україна). *Наукові записки. Біологія та екологія*, 158, 78–87.
- Кивисте, А. К. (1991). *Моделирование роста древостоев (на примере сосняков Эстонии)*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.х. наук. Москва.
- Клевцов, Т. А. (1963). *Природные условия и физико-географическое районирование Правобережного степного Приднепровья*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географ. наук. Киев.
- Коваль, Я. В. (1998). *Економічна оцінка лісових ресурсів: методологія, методика, практика*. Київ: РВПС.
- Коваль, Я. В., & Антоненко, І. Я. (2004). *Економічна (грошова) оцінка природних ресурсів лісового фонду України: теорія, методологія, методика*. Київ: РВПС України.
- Коваль, Я. В., Мишенин, Е. В., Царенко, А. М., Литвиненко, О. А., & Антоненко, І. Я. (2002). *Воспроизводство лесных ресурсов: эколого-экономические проблемы*. Киев: СОПС НАН Украины.
- Козаренко, А. Е. (1987). *Свинец в окружающей среде*. Москва: Наука.
- Колесников, Б. П. (1973). О комплексном районировании лесных территорий. *Вопросы лесоведения*, 2, 37–45.

- Колодченко, Н. А. (1974). *Продуктивность березняков Северного Казахстана. Биологическая продуктивность растительности Казахстана*. Алма-Ата: Наука.
- Колосок, О. М. (2002). *Продуктивність і структура фітомаси лісостанів ялини звичайної в Українських Карпатах*. Автореферат дисертації на здобуття ступеня кандидата с.-г. наук. Київ. Взято з http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_7/12goa.pdf
- Колтунова, А. И. (2004). *Моделирование роста и продуктивности древостоев (на примере некоторых лесобразующих пород Северной Евразии)*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. Екатеринбург.
- Коляда, Н. А., & Коляда, А. С. (2018). *Robinia pseudoacacia* L. (*Fabaceae* Lindl.) на юге Дальнего Востока России. *Российский Журнал Биологических Инвазий*, 2, 14–19.
- Концептуальні підходи до удосконалення лісокористування в Україні. (2018). Аналітична записка Українського інституту досліджень навколишнього середовища і ресурсів при Раді національної безпеки і оборони України. Взято з www.rainbow.gov.ua.
- Копцик, Г. Н., Копцик, С. В., Смирнова, И. Е., Кудрявцева, А. Д., & Турбабина, К. А. (2016). Реакция лесных экосистем на сокращение атмосферных промышленных выбросов в Кольской Субарктике. *Журнал общей биологии*, 77, 147–164.
- Копылова, Л. В. (2010). Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края. *Известия Самарского научного центра РАН*, 12(1.3), 709–712.
- Коржнев, М. М., Андріївський, І. Д., & Шеляг-Сосонко, Ю. Р. (2001). *Природно-ресурсний аспект розвитку України*. Київ: Видавничий дім «КМ Academia».
- Коровин, В. В., Новицкая, Л. Л., & Курносков, Г. А. (2003). *Структурные аномалии стебля древесных растений*. Москва: МГУЛ.
- Костов, К. Д., Броштилова, М., & Броштилов, К. (1992). Надземная фитомаса чистых и смешанных культур акации белой

- (*Robinia pseudoacacia* L.) в районе Бяла Слатина. *Наука за гората*, 29(4), 13–23.
- Коханый, С. Г. (1978). Производительность мачтовой формы белой акации на Нижнеднепровье. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 50, 77–82.
- Коханий, С. Г. (1979). Щоглова форма акації білої на Нижньодніпров'ї. *Вісник сільськогосподарської науки*, 2, 42–46.
- Коханый, С. Г. (1990). *Экономическая оценка медосбора в белоакациевых насаждениях Нижнеднепровских песков. Вклад научно-технического потенциала области в перестройку*. Херсон: Облполиграфиздат.
- Коханый, С. Г. (2010). Особенности мачтовой формы белой акации. *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку*, 257–258.
- Коханый, С. Г., & Головчанский, И. Н. (1982). Повышение продуктивности насаждений акации белой. *Лесное хозяйство*, 6, 33–34.
- Кравець, П. В., & Лакида, П. І. (2002). Критерії та індикатори сталого управління лісами. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету*, 12(7), 146–158.
- Крампит, А. Г., & Крампит, Н. Ю. (2008). *Методология научных исследований*. Томск: Издательство Томского политехнического университета.
- Криница, П. Л. (1977). *Экперимент, теория, практика*. Москва.
- Крушельницька, О. В. (2006). *Методологія та організація наукових досліджень*. Київ: Кондор.
- Кубатбеков, Т. С. Айтматов, М. Б., & Ибраимакунов, М. (2012). Сурьма в природно-техногенных условиях биосферы: вода, почва, растения. *Вестник Российского университета Дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*, 4, 56–60.
- Кудря, С. О., Яценко, Л. В., & Душина, Г. П. (2001). *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України*. Київ: Інститут електродинаміки Національної академії наук України.
- Кузмичев, В. В. (1977). *Закономерности роста древостоев*. Новосибирск: Наука.

- Кулагин, А. А., Шагиева, Ю. А., & Розенберг, Г. С. (2005). *Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей*. Москва: Наука.
- Кульбіда, М. І., Барабаш, М. Б., Єлістратова, Л. О., Адаменко, Т. І., Гребенюк, Н. П., Татарчук, О. Г., & Корж, Т. В. (2009). *Клімат України: у минулому і майбутньому?* Київ: Сталь.
- Курнаев, С. Ф. (1973). *Лесорастительное районирование СССР*. Москва: Наука.
- Лавриненко, Д. Д. (1961). Лесорастительное районирование УССР. *Труды научного совещания по природно-географическому районированию Украинской ССР*, 3, 38–46.
- Лавров, В. В. (2003). *Системний підхід як методологічна основа для оцінки і зменшення загроз біорізноманіття (лісові екосистеми)*. Київ: Хімджест.
- Лавров, В. В., & Пастернак, В. П. (2002). Проблеми та напрямки переходу лісової галузі України до сталого розвитку на основі лісівничо-екологічних принципів господарювання. Лісова типологія в умовах сталого розвитку лісового господарства України. *Матеріали Восьмих Погребняківських читань, 3–5 жовтня 2002 р.* (с. 109–113). Харків.
- Лакида, І. П. (2012). *Біопродуктивність штучних соснових деревостанів міських лісів м. Києва та її динаміка*. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата с.- г. наук. Харків.
- Лакида, П. І. (1993). До таксації дослідних відрізків деревних стовбурів. *Лісовий журнал*, 3, 22–23.
- Лакида, П. І. (1998). Методичні аспекти оцінки річного стіку вуглецю в лісових насадженнях. *Науковий вісник національного аграрного університету*, 8, 221–227.
- Лакида, П. І. (2001). Динаміка запасов углерода в лесах Украины. *Проблемы лесоведения и лесоводства*, 56, 86–90.
- Лакида, П. І. (2002). *Фітомаса лісів України*. Тернопіль: Збруч.
- Лакида, П. І. (2011). *Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України*. Київ: Видавничий дім «ЕКО-інформ».

- Лакида, П. І. (2013). *Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід України*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В. М.
- Лакида, П. І., & Бала, О. П. (2012). *Актуалізація параметрів росту штучних дубових деревостанів України*. Корсунь-Шевченківський: Видавець В. М. Гаврищенко.
- Лакида, П. І., Белюшко, П. С., & Морозюк, О. В. (2014). *Вуглецевий потенціал сосняків Рівненщини в умовах техногенного навантаження*. Корсунь-Шевченківський: Видавець В. М. Гаврищенко.
- Лакида, П. І., Білоус, А. М., & Васишин, Р. М. (2010). *Осичняки східного Полісся України – надземна фітомаса та депонований вуглець*. Корсунь-Шевченківський: Видавець Майдаченко І. С.
- Лакида, П. І., Білоус, А. М., Васишин, Р. Д., Матушевич, Л. М., & Макаруч, Я. І. (2012). *Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся*. Корсунь-Шевченківський: Видавець Гаврищенко В. М.
- Лакида, П. І., Білоус, А. М., Матушевич, Л. М., Случик, І. С., & Сорока, М. Г. (2011). Особливості формування продукції стовбурової деревини у березових деревостанах Чернігівського Полісся. *Лісовий журнал*, 1, 36–38.
- Лакида, П. І., & Блищик, І. В. (2010). *Фітомаса вільшників Західного Полісся України*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І. С.
- Лакида, П. І., Бокоч, В. В., Васишин, Р. Д., & Терентьев, А. Ю. (2015). *Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку*. Корсунь-Шевченківський: Видавець В. М. Гаврищенко.
- Лакида, П. І., Васишин, Р. Д., & Васишин, О. М. (2010). *Надземна фітомаса та вуглецево-енергетичний потенціал ялицевих деревостанів Українських Карпат*. Корсунь-Шевченківський: Видавець В. М. Гаврищенко.
- Лакида, П. І., Васишин, Р. Д., Блищик, В. І., Білоус, А. М., Матушевич, Л. М., Лащенко, А. Г., Бала, О. П., Морозюк, О. В., Ковалевський, С. С., Хань, Є. Ю., Ситник, С. А., Бокоч, В.

- В., Блищик, І. В., Приліпко, І. С., Мельник, О. М., & Дубровець, Б. В. (2017). *Листяні деревостани України: фітомаса та експериментальні дані*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В. М.
- Лакида, П. І., & Домашовець, Г. С. (2009). *Біопродуктивність лісів Львівщини та її динаміка*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І. С.
- Лакида, П. І., & Кравець, П. В. (2001). Лісова політика України в перехідний період: проблеми та стратегія. *Аграрна наука і освіта*, 2(1–2), 95–99.
- Лакида, П. І., & Кравець, П. В. (2002). Лісотипологічні аспекти лісової сертифікації в Україні. *Науковий вісник національного аграрного університету*, 54, 43–50.
- Лакида, П. І., Лащенко, А. Г., & Лащенко, М. М. (2006). *Біологічна продуктивність дубових деревостанів Поділля*. Київ: ННЦ ІАЕ.
- Лакида, П. І., & Матейко, І. М. (2016). *Фітомаса та депонований вуглець дерев і деревостанів ясена звичайного у Правобережному Лісостепу України*. Київ: Компринт.
- Лакида, П. І., & Матушевич, Л. М. (2006). *Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся*. Київ: ННЦ ІАЕ.
- Лакида, П. І., Матушевич, Л. М., & Лакида, І. П. (2018). Біопродуктивність дубових деревостанів Українського Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 16, 99–105.
- Лакида, П. І., Миронюк, В. В., & Гілітуха, Д. В. (2014). Аналіз та інтерпретація карти високого просторового розрізнення лісових екосистем Полісся України. *Збалансоване природокористування*, 4, 5–9.
- Лакида, П. І., Петренко, М. М., & Васишин, Р. Д. (2007). Біоенергетический потенциал лесосырьевых ресурсов в Украине. *Лесная таксация и лесоустройство*, 1(37), 180–185.
- Лакида, П. І., Приліпко, І. С., & Сорока, М. Г. (2016). Особливості моделювання стовбурової продукції деревостанів берези повислої у Чернігівському Поліссі. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 26(7), 24–30.

- Лакида, П. І., & Сахарук, Г. А. (2013). *Біопродуктивність лісів Шацького національного природного парку: статика та динаміка*. Корсунь-Шевченківський: Видавець В. М. Гаврищенко.
- Лакида, П. І., Ситник, С. А. (2019). Продукція фітомаси надземної частини робінієвих деревостанів у лісових культурах Північного Степу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 124–134.
- Лакида, П. И., & Сытник, С. А. (2015). Качественные показатели лиственной фракции фитомассы *Robinia pseudoacacia* L. в Северной Приднепровской Степи Украины. *Проблемы лесоведения и лесоводства*, 75, 83–89.
- Лакида, П. І., Шамрай, А. Є., Морозюк, О. В., & Лакида І. П. (2015). Штучні сосняки Черкаського бору: фітомаса та депонований вуглець. Корсунь-Шевченківський: Видавець В. М. Гаврищенко.
- Лакида, П. І., & Юдицький, Я. А. (1993). Оцінка середньої щільності фракцій деревного стовбура. *Лісовий журнал*, 1(6), 25–26.
- Лащенко, А. Г. (2002). Аналіз продуктивності штучних дубових деревостанів Поділля України. *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*, 12(4), 104–109.
- Лебков, В. Ф. (1989). Типы строения древостоев. *Лесоведение*, 4, 12–21.
- Лесив, М., Швиденко, А., & Щепашенко, Д. (2019). Пространственная оценка углеродного бюджета леса для Украины. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change*, 24, 985–1006. DOI:10.1007/s11027-018-9795
- Лиєпа, И. Я. (1967). Формула определения текущего древесного прироста насаждения. *Вопросы древесного прироста в лесостроительстве*, 164–171.
- Лиєпа, И. Я. (1980). *Динамика древесных запасов. Прогнозирование и экология*. Рига: Зинатне.
- Лиєпа, И. Я. (1982). *К математическому моделированию в экологии. Моделирование и прогнозирование в биоэкологии*. Рига. Издательство Латвийского университета.

- Ліпінський, В. М., Палієнко, В. П., & Руденко, Л. Г. (1999). Проблеми глобальних змін природного середовища та регіональні аспекти ризику небезпечних процесів. *Український географічний журнал*, 4, 3–6.
- Лобжанидзе, Э. Д. (1961). *Камбий и формирование годичных колец древесины*. Тбилиси: АН ГССР.
- Ловелиус, Н. В. (1979). *Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий Изменчивость прироста деревьев*. Ленинград: Наука.
- Ловелиус, Н. В., & Грицан, Ю. И. (1998). *Лесные экосистемы Украины и теплообеспеченность*. Санкт-Петербург.
- Логинов, В. Ф. (2012). *Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата*. Минск: Беларуская навука.
- Лоскутов, С. Р., Шапченкова, О. А., & Анискина, А. А. (2015). Термический анализ древесины основных лесобразующих пород Средней Сибири. *Сибирский лесной журнал*, 6, 17–30.
- Лохматов, Н. А. (1971). Периоды развития степных лесных насаждений. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 26, 75–83.
- Лохматов, Н. А. (1985а). О развитии белоакациевых насаждений, заложенных в степной зоне Украинской ССР в 1950–1980 гг. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 71, 7–11.
- Лохматов, Н. А. (1985б). Разнообразие белоакациевых насаждений и некоторые общие закономерности их развития в степной зоне УССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 78, 47–51.
- Лохматов, Н. А. (1999). *Развитие и возобновление степных лесных насаждений*. Балаклея: СіМ.
- Лохматов, Н. А., & Гладун, Г. Б. (2004). *Лесные мелиорации в Украине: история, состояние, перспективы*. Харьков: Новое слово.
- Ляпунов, А. А., & Багриновская, Г. П. (1975). *О методологических вопросах математической биологии. Математическое моделирование в биологии*. Москва.
- Макаровський, Е. Л. (2004). Енергетичний потенціал нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії України. *Інтегровані технології та енергосбереження*, 3, 75–82.

- Масюк, А. Н. (2006). Анализ первичной продукции насаждений робинии ложноакация на рекультивированных землях степного Приднепровья. *Вестник Днепропетровского национального университета*, 3(1), 118–125.
- Масюк, А. Н. (2009). Особенности формирования корневой системы робинии ложноакация в разных лесорастительных условиях на рекультивированных землях. *Вестник Дніпропетровського національного університету*, 10(1–2), 65–70.
- Матушевич, Л. М. (1998). Якісна оцінка деяких компонентів фітомаси дерев берези. *Науковий вісник національного аграрного університету*, 8, 227–232.
- Маринич, А. М., Горленко, И. А., & Руденко, Л. Г. (1990). *Конструктивно-географические основы рационального природопользования в Украинской ССР. Теоретические и методические исследования*. Київ: Наукова думка.
- Матейко, І. М. (2014) *Фітомаса та депонований вуглець дерев і деревостанів ясена звичайного у Правобережному Лісостепу України*. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата с.-г. наук. Київ.
- Махонько, К. П. (1989). Аэрозольное и корневое загрязнение растительности Ni в окрестностях действующего предприятия. *Труды V Всесоюзного совещания по исследованию миграции загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах*, 207–212.
- Медведева, О. В. (2004). Досвід класифікації міських ґрунтів Степової зони України. *Ґрунтознавство*, 5(1–2), 34–39.
- Мейчик, Н. Р., Николаева, Ю. И., Комарынец, О. В., & Ермаков И. П. (2011). Барьерная функция клеточной стенки при поглощении ионов никеля. *Физиология растений*, 58, 345–350.
- Меняйло, Л. Н. (1987). *Гормональная регуляция ксилогенеза хвойных*. Новосибирск: Наука.
- Мешкова, В. Л. (2001). Сезонний розвиток природи та весняні терміни створення лісових культур. *Лісний вісник Житомирщини*, 1(23), 14–15.

- Мигунова, Е. С. (2014). *Типы леса и типы природы (экологические взаимосвязи)*. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing,
- Миклуш, С. І. (2007). Моделювання росту насаджень за матеріалами повидільної бази даних. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 106, 191–200.
- Миклуш, Ю. С. (2013). *Лісівничо-рекреаційні особливості лісів зеленої зони м. Львова та організація сталого господарства в них*. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата с.-г. наук. Київ.
- Миронюк, В. В. (2018). Класифікація лісового покриву за сезонними композитними мозаїками Landsat. *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*, 28(1), 28–33. Взято з [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2018_28\(1\)__7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2018_28(1)__7).
- Митрайкіна, А. М. (2005). Использование показателей климата и солнечной активности при проведении дендроклиматических исследований. *Вестник Воронежского университета*, 2, 13–19.
- Мішенін, Є. В. (2000). Екологічно орієнтована інтеграція лісового господарства і АПК. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 98, 7–14.
- Можейко, Г. А. (2000). *Лесоаграрные ландшафты южной и Сухой Степи Украины (природа и конструирование)*. Харьков: Эней.
- Молчанов, А. А. (1970). *Изменчивость ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной активности. Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев*. Москва: Наука.
- Молчанов, А. А., & Смирнов, В. В. (1967). *Методика изучения прироста древесных растений*. Москва: Наука.
- Морозюк, О. В. (2009). Глобальні зміни клімату та регіональний вплив лісів на баланс вуглецю. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 19(5), 88–92.
- Москалева, В. Е. (1957). *Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях*. Москва: АН СССР.
- Мусієнко, М. М. (2005). *Фізіологія рослин*. Київ: Либідь.

- Никитин, К. Е., & Швиденко, А. З. (1978). *Методы и техника обработки лесоводственной информации*. Москва: Лесная промышленность.
- Новиков, А. М., & Новиков, Д. А. (2010). *Методология научного исследования*. Москва: Либроком.
- Огляд реалізації основних положень Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату та зобов'язання країн-членів ОЕСР і Євросоюзу щодо виконання рекомендацій Паризької Конференції. (2017). Київ: Міненерговугілля України. Взято з https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/3.-Osn_polozh_SOR21.pdf
- Однак, Я. П., & Борсук, Д. В. (1977). Вертикально-фракційний розподіл надземної фітомаси букового біогеоценозу. *Український ботанічний журнал*, 34(3), 408–414.
- Однак, Я. П., & Борсук, Д. В. (1983). *Структура и продуктивность буковых лесов. Биогеоценотический покров Бескид и его динамические тенденции*. Киев: Наукова думка.
- Однак, Я. П., Борсук, Д. В., & Гранатырь, В. Ф. (1977). Первичная продуктивность буково-пихтовых лесов фитоценозов Бескид. *Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность*, 17, 13–15.
- Онучин, А. А., & Борисов, А. Н. (1984). Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев. *Лесоведение*, 6, 66–71.
- Опенько, І. А. (2019). Кореляційний аналіз впливу форми власності земель лісогосподарського призначення на їх ефективно використання: європейський досвід. *Інвестиції: практика та досвід*, 16, 20–27.
- Опенько, І. А., & Євсюков, Т. О. (2014). Землі під полежащими лісовими насадженнями: сучасний стан, проблеми, шляхи вирішення. *Збалансоване природокористування*, 1, 125–131. Взято з <http://www.natureus.org.ua/index.php/ua/component/phocadownload/category/3-zbalansovane-prirodokoristuvannya-2014-rik?download=6:zbalansovane-prirodokoristuvannya-1-2014r>
- Опенько, І. А., Шевченко, О. В., & Цвях, О. М. (2016). Аналіз науково-методичних підходів до грошової оцінки земельних ділянок із полежащими лісовими насадженнями.

Збалансоване природокористування, 4, 137–142. Взято з <http://natureus.org.ua/index.php/ua/component/phocadownload/category/5-zbalansovane-prirodokoristuvannya201rik?download=17:zbalansovane-prirodokoristuvannya-4-2016>

Основні положення організації і розвитку лісового господарства Дніпропетровської області. (2011). Ірпінь: Укрдержліспроект

Остапенко, Б. Ф., & Улановский, М. С. (1999). *Типологическое разнообразие лесов Украины. Степь.* Харьков: ХГАУ.

Пастернак, В. П. & Букша, І. Ф. (2003). Можливості оцінки динаміки вуглецю в лісах Харківської області на основі даних моніторингу. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва*, 2, 135–138.

Пастернак, П. С., Кисилевский, Р. Г., Федец, И. Ф., & Медведев, Л. А. (1980). Лесохозяйственное районирование Украинской ССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 56, 3–16.

Патлай, І. М., Ткач, В. П., & Усцький, І. М. (1998). *Лісові екосистеми України в контексті її сталого розвитку. Проблеми сталого розвитку України.* Київ: БМТ.

Петрунина, Н. С. (1974). Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов (никеля, кобальта, меди, молибдена, свинца и цинка). *Труды Биогеохимической лаборатории*, XIII, 57–117.

Поздняков, Л. К., Протопов, В. В., & Горбатенко, В. М. (1969). *Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии.* Красноярск: Красноярское книжное издательство.

Полубояринов, О. И. (1976). *Плотность древесины.* Москва: Лесная промышленность.

Полупан, М. І., Соловей, В. Б., & Величко, В. А. (2005). *Класифікація ґрунтів України.* Київ: Аграрна наука.

Пономарев, А. Б., & Пикулева, Э. А. (2014). *Методология научных исследований.* Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета.

- Приліпко, І. С., & Лакида, П. І. (2016). Продукція стовбурової деревини та кори дерев берези повислої у деревостанах Чернігівського Полісся. *Вісник національного лісотехнічного університету України*, 26(5), 140–147.
- Прохорова, Н. В., Матвеев, Н. М., & Павловский, В. А. (1998). *Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в Лесостепном и Степном Поволжье*. Самара: Издательство Самарского университета.
- Ремезов, Н. П. (1961). Итоги изучения взаимодействия дубового леса с почвой. *Труды Воронежского государственного заповедника*, 13, 9–53.
- Родин, Л. Е., & Базилевич, Н. И. (1965). *Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара*. Москва–Ленинград: Наука.
- Рожак, В. П. (2015). *Цикл вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати)*. Автореферат дисертації на здобуття ступеня кандидата біол. наук. Львів.
- Рожак, В. П., & Шпаківська, І. М. (2013). Особливості формування запасів фітомаси лісових екосистем Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*, 23(18), 9–17.
- Рождественский, С. Г. (1979). Фитомасса и годичная продукция надземной части осиновых древостоев Ярославской области. *Лесоведение*, 4, 30–37.
- Розенберг, Г. С. (1984). *Модели в фитоценологии*. Москва: Наука.
- Романенко, С. С. (2003). *Методологія і методи наукового дослідження*. Київ: ІЕЕСУ.
- Романовский, М. Г., Савельева, Л. И., & Уткина, И. А. (2009). *Продукционный процесс и структура лесных биогеоценозов: теория и эксперимент: (памяти А. И. Уткина)*. Москва: Институт лесоведения РАН.
- Романюк, Б. Д., & Бурневский, Ю. И. (1997). Использование ландшафтного подхода при устойчивом управлении

- бореальними лесами. *Труды VII ежегодной конференции Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства, 19–29 августа 1996 г.* (с. 98–101). Санкт-Петербург
- Руденко, Л. Г. (1998). *Сталий розвиток: пошук моделей для України. Проблеми сталого розвитку*. Київ: БМТ.
- Руденко, Л., & Лісовський, С. (2001). Природно-ресурсний потенціал економічного зростання. *Вісник національної академії наук України, 4*, 20–32.
- Рудько, Г. (1995). *Наукові та методичні основи моніторингу геологічного середовища (інженерно-геодинамічні аспекти). Шляхи вивчення взаємопов'язаних проблем природного середовища*. Львів.
- Румянцев, Д. Е. (2010). *История и методология лесоводственной дендрохронологии*. Москва: МГУЛ.
- Румянцев, Д. Е., & Епишков, А. А. (2015). Биологические основы изменчивости годовых колец. *Фундаментальные исследования, 2–3*, 481–486.
- Рябокоть, А. П. (1990). Качество древесины при разной интенсивности роста сосновых насаждений. *Лесное хозяйство, 11*, 26–28.
- Рябченко, М. М. (2012) Насадження робінії несправжньоакації в умовах центральної частини Придніпровської низини. *Науковий вісник національного аграрного університету, 17*, 166–171.
- Рябчук, В. П. (1996). *Недеревна продукція лісу*. Львів: Світ.
- Самоплавский, В. І. (2000). Лісове господарство України на зламі тисячоліть. *Науковий вісник національного аграрного університету, 25*, 11–19.
- Сапанов, М. К. (2008). Роль защитного лесоразведения и устойчивое природопользование. *Лесное хозяйство, 3*, 28–30.
- Сапанов, М. К., Сиземская, М. Л., Колесников, А. В., Цзяо, Ц., Циньсяо, У., & Лю Г. (2010). Экологические особенности лесовыращивания в аридных регионах России и Китая. *Поволжский экологический журнал, 2*, 195–203.

- Сафаров, И. С., & Джалилов, К. Г. (1973). Биологическая продуктивность дубрав Талыша из дуба каштанолистного. *Лесоведение*, 3, 40–46.
- Сафонов, Г., & Флаксерман, А. (1931). *Исследование физико-механических свойств древесины ясеня, березы и клена*. Москва-Ленинград: ГНТИ.
- Сахарук, Г. А. (2011). *Біопродуктивність лісів Шацького національного природного парку*. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата с.-г. наук. Київ.
- Семеряга, О. П. (2013). Природно-історична спадщина белігеративних ландшафтів Дніпропетровської області. *Фізична географія та геоморфологія*, 1, 103–112.
- Семечкина, М. Г. (1984). *Закономерности строения сосновых древостоев по компонентам фитомассы. Исследования структуры лесонасаждений*. Красноярск.
- Серегин, И. В., & Кожевникова, А. Д. (2008). Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция. *Физиология растений*, 55, 3–26.
- Серегин, И. В. (2009). Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук. Москва.
- Сидорович, Е. А., Рупасова, Ж. А., & Бусько, Е. Г. (1985). *Функционирование лесных фитоценозов в условиях антропогенных нагрузок*. Минск: Наука и техника.
- Сизенко, О. В. (2014). Картографування ландшафтного різноманіття Дніпропетровської області. *Вісник геодезії та картографії*, 1, 23–26.
- Синельщиков, Р. Г., & Песина, Л. В. (1984). Объемный вес ветвей деревьев в городских условиях Донбасса. *Интродукция и акклиматизация растений*, 1, 73–75.
- Синякевич, І. М. (2001). Екологічна сертифікація лісів: теорія і практика. *Деревообробник*, 3(21), 2–24.
- Ситник, С. А. (2014). Аналіз лісівничо-таксаційних показників модальних деревостанів *Robinia pseudoacacia* L. Лівобережного Придніпровського Степу. *Науковий вісник*

Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво, 198(1), 43–50.

- Ситник, С. А. (2015). Вплив вологозабезпеченості на запас деревини *Robinia pseudoacacia* L. у Північному Придніпровському Степу України. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання», 23–24 квітня 2015 р.* (с. 116). Київ. Взято з <https://nubip.edu.ua/node/13492>
- Ситник, С. А. (2016). Асиміляційна складова надземної фітомаси *Robinia pseudoacacia* L. у насадженнях Північного Степу України. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві», 27–28 квітня 2016 р.* (с. 171–173). Київ.
- Ситник, С. А. (2017а). Природна щільність компонентів стовбурів *Robinia pseudoacacia* L. в умовах Північного степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація, 130, 193–198.*
- Ситник, С. А. (2017б). Енергетичний потенціал робінієвих насаджень Північного Степу України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 27(1), 79–82.*
- Ситник, С. А. (2017с). Депонування вуглецю робінієвими деревостанами у лісах Північного Степу України. Матеріали шостої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини і урбанізація», 1–2 березня 2017 р. (с. 164–165). Дніпро.
- Ситник, С. А. (2017d). Природна щільність компонентів стовбурів в умовах Північного степу України. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Ліси східної Європи у світі, що змінюється», 27–30 вересня 2017 р.* (с. 112). Київ. Взято з https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u32/tezi_dopovidey_lisi_s_hidnoyi_ievropi_u_sviti_shcho_zminyuietsya. Рдст f

- Ситник, С. А. (2018a). Фітомаса компонентів стовбурів *Robinia pseudoacacia* L. у штучних деревостанах Північного Степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 132, 141–148.
- Ситник, С. А. (2018b). Моделювання морфометричних показників крони робінії несправжньоакації в умовах Північного степу України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 28(1), 34–37.
- Ситник, С. А. (2019a). Моделювання компонентів фітомаси стовбурів робінієвих деревостанів Північного Степу України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 29(3), 48–51.
- Ситник, С. А. (2019b). Фітомаса компонентів крони робінієвих деревостанів у Північному Степу України. *Agrology*, 2(3), 139–145. DOI:10.32819/019020
- Ситник, С. А. (2019c). Типологічна структура робінієвих насаджень північного Степу України. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Лісова типологія як основа наближеного до природи лісівництва», 9–12 жовтня 2019 р. (с. 73)*. Київ. Взято з https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u259/zbirnik_tez. Рдст f
- Ситник, С. А. (2019d). Меліоративні властивості *Robinia pseudoacacia* L. на техногенно трансформованих землях. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій «Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропоцену», 6–8 листопада 2019 р. (с. 137–139)*. Київ. Взято з https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u186/tezu_konferencii. Рдст f
- Ситник, С. А., Балабак, А. Ф., Маслікова, К. П., & Мазурчук, А. С. (2015). Особливості таксаційної структури модальних деревостанів *Robinia pseudoacacia* L. в умовах Лівобережно-Дніпровського Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*, 87(1), 86–92.
- Ситник С. А., Грицан, Ю. І. (2016). Біологічна продуктивність робінієвих деревостанів лісів Північного Степу України.

Матеріали міжнародної наукової конференції «Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України», 25–27 жовтня 2016 р. (с. 56–57). Дніпро. Взято з <http://geobotany.dp.ua/wp-content/uploads/2017/03/Conference-2016.Рдст>

- Ситник, С. А., & Добровольська, О. В. (2018). Концепція сталого розвитку: природні ресурси та «зелена економіка». *Тези доповідей учасників третьої міжнародної науково-практичної конференції «Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем», 11 жовтня 2018 р. (с. 123–125). Дніпро. Взято з <http://www.zgia.zp.ua/gazeta/KonferDDMU.Рдст>*
- Ситник, С. А., & Зверковський, В. М. (2017). Метали в системі «технозем–*Robinia pseudoacacia*» у рекультиваційних насадженнях Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, 3 (45), 19–22.
- Ситник, С. А., & Лакида, П. І. (2014). Особливості таксаційної структури деревостанів *Robinia pseudoacacia* L. Придніпровського Північного Степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 125, 25–31.
- Ситник, С. А., Лакида, П. І., & Плотка, Л. В. (2018). Базисна щільність компонентів стовбурів *Robinia pseudoacacia* L. в умовах Північного Степу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Серія Лісівництво та декоративне садівництво*, 266, 72–79.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2009). Типологічна структура лісокультурного фонду державного підприємства «Дніпропетровське лісове господарство». *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 19(15), 188–191.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2012а). Аналіз структури насаджень Кіровського лісництва Дніпропетровського лісгоспу за крайніми градієнтами зволоження ґрунту. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, 171(3), 218–223.

- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2012b). Лісівничо-таксаційні особливості деревостанів екстремальних градієнтів зволоження Ленінського лісництва Дніпропетровського лісгоспу. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Ліс, довкілля, технології: наука та інновації»*, 29 березня 2012 р. (с. 31–33). Київ.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2013). Пам'ятки природи Кочерезького лісництва ДП «Новомосковський лісгосп» Дніпропетровської області. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Історико-культурні та природоохоронні аспекти збереження багатовікових дерев»*, 23–25 жовтня 2013 р. (с. 35–37). Київ–Чигирин.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2014a). Стан й продуктивність деревостанів *Pinus sylvestris* L. і *Robinia pseudoacacia* L. природного заповідника “Дніпровсько-Орільський”. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, 1, 191–195.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2014b). Структура деревостанів головних лісотвірних порід сухих типів лісу Кочерезького лісництва Новомосковського лісгоспу. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 24(4), 153–158.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2015). Вплив типів лісорослинних умов на запас деревини лісоутворювальних порід степового Придніпров'я України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 126, 99–105.
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2016a). Енергетичний потенціал насаджень головних лісоутворювальних порід Північного Степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 129, 146–152. (Здобувачкою виконано розрахунок і здійснено оцінювання енергетичного потенціалу вуглецю, акумульованого у надземній фітомасі робінієвих деревостанів Байрачного степу України, узагальнено висновки).
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2016b). Депонування Кадмію та Плюмбуму у деревині робінії несправжньоакації та сосни

- звичайної у лісостанах Північного Степу України. *Тези доповідей учасників III Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва. 20–21 жовтня 2016 р.* (с. 110–112). Тернопіль. Взято з <https://ternopilds.te.ua/wp-content/uploads/2018/06/20-21-10-16-1.pdf>
- Ситник, С. А., & Ловинська, В. М. (2016с). Якісні показники надземної фітомаси домінантного компонента лісостанів Байрачного Степу України. *Тези доповідей учасників IV Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки», 22 листопада 2016 р.* (с. 122–123). Умань.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Величко, В. М. (2013). Лісівничо-таксаційний аналіз лісів Дніпропетровської області. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Біологія. Екологія*, 21(2), 76–82.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Грицан, Ю. І. (2016а). Природно-заповідний фонд у структурі лісового господарства Дніпропетровської області. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, 3, 23–27.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Грицан, Ю. І. (2016б). Застосування лісових меліорацій на ландшафтно-екологічній основі Північного Степу України. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві», 27–28 квітня 2016 р.* (с. 146–147). Київ.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Грицан, Ю. І. (2016с). Стан та перспективи розвитку об'єктів природно-заповідного фонду у структурі лісового господарства Дніпропетровської області. *Тези доповідей учасників міжнародної конференції «Динаміка біологічного та ландшафтного різноманіття заповідних територій». 25–27 травня 2016 р.* (с. 35–38). Кам'янець-Подільський
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., Грицан, Ю. І., & Маслікова, К. П. (2016). Аналіз показників асиміляційної складової у

- структурі надземної фітомаси деревних порід степових лісостанів України. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*, 24(2), 378–383.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Думинський, Г. П. (2014). Ретроспективний аналіз динаміки лісових ресурсів Дніпропетровської області. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 4, 129–134.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Думинський, Г. П. (2015). Аналіз стану насаджень за участю основних лісотвірних порід державного підприємства «Дніпропетровське лісове господарство». *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 25, 92–96.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., Маслікова, К. П., & Грицан, Ю. І. (2016). Базисна щільність стовбурів головних деревних порід лісостанів північного степу України. *Ecology and noospherology*, 27(3–4), 27–34.
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Олійник, О. С. (2014). Моніторинг стану деревостанів *Pinus sylvestris* L. та *Robinia pseudoacacia* L. рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережного Північного Степу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Спеціальний випуск до ІХ міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування», 27–28 листопада 2014 р. (с. 115–119). Кам'янець-Подільський*
- Ситник, С. А., Ловинська, В. М., & Харитонов, М. М. (2015). Вміст елементів групи важких металів у деревині головних лісотвірних порід рекреаційно-оздоровчих лісів Північного Придніпровського Степу України. *Лісове і садово-паркове господарство*, 6(1), 1–10.
- Ситник, С. А., Маслікова, К. П., Балабак, А. Ф., Мороз, Г. Ю., & Черевашко, Т. М. (2016). Лісівничо-таксаційна характеристика модальних деревостанів *Robinia pseudoacacia* L. в умовах північно-степової лісорослинної зони України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*, 88(1), 187–194.

- Ситник, С. А., & Плотка, Л. В. (2018). Щільність основних компонентів стовбурів дерев робінії несправжньоакації в умовах Північного Степу України. *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*, 28(5), 49–52.
- Ситник, С. А., & Поліщук, В. В. (2014). Продуктивність деревостанів *Robinia pseudoacacia* L. залежно від лісорослинних умов Придніпровського Степу України. *Автохтонні та інтродуковані рослини*, 10, 156–160.
- Ситник, С. А., & Редька, К. (2019). Потенціал надземної біомаси робінії несправжньоакації у лісовому господарстві Степової зони України. *Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації»*, 4–5 квітня 2019 р. (с. 30–31). Львів. Взято з <http://repository.vsau.org/getfile.php/24255>. Рдст фу
- Ситник, С. А., & Рула, І. В. (2018). Термічний аналіз деревини та кори робінії несправжньоакації в деревостанах Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(6), 125–128.
- Ситник, К. М., & Багнюк, В. (2006). Біосфера і клімат: минуле, сьогодення і майбутнє. *Вісник Національної Академії наук України*, 9, 3–20.
- Случик, І. С. Лакида, П. І., & Сорока, М. Г. (2010). Продукція стовбурів берези повислої у насадженнях Чернігівського Полісся. *Науковий вісник НУБіП України. Серія Лісівництво та декоративне садівництво*, 147, 266–273.
- Смирнова, К. М., Бакун, Е. Ю., & Турубанова, С. А. (2006). Представление о потенциальном и восстановленном растительном покрове лесного пояса Восточной Европы. *Лесоведение*, 1, 22–23.
- Сніжко, С. І., Скрипник, О. І., & Щербань, І. М. (2007). Особливості тривалості вегетаційного періоду і періоду активної вегетації на території України (тенденції зміни внаслідок глобального потепління). *Український гідрометеорологічний журнал*, 2, 119–128.

- Солдатов, А. Г., Тюков, С. Ю., & Туркенич, В. М. (1960). *Ліси України*. Київ: Наукова думка.
- Сопушинський, І. М., Мілітц, Х., Максимчук, Р. Т., & Біцікс, В. (2018). Динамічний модуль пружності хвилястозавилькуватої деревини *Abies alba* Mill. *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*, 28(3), 52–56.
- СОУ 02.02–37–476:2006. (2006). *Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання*. Київ: Мінагрополітики України.
- Софронов, М. А. (1996). О кислородопроизводящей функции леса. *Лесное хозяйство*, 5, 27–28.
- Сторожук, В. Ф. (2017). Огляд стану адаптації українського лісового законодавства до законодавства Європейського Союзу. Взято з http://www.enpifleg.org/site/assets/files/2121/report_storozhuk_assessment_approximation_ukraines_forestry_legislation_to_eu.pdf
- Сторожук, В. Ф. (2018). Порівняльний аналіз лісового законодавства України та пов'язаних з ним правових актів на відповідність до законодавчої бази Європейського Союзу з питань сталого управління лісами. Програма «Удосконалення систем правозастосування та управління в лісовому секторі країн східного напрямку Європейської політики добросусідства та Росії» (ENPIFLEG). Взято з http://fleg1.fleg.org.ua/index.php?id=14&tx_ttnews%5Btt_news%5D=34&cHash=529761387b4ea48d73b3b7b2d39c3303.
- Судачкова, Н. Е. (1981). *Научные исследования для лесов будущего. Камбиальная активность хвойных и ее регуляция*. Москва: Наука.
- Танюкевич, В. В. (2011). Мелиоративная роль робиниевых лесных полос степных агролесоландшафтов. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*, 3(23), 60–66.
- Танюкевич, В. В., & Запривода, М. А. (2013). Мелиоративное влияние робиниевых насаждений на терриконики Донецкого кряжа. *Мелиорация и водное хозяйство*, 3, 25–27.
- Танюкевич, В. В., & Запривода, М. А. (2014). Опыт применения робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia* L.) в

- рекультивации террикоников Донецкого края. *Научный журнал РНИИ проблем мелиорации*, 1(13). 108–111.
- Тахтаджян, А. Л. (1978). *Флористические области Земли*. Ленинград.
- Ткач, В. П. (2012). Ліси та лісистість в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку. *Український географічний журнал*, 2, 49–55.
- Ткач, В. П., Лавров, В. В., & Букша, І. Ф. (1997). Лісова сертифікація в Україні: проблеми та науково-організаційні реалізації. *Науковий вісник національного аграрного університету. Лісівництво*, 54, 36–43.
- Ткач, В. П., Лавров, В. В., & Букша, І. Ф. (2002). Проблеми та напрямки переходу лісової галузі України на засади сталого розвитку. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 102, 3–9.
- Ткаченко, В. С., & Бойченко, С. Г. (2014). Структурний дрейф степових фітосистем України під впливом кліматичних змін та прогностичні сценарії для першої половини ХХІ століття. *Доповіді Національної Академії наук України*, 4, 172–180.
- Токмурзин, Т. Х. (1977). Выбор методов учета фитомассы насаждений. *Актуальные вопросы лесного хозяйства в Казахстане*, 71–76.
- Токмурзын, Х. Г., & Байзаков, С. Б. (1975). Способ таксации биомассы кроны сосны. *Лесное хозяйство*, 4, 41–43.
- Травлеев, А. П. (1972). Вопросы генезиса и свойств почв лесных биогеоценозов Присамарья. *Вопросы степного лесоведения*, 2, 8–12.
- Травлеев, А. П., & Белова, Н. А. (2008). Лес как явление географическое. *Екологія та ноосферологія*, 19(3–4), 5–12.
- Третяк, П. Р., & Черневий, Ю. І. (2011). Приріст деревостанів старшого віку: екологічний аспект. *Доповіді Національної академії аграрних наук України*, 6, 203–208.
- Трещевская, Э. И., Тихонова, Е. И., Малинина, Т. А., & Навалихин, С. В. (2017). Использование робинии лжеакации (*Robinia pseudoacacia* L.) для облесения техногенно нарушенных земель. *Лесотехнический журнал. Природопользование*, 3, 151–157.

- Туркевич, И. В., Медведев, Л. А., & Макшанина, И. М. (1973). *Методические указания по определению потенциальной производительности лесных земель и степени эффективности их использования*. Харьков: УкрНИИЛХА.
- Удалов, В. Л. (2004). Методология науки: історичні рівні розвитку, сучасний «перехідний період». *Вісник Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля. Філософські науки*, 1(7), 16–27.
- Усольцев, В. А. (1985). *Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев*. Красноярск: Издательство Красноярского университета.
- Усольцев, В. А. (1988). Принципы и методика составления таблиц биопродуктивности древостоев. *Лесоведение*, 2, 24–33.
- Усольцев, В. А. (1993). *Применение инвариантных взаимосвязей при оценке массы крон деревьев*. Екатеринбург: УЛТИ.
- Усольцев, В. А. (1997). *Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев*. Екатеринбург: УрО РАН.
- Усольцев, В. А. (1999). *Рост и структура фитомассы древостоев*. Новосибирск: Наука.
- Усольцев, В. А. (2010). *Надземная фитомаса и первичная продукция лесов Евразии*. Екатеринбург: УрО РАН.
- Усольцев, В. А., & Нагимов, З. Я. (1988). *Методы таксации фитомассы деревьев*. Свердловск: УЛТИ.
- Усольцев, В. А., & Сальников, А. А. (1998). Новый метод оценивания запасов органического углерода в лесных экосистемах. *Экология*, 1, 3–13.
- Утгоф, С. С. (2014). Идентификация химических и механических изменений в уплотненной термомеханическим способом древесине ольхи. *Труды Белорусского государственного технического университета. Химия, технология органических веществ и биотехнология*, 4, 124–129.
- Уткин, А. И. (1986). *Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах*. Отв. ред. С. Э. Вомперский, А. И. Уткин. Москва: Наука.
- Уткин, А. И. (1988). *Анализ продукционной структуры древостоев*. Отв. ред. С. Э. Вомперский, А. И. Уткин. Москва: Наука.

- Уткин, А. И., Каплина, Н. Ф., & Ильина, Н. А. (1978). Уточнения техники применения регрессионного метода в изучении биологической продуктивности древостоев. *Лесоведение*, 1, 40–53.
- Федорчук, В. П. (1999). *Минеральное сырье. Мышьяк: справочник*. Москва: Геоинформмарк.
- Фролов, А. К. (1990). *Растения и экология города. Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития*. Киев: Наукова думка.
- Фурдичко, О. І., Гладун, Г. Б., & Лавров, В. В. (2006). *Ліс у Степу: основи сталого розвитку*. Київ: Основа.
- Фурдичко, О. І. (2003). *Критерії та індикатори сталого розвитку лісової галузі України. Методичні рекомендації з питань ведення та управління лісовим господарством*. Київ: Нора-прінт.
- Цветкова, Н. Н. (1992). *Особенности миграции органо-минеральных веществ и тяжелых металлов в лесных экосистемах степной зоны Украины*. Днепропетровск.
- Цветкова, Н. М., Пахомов, О. Є., Сердюк, С. М., & Якуба, М. С. (2016). *Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Ґрунти. Метали в Ґрунтах*. Дніпропетровськ: Ліра.
- Цурик, Є. І. (2008). *Таксація приросту лісу*. Львів: НЛТУ України.
- Червений, Ю. І., & Третяк, П. Р. (2010). Приріст старовікових деревостанів та його екологічне значення. *Вісник національного лісотехнічного університету України*, 20(9), 70–76.
- Черняк, В. И., & Глухохід, В. П. (1969). *Ґрунти Дніпропетровської області*. Дніпропетровськ: Промінь.
- Чесноков, Н. И., & Долгошеев, В. М. (1978). Оценка кислородпродуцирующей функции леса. *Лесное хозяйство*, 7, 32–34.
- Чугай, Н. С. (1973). *Климат и климатические ресурсы Днепропетровщины*. Днепропетровск: Издательство Днепропетровского отделения географического общества.
- Швиденко, А. З. (1987). *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*. Киев: Урожай.

- Швиденко, А. З., Нильсон, С., & Столбовой, В. С. (2000). Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета надземных экосистем России: запасы фитомассы и мертвой растительной органики. *Экология*, 5, 53–61.
- Швиденко, А. З., Щепашенко, Д. Г., & Нильсон, С. (2007). Материалы к познанию современной продуктивности лесных экосистем России. *Материалы международного семинара «Базовые проблемы перехода к устойчивому управлению лесами России – учёт лесов и организация лесного хозяйства»*, 6–7 декабря 2007 г. (с. 7–37). Красноярск.
- Швиденко, А. З., Щепашенко, Д. Г., Ваганов, Е. А., & Нильсон, С. (2008). Чистая первичная продукция лесных экосистем России: новая оценка. *Доклады Академии наук*, 421(6), 822–825.
- Швиденко, А. З., Букша, І. Ф., & Краковська, С. В. (2018). *Уразливість лісів України до зміни клімату*. Київ: Ніка Центр.
- Швиденко, А., Лакида, П., Щепаченко, Д., Василишин, Р., & Марчук, Ю. (2014). *Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В. М.
- Шевцов, А., Земляний, М., & Рязова, Т. (2016). *Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії в Україні у світлі новітніх європейських ініціатив*. Взято з <http://www.old.niss.gov.ua>.
- Шишкін, Є. К., & Носирев, О. О. (2014). *Методологія наукових досліджень*. Харків: Діса плюс.
- Щербенко, Т. А., Копцик, Г. Н., Гроненберг, Б. Я., Лукина, Н. В., & Ливанцова, С. Ю. (2008). Поглощение элементов питания и тяжелых металлов сосной в условиях атмосферного загрязнения. *Вестник МГУ. Почвоведение*, 17.2, 9–15.
- Шпаківська, І. М. (2009). Балансова оцінка кругообігу вуглецю в екосистемах бореального ряду на верхній межі лісу у Чорногорі (Українські Карпати). *Наукові записки державного природничого музею*, 25, 91–98.
- Эсау, К. (1969). *Анатомия растений*. Москва: Мир.

- Юргенсон, Г. А., Солодухина, М. А., & Гудкова, О. В. (2006). К основам биогеохимического мониторинга в геотехногенных ландшафтах горнорудных территорий. *Вестник международной академии наук экологии, безопасности человека и природы*, 11(5), 119–123.
- Якименко, Ю. І., Сокол, Є. І., & Жуйков, В. Я. (2001). *Відновлювальні джерела енергії у локальних об'єктах*. Київ: Політехніка.
- Яковлева, С. О. (1999). Влияние избытка хрома (Cr^{3+} и Cr^{6+}) на формирование корневых систем декоративных цветочных растений разного возраста. *Питання біоіндикації та екології*, 4, 83–94.
- Яковлева-Носарь, С. О., & Костенко, Є. В. (2012). Реакція підросту деревних рослин на вплив надлишку хрому та його накопичення в тканинах. *Вісник Запорізького національного університету*, 3, 155–159.
- Якуба, М. С. (2008). Типологічні особливості накопичення важких металів у підстилці та опаді штучних насаджень Присамар'я Дніпровського. *Екологія та ноосферологія*, 19(3–4), 67–76.
- Янцев, А. В. (2012). *Выбор статистических критериев*. Симферополь: ТНУ.
- Adriano, D. C., Wenzel, W. W., Vangronsveld, J., & Bolan, N. S. (2004). Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. *Geoderma*, 122(2–4), 121–142. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.01.003
- Albers, A., Collet, P., Benoist, A., & Helias, A. (2019). Data and non-linear models for the estimation of biomass growth and carbon fixation in managed forests. *Data in Brief*, 23, 103841. DOI:10.1016/j.dib.2019.103841
- Alekseenko, V. A., Pashkevich, M. A., & Alekseenko, A. V. (2017). Metallisation and environmental management of mining site soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 174, 121–127. DOI:10.1016/j.gexplo.2016.06.010
- Alexander, M. (2000). Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants. *Environmental Science & Technology*, 34, 59–65. DOI:10.1021/es001069

- Alriksson, A., & Eriksson, H. M. (2001). Distribution of *Cd*, *Cu*, *Pb* and *Zn* in Soil and Vegetation Compartments in Stands of Five Boreal Tree Species in N. E. Sweden. *Water, Air & Soil Pollution: Focus*, 1(3–4), 461–475. DOI:10.1023/A:1017586406593
- Alves, L. F., & Santos, F. A. (2002). Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal Tropical Ecology*, 18(2), 245–260. DOI:10.1017/S026646740200216X
- Aman, M., Jafari, M., Reihan, M., Motesharezadeh, B., & Zare, S. (2018). Assessing the effect of industrial wastewater on soil properties and physiological and nutritional responses of *Robinia pseudoacacia*, *Cercis siliquastrum* and *Caesalpinia gilliesii* seedlings. *Journal of Environmental Management*, 217, 718–726. DOI:10.1016/j.jenvman.2018.03.087
- An, X., Wen, Y., Zhang, Y., & Xu, S. (2019). Evaluation of the forestry and environmental conservation policies in Western China with multi-output regression method: Original papers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 239–246. DOI:10.1016/j.compag.2018.12.035
- Anderson, A. I., Mayer, D. B., & Mayer, F. K. (1972). Heavy metal toxicities: levels of nickel, cobalt and chromium in the soil plants associated with visual symptoms and variation in growth of an oat crop. *Australian Journal of Agricultural Researches*, 24.4, 557–571.
- Appenroth, K. J. (2010). Definition of «heavy metals» and their role in biological systems. In book: Soil heavy metals. 19–29. DOI:10.1007/978-3-642-02436-8_2
- Bayer, D., Reischl, A., Rötzer, T., & Pretzsch, H. (2018). Structural response of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) to varying urban environments analyzed by terrestrial laser scanning: Implications for ecological functions and services. *Urban Forestry and Urban Greening*, 35, 129–138. DOI:10.1016/j.ufug.2018.08.011
- Bitterli, C., Bañuelos, G. S., Schulin, R. (2010). Use of transfer factors to characterize uptake of selenium by plants. *Journal of Geochemical Exploration*, 107, 206–216.

- Bencat, T. (1989). *Black locust biomass production in Southern Slovakia*. Bratislava: VEDA.
- Böhm, C., Quinkenstein, A., & Freese, D. (2011). Yield prediction of young black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantations for woody biomass production using allometric relations. *Annals Forest Resource*, 54, 215–227. DOI:10.15287/afr.2011.91
- Bongarten, B. C., Dudley, A. H., & Apsley, D. K. (1992). Environmental and genetic influences on short-rotation biomass production of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Georgia Piedmont. *Forest Ecology and Management*, 55, 315–331.
- Boring, L. R., & Swank, W. T. (1984). The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in forest succession. *Journal Ecology*, 72, 749–766. DOI:10.2307/2259529
- Bostyn, S., Destandau, E., Charpentier, J., Serrano, V., Seigneure, J., & Breton, C. (2018). Optimization and kinetic modelling of robinetin and dihydrorobinetin extraction from *Robinia pseudoacacia* wood. *Industrial Crops and Products*, 126, 22–30. DOI:10.1016/j.indcrop.2018.09.049
- Briffa, K. R., & Wigley, T. M. L. (1985). Soil moisture reconstruction using tree ring. *Climate Monitor*, 14(4), 106–113.
- Broido, A. A. (1969). Simple. *Journal of Polymer Science*, 7(3), 1761–1763.
- Brostow, W., Menard, K. P., & Menard, N. (2009). Combustion properties of several species of wood. *Chemistry and Chemical Technology*, 3(3), 173–176.
- Burner, D. M., Pote, D. H., & Ares, A. (2006). Foliar and shoot allometry of pollarded black locust, *Robinia pseudoacacia* L. *Agroforestry Systems*, 68, 37–42. DOI:10.1007/s10457-006-0001-y
- Camarero, J. J., & Gutiérrez, J. (2017). Wood density of silver fir reflects drought and cold stress across climatic and biogeographic gradients. *Dendrochronologia*, 101–112. DOI:10.1016/j.dendro.2017.07.005
- Cao, Y., & Chen, Y. (2017). Ecosystem C : N : P stoichiometry and carbon storage in plantations and a secondary forest on the Loess

- Plateau, China. *Ecological Engineering*, 105, 125–132. DOI:10.1016/j.ecoleng.2017.04.024
- Capozzi, F., Di Palma, A., Adamo, P., Spagnuolo, V., & Giordano, S. (2017). Monitoring chronic and acute PAH atmospheric pollution using transplants of the moss *Hypnum cupressiforme* and *Robinia pseudacacia* leaves. *Atmospheric Environment*, 150, 45–54. DOI:10.1016/j.atmosenv.2016.11.046
- Carl, C., Biber, P., Veste, M., Landgraf, D., & Pretzsch, H. (2018). Key drivers of competition and growth partitioning among *Robinia pseudoacacia* L. trees. *Forest Ecology and Management*, 430, 86–93. DOI:10.1016/j.foreco.2018.08.002
- Castedo-Dorado, F., Gómez-García, E., Diéguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., & Crecente-Campo, F. (2012). Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in northwest Spain. *Annals of Forest Science*, 69, 735–746. DOI:10.1007/s13595-012-0191-6
- Chen, L., Deng, Q., Yuan, Z., Mu, X., & Kallenbach, R. (2018). Age-related C : N : P stoichiometry in two plantation forests in the Loess Plateau of China. *Ecological Engineering*, 120, 14–22. DOI:10.1016/j.ecoleng.2018.05.021
- Chmura, D., Rahman, M., & Tjoelker, M. (2007). Crown structure and biomass allocation patterns modulate aboveground productivity in young loblolly pine and slash pine. *Forest Ecology and Management*, 243(2–3), 219–230. DOI:10.1016/j.foreco.2007.02.027
- Chodak, M., & Niklińska, M. (2010). The effect of different tree species on the chemical and microbial properties of reclaimed mine soils. *Biology and Fertility of Soils*, 46(6), 555–566. DOI:10.1007/s00374-010-0462-z
- Cierjacks, A., Kowarik, I., Joshi, J., Hempel, S., Ristow, M., Von der Lippe, M., & Weber, E. (2013). Biological Flora of the British Isles: *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Ecology*, 101, 1623–1640. DOI:10.1111/1365-2745.12162
- Clarkson, D. T., & Luttge, U. (1989). Mineral nutrition; divalent cations, transport and compartmentalization. *Progress in Botany*, 51, 93–112. DOI:10.1007/978-3-642-75154-7_7

- Clemens, S. (2001). Molecular Mechanisms of Plant Metal Tolerance and Homeostasis. *Planta*, 212, 475–486. DOI:10.1007/s004250000458
- Coetzee, J., Steynberg, J. P., & Steynberg, P. J. (1995). Oligomeric Flavanoids. Dimeric Prorobinetinidins from *Robinia pseudoacacia*. *Tetrahedron*, 51, 56–64.
- Converse, T. E., & Betters, D. R. (1995). Biomass yield equations for short rotation black locust plantations in the central Great Plains. *Biomass and Bioenergy*, 8, 251–254.
- Crosti, R., Agrillo, E., Ciccarese, L., Guarino, R., Paris, P., & Testi, A. (2016). Assessing escapes from short rotation plantations of the invasive tree species *Robinia pseudoacacia* L. in Mediterranean ecosystems: a study in central Italy. *Forest-Biogeosciences and Forestry*, 743. DOI:10.3832/ifor1526-009.
- Csiha, I. (2013). *Black locust forest as bee-forage. Black locust (Robinia pseudoacacia L.) Growing in Hungary*. Sárvár: ERTI.
- Cui, B., Kinjo, J., & Nohara, T. (1992). Triterpene Glycosides from the Bark of *Robinia pseudoacacia* L. Part I. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 40, 2995–2999. DOI:10.1248/cpb.40.2995
- Cui, B., Kinjo, J., & Nohara, T. (1993). Triterpene Glycosides from the Bark of *Robinia pseudoacacia* L. Part II. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 41, 553–556. DOI:10.1248/cpb.41.553
- Das, P., Samantaray, S., & Rout, G. R. (1997). Studies of cadmium toxicity in plants: a review. *Environment Pollution*, 98(1), 29–36. DOI:10.1016/s0269-7491(97)00110-3
- DeAngelis, D. L., Gardner, R. H., & Shugart, H. H. (1981). Productivity of forest ecosystems studied during the IBP: The woodlands data set. *Dynamic properties of forest ecosystems*, 567–672.
- Dolos, K., Bauer, A., & Albrecht, S. (2015). Site suitability for tree species: Is there a positive relation between a tree species' occurrence and its growth? *European Journal of Forest Research*, 134, 609–621. DOI:10.1007/s10342-015-0876-0
- Duan, L., Huang, M., Li, Z., Zhang, Z., & Zhang, L. (2017). Estimation of spatial mean soil water storage using temporal stability at the

- hillslope scale in black locust (*Robinia pseudoacacia*) stands. *Catena*, 156, 51–61. DOI:10.1016/j.catena.2017.03.023
- Duvigneaud, P., Kestemont, P., & Ambroes, P. (1977). Productivité primaire des forêts tempérées d'essences feuillues caducifoliées en Europe occidentale. *Productivity of forest ecosystems*, 259–270.
- Dünisch., O., Richter, H-G., & Koch, G. (2010). Wood properties of juvenile and mature heartwood in *Robinia pseudoacacia* L. *Wood Science and Technology*, 44, 301–313. DOI:10.1007/s00226-009-0275-0
- Eide, D. J. (2006). Zinc transporters and the cellular trafficking of zinc. *Biochimica et Biophysica Acta. Molecular Cell Research*, 1763(7), 711–722. DOI:10.1016/j.bbamcr.2006.03.005
- EPA (2007). Recent Climate Change: Atmosphere Changes. Climate Change Science Program. United States Environmental Protection Agency. *European Pharmacopoeia* (2001). 4th ed. Strastburg.
- European Pharmacopoeia*, (2001).
- Fajardo, A. (2016). Wood density is a poor predictor of competitive ability among individuals of the same species. *Forest Ecology and Management*, 372, 217–225. DOI:10.1016/j.foreco.2016.04.022
- Fan, M., Liu, Z., Nan, L., Wang, E., Chen, W., Lin, Y., & Wei, G. (2018). Isolation, characterization, and selection of heavy metal-resistant and plant growth-promoting endophytic bacteria from root nodules of *Robinia pseudoacacia* in a Pb/Zn mining area. *Microbiological Research*, 217, 51–59. DOI:10.1016/j.micres.2018.09.002
- Fang, J., Liu, G., & Xu, S. (1996). Biomass and net productivity of forest vegetation in China. *Acta Ecologica Sinica*, 16(5), 497–508.
- Fernández, S., Poschenrieder, C., Marcenò, C., Gallego, J. R., Jiménez-Gámez, D., Bueno, A., & Afif, E. (2017). Phytoremediation capability of native plant species living on Pb–Zn and Hg–As mining wastes in the Cantabrian range, north of Spain. *Journal of Geochemical Exploration*, 174, 10–20. DOI:10.1016/j.gexplo.2016.05.015

- Flury, Ph. (1892). Untersuchngen über Das Verhältniss Der Resigmasse zur Derbholmasse. *Mitt. Schweiz. Centralanstalt Forstl. Versuchswesen*, 2, 25–32.
- Forrester, D. I., Tachauer, I. H., Annighoefer, P., Barbeito, I., Pretzsch, H., Ruiz Peinado, R., Stark, H., Vacchiano, G., Zlatanov, T., Chakraborty, T., Saha, S. & Sileshi, G. W. (2017). Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate. *Forest Ecological Management*, 396, 160–175. DOI:10.1016/j.foreco.2017.04.011
- Freudenberg, K., & Hartmann, L. (1953). Constituents from *Robinia pseudoacacia*. *Naturwissenschaften*, 40, 413.
- Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. London, New York, San-Francisco: Academic press. DOI:10.1002/qj.49710443923
- Gargaglione, V., Luis, P., & Gerardo, R. (2010). Allometric relations for biomass partitioning of *Nothofagus antarctica* trees of different crown classes over a site quality gradient. *Forest Ecology and Management*, 259(6), 1118–1129. DOI:10.1016/j.foreco.2009.12.025
- Gasparini, P, Nocetti, M, Tabacchi, G, Tosi, V, & Reynolds, K. M. (2006). *Biomass equations and data for forest stands and shrublands of the Eastern Alps (Trentino, Italy)*. In: USDA General Technical Report PNW-GTR. Edinburg
- Giroud, G., Begin, J., Defo, M., & Ung, C. (2017). Regional variation in wood density and modulus of elasticity of Quebec's main boreal tree species. *Forest Ecology and Management*, 400, 289–299. DOI:10.1016/j.foreco.2017.06.019
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5, 3–8. DOI:10.2307/1174772
- Gough, C. M., Vogel, C. S., Schmid, H. P., & Curtis, P. S. (2008). Controls on annual forest carbon storage: lessons from the past and predictions for the future. *Bioscience*, 58(7), 609–622. DOI:10.1641/B580708
- Gritsan, Y. I., Sytnyk, S. A., Lovynska, V. M., & Tkalich, I. I. (2019). Climatogenic reaction of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus sylvestris* within Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27(1), 15–19.

- Gritzan, Y. I., Lovynska, V. M., Sytnyk, S. A., & Hetmanchuk, A. (2019). Dendroindication of ecoclimatic condition in forest remediation area within Northern Steppe of Ukraine. *Regulatory Mechanisms Biosystems*, 10(4), 457–463. Взято з <https://medicine.dp.ua/index.php/med/article/view/567/586>.
- Grünewald, H., Böhm, C., Quinkenstein, A., Grundmann, P., Eberts, J., & von Wühlisch, G. (2009). *Robinia pseudoacacia* L.: a lesser known tree species for biomass production. *Bioenergy Resourses*, 2, 123–133. DOI:10.1007/s12155-009-9038-x.
- Guo, S., Han, X., Li, H., Wang, T., Tong, X., Ren, G., Feng, Y., & Yang, G. (2018). Evaluation of soil quality along two revegetation chronosequences on the Loess Hilly Region of China. *Science of the Total Environment*, 633, 808–815. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.03.210
- Guoab, F., & Zhonga, Z. (2018). Co-combustion of anthracite coal and wood pellets: Thermodynamic analysis, combustion efficiency, pollutant emissions and ash slagging. *Environmental Pollution*, 239, 21–29. DOI:10.1016/j.envpol.2018.04.004
- Haberle, I., Skreiberg, O., Lazar, J., & Haugen, L. (2017). Numerical models for thermochemical degradation of thermally thick woody biomass, and their application in domestic wood heating appliances and grate furnaces. *Progress in Energy and Combustion Science*, 63, 204–252. DOI:10.1016/j.pecs.2017.07.004
- Hall, J. L. (2002). Cellular Mechanisms for Heavy Metal Detoxification and Tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1–11. DOI:10.1093/jexbot/53.366.1
- Hanover, J. W., Werner, D., & Mólle, P. (1990). *Physiological genetics of black locust (Robinia pseudoacacia L.): a model multipurpose tree species. Fast Growing Trees and Nitrogen Fixing Trees*. New York, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Hanzelka, J., & Reif, J. (2015). Responses to the black locust (*Robinia pseudoacacia*) invasion differ between habitat specialists and generalists in central European forest birds. *Journal Ornithol*, 156, 1015–1024. DOI:10.1007/s10336-015-1231-4.
- Harmon, M. E. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research*, 15, 133–302.

- Hasenauer, H., & Monserud, R. A. (1996). A crown ratio model for Austrian forests. *Forest Ecology and Management*, 84, 49–60. DOI:10.1016/0378-1127(96)03768-1
- He, S., Yang, X., He, Z., & Baligar, V. C. (2017). Morphological and Physiological Responses of Plants to Cadmium Toxicity: A Review. *Pedosphere*, 27(3), 421–438. DOI:10.1016/S1002-0160(17)60339-4
- Head, M., Bernier, P., Levasseur, A., Beauregard, R., & Margni, M. (2019). Forestry carbon budget models to improve biogenic carbon accounting in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 213, 289–299. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.12.122
- Hejnowicz, A., & Hejnowicz, Z. (1959). Variations of length of vessel members and fibers in the trunk of *Robinia pseudoacacia*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 28, 453–460.
- Hoffmann, C., & Usoltsev, A. (2002). Tree-crown biomass estimation in forest species of the Ural and of Kazakhstan. *Forest Ecology and Management*, 158(1–3), 59–69. DOI:10.1016/S0378-1127(00)00669-1
- Hongxiang, P., Banghua, M., Yongjian, C., Hongbo, Q., Shumei S., & Tai, W. (2016). Dynamic characteristics of soil properties in a *Robinia pseudoacacia* vegetation and coastal eco-restoration. *Ecological Engineering*, 92, 132–137.
- Horodecki, P., & Jagodziński, A. (2017). Tree species effects on litter decomposition in pure stands on afforested post-mining sites. *Forest Ecology and Management*, 406, 1–11. DOI:10.1016/j.foreco.2017.09.059
- Hu, B., Zhou, M., Dannenmann, M., Saiz, G., Simon, J., Bilela, S., Liu, X., Hou, L., Chen, H., Zhang, S., Butterbach-Bahl, K., & Rennenberg, H. (2017). Comparison of nitrogen nutrition and soil carbon status of afforested stands established in degraded soil of the Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 389, 46–58. DOI:10.1016/j.foreco.2016.12.011
- Huang, S., Jia, X., Zhao, Y., Bai, B., & Chang, Y. (2017). Elevated CO₂ benefits the soil microenvironment in the rhizosphere of *Robinia pseudoacacia* L. seedlings in Cd- and Pb-contaminated soils. *Chemosphere*, 168, 606–616. DOI:10.1016/j.chemosphere.2016.11.017

- Hudiburg, T., Law, B., & Turner, D. P. (2009). Carbon dynamics of Oregon and Northern California forests and potential land-base carbon storage. *Ecological Applications*, 19, 163–180. DOI:10.1890/07-2006.1
- Huntley, J. C., Burns, R. M., & Honkala, B. H. (1990). *Robinia pseudoacacia* L. (black locust). Silvics of North America. Hardwoods. *Agriculture Hand*, 654, 755–761.
- Husmann, K., & Möhring, B. (2017). Modelling the economically viable wood in the crown of European beech trees. *Forest Policy and Economics*, 78, 67–77. DOI:10.1016/j.forpol.2017.01.009
- Hüttl R., & Weber, E. (2001). Forest ecosystem development in post-mining landscapes: a case study of the Lusatian lignite district. *Naturwissenschaften*, 88, 322–329. DOI:10.1007/s001140100241.
- Iretskaya, S. N., Chien, S. H., & Menon, R. G. (1998). Effect of acidulation of high cadmium containing phosphate rocks on cadmium up take by upland rice. *Plant and Soil*, 201, 183–188. DOI:10.1023/A:1004323715299
- Ishaq, M., Hung, B., & Do, Q. (2019). Recent development in copula and its applications to the energy, forestry and environmental sciences: Review Article. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(36), 19453–19473 DOI:10.1016/j.ijhydene.2019.06.015
- Itoh, Y., Miura, S., & Yoshinaga, S. (2006). Atmospheric lead and cadmium deposition within forests in the Kanto district, Japan. *Journal of Forest Research*, 11(2), 137–142. DOI:10.1007/s10310-005-0196-1
- Jagodziński, A. M., Dyderski, M. K., Gęsikiewicz, K., & Horodecki, P. (2018). Tree- and stand-level biomass estimation in a *Larix decidua* Mill. chronosequence. *Forests*, 9, 587. DOI:10.3390/f9100587
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. DOI:10.1093/bmb/ldg032
- Jia, X., Zhao, Y., Liu, T., & He, Y. (2017). Leaf defense system of *Robinia pseudoacacia* L. seedlings exposed to 3 years of elevated atmospheric CO₂ and Cd-contaminated soils. *Science of the Total Environment*, 605–606, 48–57. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.06.172

- Jia, X., Zhang, C., Zhao, Y., Liu, T., & He, Y. (2018). Three years of exposure to lead and elevated CO₂ affects lead accumulation and leaf defenses in *Robinia pseudoacacia* L. seedlings. *Journal of Hazardous Materials*, 349, 215–223. DOI:10.1016/j.jhazmat.2018.02.002
- Jiang, H., Wang, J., Song, L., Cao, X., Yao, X., Tang, F., & Yue, Y. (2018). Chemical composition of an insecticidal extract from *Robinia pseudoacacia* L. seeds and its efficacy against aphids in oilseed rape. *Crop Protection*, 104, 1–6. DOI:10.1016/j.cropro.2017.10.004
- Johannesburg Declaration on Sustainable Development*. (2002). United Nations. <http://www.un-documents.net/jburgpln.htm>
- Jordan, C. F., Klive, J. R., & Sasscer, D. S. (1972). Relative stability of mineral cycles in forest ecosystems. *American nature*, 106, 237–253.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soil and plants*. 4nd ed. CRC Press. DOI:10.1201/b10158
- Kan, M., Saito, H., & Shidei, T. (1965). Studies on the productivity of evergreen broadleaved forests. *Bulletin Kyoto University Forestry*, 37, 55–75.
- Kauffman, J., Hughes, R., & Heider, C. (2009). Dynamics of C and nutrient pools associated with land conversion and abandonment in Neotropical landscapes. *Ecological Applications*, 19, 1211–1222.
- Keeling, H. C., & Phillips, O. L. (2007). The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 618–631. DOI:10.1111/j.1466-8238.2007.00314.x
- Khediye, E., Shirvany, A., Assareh, M., & Sharkey, T. (2017). In situ emission of BVOCs by three urban woody species. *Urban Forestry and Urban Greening*, 21, 153–157. DOI:10.1016/j.ufug.2016.11.018
- Kil, S. H., Kim, J. H., Newman, G., Park, G. S., Ohga, S. (2016). Estimation and Change in Carbon Stock of *Robinia pseudoacacia* L. in Seoul, Korea. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 61(1), 17–21.

- Kleinbauer, I., Dullinger, S., Peterseil, J., & Essl, F. (2010). Climate change must drive the invasive tree *Robinia pseudoacacia* into nature reserve and endangered habitats. *Biological Conservation*, 143(2), 382–390. DOI:10.1016/j.biocon.2009.10.024
- Kosheleva, N. E., Timofeev, I. V., Kasimov, N. S., Kisselyova, T. M., Alekseenko A. V., & Sorokina, O. I. (2016). *Trace Element Composition of Poplar in Mongolian Cities. Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems*. Switzerland: Springer International Publishing AG, 165–178. DOI:10.1007/978-3-319-24987-2_14
- Kou, M., Garcia-Fayos, P., Hu, S., & Jiao, J. (2016). The effect of *Robinia pseudoacacia* afforestation on soil and vegetation properties in the Loess Plateau (China): A chronosequence approach. *Forest Ecology and Management*, 375, 146–158. DOI:10.1016/j.foreco.2016.05.025
- Kroftová, M., & Reif, J. (2017). Management implications of bird responses to variation in non-native/native tree ratios within central European forest stands. *Forest Ecology and Management*, 391, 330–337. DOI:10.1016/j.foreco.2017.02.034
- Kubota, T., & Hase, T. (1966). Constituents of *Robinia pseudoacacia*. L. *Journal of the Chemical Society of Japan. Pure Chemistry*, 87, 1201–1205.
- Kuznetsova, T., Lukjanova, A., Mandre, M., & Lõhmus, K. (2011). Aboveground biomass and nutrient accumulation dynamics in young black alder, silver birch and Scots pine plantations on reclaimed oil shale mining areas in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 262, 56–64. DOI:10.1016/j.foreco.2010.09.030
- Lakyda, P., Lovynska, V., Sytnyk, S., Lakyda, I., Gritzan, Y., & Hetmanchuk, A. (2019). Stem production of Scots pine and black locust stands in Ukraine's Northern Steppe. *Journal of Forest Science*, 65, 461–471.
- Larjavaara, M., & Muller-Landau, H. C. (2010). Rethinking the value of high wood density. *Functional Ecology*, 24, 701–705. DOI:10.1111/j.1365-2435.2010.01698.x
- Lazzaro, L., Mazza, G., d'Errico, G., Fabiani, A., Giuliani, C., Inghilesi, A., Lagomarsino, A., Landi, S., Lastrucci, L., Pastorelli, R., Roversi, P., Torrini, G., Tricarico, E., & Foggi, B. (2018). How

- ecosystems change following invasion by *Robinia pseudoacacia*: Insights from soil chemical properties and soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities. *Science of the Total Environment*, 622–623, 1509–1518. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.10.017
- Le Chatelier, H. M. (2003). The methodology of science research. *Journal of Chemical Education*, 7, 25–84. DOI:10.1021/ed007p2584
- Ledermann, T., & Neumann, M. (2006). Biomass equations from data of old long-term experimental plots. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 123, 47–64.
- Li, G., Xu, G., Guo, K., & Du, S. (2014). Mapping the global potential geographical distribution of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) using herbarium data and maximum entropy model. *Forests*, 5, 2773–2792. DOI. 10.3390/f5112773.
- Li, G., Zhang, X., Huang, J., Wen, Z., & Du, S. (2018). Afforestation and climatic niche dynamics of black locust (*Robinia pseudoacacia*). *Forest Ecology and Management*, 407, 184–190. DOI:10.1016/j.foreco.2017.10.019
- Liang, H., Xue, Y., Li, Z., Wang, S., Wu, X., Gao, G., Liu, G., & Fu, B. (2018). Soil moisture decline following the plantation of *Robinia pseudoacacia* forests: Evidence from the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management*, 412, 62–69. DOI:10.1016/j.foreco.2018.01.041
- Lin, J., Kroll, C. N., Nowak, D. J., & Greenfield, E. J. (2019). A review of urban forest modeling: Implications for management and future research. *Urban Forestry & Urban Greening*, 43, 126–166. DOI:10.1016/j.ufug.2019.126366
- Little, E. L. (1976). *Atlas of United States Trees. Minor Western Hardwoods*. Washington: U.S. Department of Agriculture.
- Liu, D., Huang, Y., Sun, H., & An, S. (2018). The restoration age of *Robinia pseudoacacia* plantation impacts soil microbial biomass and microbial community structure in the Loess Plateau. *Catena*, 165, 192–200. DOI:10.1016/j.catena.2018.02.001
- Liu, J., Dang, P., Gao, Y., Zhu, H., Zhao, F., & Zhao, Z. (2018). Effects of tree species and soil properties on the composition and diversity of the soil bacterial community following afforestation. *Forest*

- Ecology and Management*, 427, 342–349.
DOI:10.1016/j.foreco.2018.06.017
- Liu, Y., Gong, W., Xing, Y., Hu, X., & Gong, J. (2019). Estimation of the forest stand mean height and aboveground biomass in Northeast China using SAR Sentinel-1B, multispectral Sentinel-2A, and DEM imagery. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 151, 277–289. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2019.03.016
- Liu, J., Ngoc, V., Shen, Z., Dang, P., Zhu, H., Zhao, F., & Zhao, Z. (2018). Response of the rhizosphere microbial community to fine root and soil parameters following *Robinia pseudoacacia* L. afforestation. *Applied Soil Ecology*, 132, 11–19. DOI:10.1016/j.apsoil.2018.08.004
- Longuetaud, F., Mothe, F., Fournier, M., Dlouha, J., Santenoise, Ph., & Deleuze, Ch. (2016). Within-stem maps of wood density and water content for characterization of species: a case study on three hardwood and two softwood species. *Annals of Forest Science*, 73, 601–614.
- Lovynska, V., & Sytnyk, S. (2016). The structure of Scots pine and Black locust forests in the Northern Steppe of Ukraine. *Journal Forest Science*, 62(7), 329–336. DOI:10.17221/120/2015-JFS
- Lovynska, V., Sytnyk, S., & Gritsan, Yu. (2018). Energy potential of main forest-forming species of stands in the Northern Steppe, Ukraine. *Journal Forest Science*, 64, 25–32. Взято з: <https://Рдст fs.semanticscholar.org/29c1/05186b9b70be60d4c9023c16d91b85263b88>.Рдст f.
- Lovynska, V., Sytnyk, S., Kharytonov, M., Katan, L., & Gumentyuk, M. (2016). Urban Forests Biometric Assessment in the Northern Steppe of Ukraine. *Miestų želdynų formavimas*, 1(13), 228–236.
- Luo, T. (1996). Patterns of biological production and its mathematical models for main forest types of China. Beijing.
- Machado, J. S., Louzada, J. S., Santos, A., Nunes, L., Anjos, O., Rodrigues, J., & Simões, R. (2014). Variation of wood density and mechanical properties of blackwood (*Acacia melanoxylon* R. Br.). *Materials & Design*, 56, 975–980. DOI:10.1016/j.matdes.2013.12.016
- Magel, E., Jay-Allemand C., & Ziegler, H (1994). Formation of heartwood substances in the stemwood of *Robinia*

- pseudoacacia*. Distribution of nonstructural carbohydrates and wood extractives across the trunk. *Trees*, 8, 165–171. DOI:10.1007/BF00196843
- Malcolm, G. M., Bush, D. S., & Rice, S. K. (2008). Soil nitrogen conditions approach preinvasion levels following restoration of nitrogen-fixing black locust (*Robinia pseudoacacia*) stands in a Pine-oak ecosystem. *Restoration Ecology*, 16, 70–78. DOI:10.1111/j.1526-100X.2007.00263.x.
- Mantovani, D., Veste, M., & Freese, D. (2014). Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) ecophysiological and morphological adaptations to drought and their consequence on biomass production and water-use efficiency. *New Zealand Journal of Forest Science*, 44, 29–38. DOI:10.1186/s40490-014-0029-0.
- Mao, P., Tang, Q., Cao, B., Liu, J., Shao, H., Cao, Z., Hao, M., & Zhu, Z. (2017). Eco-physiological adaptability in mixtures of *Robinia pseudoacacia* and *Fraxinus velutina* and coastal eco-engineering. *Ecological Engineering*, 106, 109–115. DOI:10.1016/j.ecoleng.2017.05.021
- Marguá, E., Iglesias, M., Camps, F., Sala, L., & Hidalgo, M. (2015). Long-term use of biosolids as organic fertilizers in agricultural soils: potentially toxic elements occurrence and mobility. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4454–4464. DOI:10.1007/s11356-015-5618-9
- Marmioli, M., Pietrini, F., Maestri, E., Zacchini, M., Marmioli, N., & Massacci, A. (2011). Growth, physiological and molecular traits in Salicaceae trees investigated for phytoremediation of heavy metals and organics. *Tree Physiology*, 31, 1319–1334. DOI:10.1093/treephys/tpr090
- Matthews, G. (1993). The Carbon Contents of Tree. *Forestry Commission*, 4, 1–21.
- Mendoza-Ponce, A., & Galicia, L. (2010). Aboveground and belowground biomass and carbon pools in highland temperate forest landscape in central Mexico. *Forestry*, 83(5), 497–506.
- Morimoto, J., Kominami, R., & Koike, T. (2010). Distribution and characteristics of the soil seed bank of the black locust (*Robinia pseudoacacia*) in a headwater basin in northern Japan. *Landscape*

- and Ecological Engineering*, 6, 193–199. DOI:10.1007/s11355-009-0096-1.
- Mortensen, L. H., Rønn, R., & Vestergard, M. (2018). Bioaccumulation of cadmium in soil organisms – With focus on wood ash application. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156(30), 452–462. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.03.018
- Mounford, M. D., & Bunce, R. G. T. (1973). Regression sampling with allometrically related variables with particular reference to productions studied. *Forestry*, 46(2), 203–212.
- Möller, C. M., Müller, D., & Nielsen, J. (1954). Graphic presentation of dry matter production of European beech. *Det Forstlige Forsøgsvaesen i Danmark*, 21, 327–335.
- Nadgórska–Socha, A., Kandziora-Ciupa, M., Trzęsicki, M., & Barczyk, G. (2017). Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes. *Chemosphere*, 183, 471–482. DOI:10.1016/j.chemosphere.2017.05.128
- Nasir, H., Iqbal, Z., Hiradate, S., & Fujii, Y. (2005). Allelopathic potential of *Robinia pseudoacacia* L. *Journal of Chemical Ecology*, 31, 2179–2192. DOI:10.1007/s10886-005-6084-5.
- Nguyen, H., Firn, J., Lamb, D., & Herbohn, J. (2014). Wood density: A tool to find complementary species for the design of mixed species plantations. *Forest Ecology and Management*, 334, 106–113.
- Ni, J. (2003). Net primary productivity in forests of China: scaling-up of national inventory data and comparison with model predictions. *Forest Ecology and Management*, 176, 485–495. DOI:10.1016/S0378-1127(02)00312-2
- Ni, K., Yang, H., Hua, W., Wang, Y., & Pang, H. (2016). Selection and characterization of lactic acid bacteria isolated from different origins for ensiling *Robinia pseudoacacia* and *Morus alba* L. leaves. *Journal of Integrative Agriculture*, 15, 2353–2362. DOI:10.1016/S2095-3119(15)61251-5
- Niu, S., Ren, L., Song, L., Duan, Y., Huang, T., Han, X., & Hao, W. (2017). Plant stoichiometry characteristics and relationships with soil nutrients in *Robinia pseudoacacia* communities of different

- planting ages. *Acta Ecologica Sinica*, 37(6), 355–362. DOI:10.1016/j.chnaes.2017.10.003
- Nogueira, E., Fearnside, Ph., & Nelson, B. (2008). Normalization of wood density in biomass estimates of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 256(5), 990–996.
- Noh, N. J., Son, Y., Koo, J. W., Seo, K. W., Kim, R. H., Lee, Y. Y., & You, K. S. (2010). Comparison of nitrogen fixation for North- and South-facing *Robinia pseudoacacia* stands in central Korea. *Journal of Plant Biology*, 53, 61–69. DOI:10.1007/s12374-009-9088-9.
- Nord-Larsen, T. & Nielsen, A. T. (2015). Biomass, stem basic density and expansion factor functions for five exotic conifers grown in Denmark. *Scandinavian Journal Forest Recourses*, 30, 135–153. DOI:10.1080/02827581.2014.986519
- Oliveira, N., Río, M., Forrester, D., Rodríguez-Soalleiro, R., Pérez-Cruzado, C., Cañellas, I., & Sixto, H. (2018). Mixed short rotation plantations of *Populus alba* and *Robinia pseudoacacia* for biomass yield. *Forest Ecology and Management*, 410, 48–55. DOI:10.1016/j.foreco.2017.12.034
- O'Neill, R. V., & DeAngelis, D. L. (1981). *Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems. Dynamic properties of forest ecosystems*. Cambridge: University Press.
- Órfão, J. J. M., Antunes, F. J. A., & Figueiredo, J. L. (1999). Pyrolysis kinetics of lignocellulosic materials – three independent reactions model. *Fuel*, 78, 349–358.
- Pandey, A., Bhaskar, T., Stöcker, M., & Sukumaran, M. (2015). *Recent Advances in Thermochemical Conversion of Biomass*. Elsevier.
- Phan, S. M., Nguyen, H. T. T., Nguyen, T. K., & Lovelock, C. (2019). Modelling above ground biomass accumulation of mangrove plantations in Vietnam. *Forest Ecology and Management*, 432, 376–386. DOI:10.1016/j.foreco.2018.09.028
- Pegou, A. (1952). *The Economics of Welfare*. London-Cambridge: McMillan.
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 15–39.

-
- Pollet, C., Jourez, B., & Hebert, J. (2008). Natural durability of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) wood grown in Wallonia, Belgium. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 1366–1372. DOI:10.1139/X07-244
- Poletto, M., Dettenborn, J., Pistor, V., Zeni, M., & Zattera, A. J. (2010). Materials produced from plant biomass. Part I: Evaluation of thermal stability and pyrolysis of wood. *Journal of Materials Research*, 13(3), 375–379. DOI:10.1590/S1516-14392010000300016
- Prasad, M. N. V. (2001). *Metals in the environment – analysis by biodiversity*. New York: Marcel Dekker.
- Prasad, M. N. V. (2005). Nickelophilous plants and their significance in phytotechnologies. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 113–128. DOI:10.1590/S1677-04202005000100010
- Prasad, M. N. V., & Hagemeyer, J. (1999). *Heavy Metal Stress in Plants. From Molecules to Ecosystems*. Springer. Verlag. Berlin. Heidelberg. DOI:10.1007/978-3-662-07745-0
- Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Rötzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Con, T., Chavanne, A., Seifert, T., Toit, B., Farnden, G., & Pauleit, S. (2015). Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centers, parks, and forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14, 466–479. DOI:10.1016/j.ufug.2015.04.006
- Pretzsch, H., & Dieler, J. (2011). Evidence of variant intra- and interspecific scaling of tree crown structure and relevance for allometric theory. *Oecologia*, 169, 637–649. DOI:10.1007/s00442-011-2240-5
- Pritzkow, C., Heinrich, I., Grudd, H., & Helle, G. (2014). Relationship between wood anatomy, tree-ring widths and wood density of *Pinus sylvestris* L. and climate at high latitudes in northern Sweden. *Dendrochronologia*, 32(4), 295–302. DOI:10.1016/j.dendro.2014.07.003
- Qin, J., Xi, W., Rahmlow, A., Kong, H., Zhang, Z., & Shangguan, Z. (2016). Effects of forest plantation types on leaf traits of *Ulmus pumila* and *Robinia pseudoacacia* on the Loess Plateau, China. *Ecological Engineering*, 416–425. DOI:10.1016/j.ecoleng.2016.10.038

- Rahman, M., Moser, A., Gold, A., Rötzer, T., & Pauleit, S. (2018). Vertical air temperature gradients under the shade of two contrasting urban tree species during different types of summer days. *Science of the Total Environment*, 633, 100–111. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.03.168
- Radtke, A., Ambrab, S., Zerbe, S., Tonon, G., Fontana, V., & Ammer, C. (2013). Traditional coppice forest management drives the invasion of *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* into deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, 291, 308–317. DOI:1016/j.foreco.2012.11.022.
- Rahmonov, O. (2009). The chemical composition of plant litter of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and its ecological role in sandy ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 29, 237–243. DOI:10.1016/j.chnaes.2009.08.006
- Raschka, H. D., & Auer, D. (1996). Biomasse-Versuchsflächenergebnisse für Pappel und Weide. *Österreichische Forstzeitung*, 107(3), 49–51.
- Rédei, K. (1996). *Black locust growing in Hungary*. Budapest: Hungarian Forest Research Institute.
- Rédei, K., Csiha, I., Keseru, Z., Rásó, J., Kamandiné Végh, Á., & Antal, B. (2014). Growth and yield of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands in Nyírség growing region (North-East Hungary). *South-east European forestry*, 5, 13–22. DOI:10.15177/seefor.14-04
- Rédei, K., Osváth-Bujtás, Z., Veperdi, I. (2008). Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) improvement in Hungary: a review. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 4, 127–132.
- Redovniković, R., De Marco, A., Proietti, C., Hanousek, K., Sedak, M., Bilandžić, N., & Jakovljević, T. (2017). Poplar response to cadmium and lead soil contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 144, 482–489. DOI:10.1016/j.ecoenv.2017.06.011
- Reichard, S. E. (1994). *Assessing the potential of invasiveness in woody plants introduced in North America*. Seattle: University of Washinfon.
- Reid, R. H., Dunbar, K. R., & McLaughlin, M. J. (2003). Cadmium loading into potato tubers: the roles of the periderm, xylem and

- phloem. *Plant, Cell and Environment*, 26(2), 201–206. DOI:10.1046/j.1365-3040.2003.00945.x
- Reinsvold, R. J., & Pope, Ph. E. (1987). Combined effect of soil nitrogen and phosphorus on nodulation and growth of *Robinia pseudoacacia*. *Canadian Journal of Forest Research*, 17(8), 964–969.
- Roaki, I., Sillett, S., & Carroll, A. (2017). Crown dynamics and wood production of Douglas-fir trees in an old-growth forest. *Forest Ecology and Management*, 384, 157–168. DOI:10.1016/j.foreco.2016.10.047
- Roberts, D. R., & Carpenter, S. B. (1983). The influence of seed scarification and site preparation on establishment of black locust on surface-mined sites. *Tree Planters' Notes*, 34, 28–30.
- Romanovsky, V., Dobrowolska, E., Kozakiewicz, P., & Jegorowa, A. (2016). Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. *Forestry and Wood Technology*, 93, 141–147.
- Roque-Alvarezah, F. S., Sosa-Rodriguezb, J., Vazquez-Arenasc, M. A., Escobedo-Bretadoa, I., Labastidad, J. J., Corral-Rivase, A., Aragon-Pinaf, M., Armientag, A., Ponce-Peña, P., & Laraa, R. H. (2018). Spatial distribution, mobility and bioavailability of arsenic, lead, copper and zinc in low polluted forest ecosystem in North-western Mexico. *Chemosphere*, 210, 320–333. DOI:10.1016/j.chemosphere.2018.07.004
- Ross, S. M. (1994). *Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. Toxic metals in soil-plant system*. New York: Wiley.
- Rossit, D. A., Olivera, A., Cespedes, V. V., & Broz, D. (2019). A Big Data approach to forestry harvesting productivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 29–52. DOI:10.1016/j.compag.2019.02.029
- Safi, M. J., Mishra, I. M., & Prasad, B. (2004). Global degradation kinetics of pine needles in air. *Thermochimica Acta*, 412(1–2), 158–167. DOI:10.1016/j.tca.2003.09.017
- Sala, A., Pitarch, J. L., Bernal, M., Jaadari, A., & Guerra, T. M. (2011). Fuzzy polynomial observers. *IFAC Proceedings Volumes*, 44(1), 12772–12776. DOI:10.3182/20110828-6-IT-1002.02441

- Sanz, M., Fernandez de Simon, B., Esteruelas, E., Muñoz, A., Cadahía, E., Hernandez, T., Estrella, I., & Pinto, E. (2011). Effect of toasting intensity at cooperage on phenolic compounds in acacia (*Robinia pseudoacacia*) heartwood. *Journal of Agricultural and Food Chemestri*, 59, 3135–3145. DOI:10.1021/jf1042932
- Satto, T., & Madgwick, H. (1982). *Forest Biomass*. Netherland: The Hague.
- Scheffer, T., & Hopp, H. (1949). Decay resistance of black locust heartwood. *US Department of Agriculture Technical Bulletin*, 984, Washington.
- Schepaschenko, D., Moltchanova, E., Shvidenko, A., Blyshchyk, V., Dmitriev, E., Martynenko, O., See, L., & Kraxner, F. (2018). Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests. *Forests*, 9, 312. DOI:10.3390/f9060312
- Sebio-Puñal, T., Naya, S., López-Beceiro, J., TarríoSaaverda, J., & Artiaga, R. (2012). Thermogravimetric analysis of wood, holocellulose, and lignin from five wood species. *Journal of Thermal Analysis of Calorimetry*, 109(3), 1163–1167.
- Sergent, T., Kohnen, S., Jourez, B. Beauve, C., Schneider, J. Y, & Vincke, C. (2014). Characterization of Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) heartwood extractives: identification of resveratrol and piceatannol. *Wood Science and Technology*, 48(5), 1005–1017. DOI:10.1007/s00226-014-0656-x
- Shahid, M., Pourrut, B., Dumat, C., Nadeem, M., Aslam, M., & Pinelli, E. (2014). Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 232, 1–44. DOI:10.1007/978-3-319-06746-9_1
- Shen, D. K., Gu. S., Luo, K. H., Bridgwater, A. V., & Fang, M. X. (2009). Kinetic study on thermal decomposition of woods in oxidative environment. *Fuel*, 88, 1024–1030. DOI:10.1016/j.fuel.2008.10.034
- Sheng, M., Chen, X., Zhang, X., Hamel, C., Cui, X., Chen, J., Chen, H., & Tang, M. (2017). Changes in arbuscular mycorrhizal fungal attributes along a chronosequence of black locust (*Robinia pseudoacacia*) plantations can be attributed to the plantation-induced variation in soil properties. *Science of the Total*

- Environment*, 599-600, 273–283.
DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.04.199
- Shvidenko, A., Schepschenko, D., Nilsson, S., & Bouloui, Y. (2007). Semi-empirical models for assessing biological productivity of Northern Eurasian forests. *Ecological Modelling*, 204, 163–179. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2006.12.040
- Shvidenko, A., Schepschenko, D., Nilsson, S., & Obersteiner, M. (2004). Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality. *Wood Energy*, 5, 323–340.
- Shvidenko, A., Lakyda, P., & McCallum, I. (2008). *Carbon, Climate and Managed Land in Ukraine: Integrated Data and Models of Land Use for NEESI (Forest Sector)*. Report on work of the International Institute for Applied System Analysis. Laxenburg, Austria.
- Sitzia, T., Cierjacks, A., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Robinia pseudoacacia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., & Mauri, A. (Eds.). *European Atlas of Forest Tree Species*. Luxembourg: Publication office of the European Union.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. DOI:10.1016/j.jbusres.2019.07.039
- Sprugel, D. G. (1983). Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology*, 64, 209–210. DOI:10.2307/1937343
- Stolarski, M. J., Krzyzaniak, M., Szczukowski, S., Tworkowski, J., & Bieniek, A. (2013). Dendromass derived from agricultural land as energy feedstock. *Polish Journal Environmental Studies*, 22, 511–520.
- Sun, H., Koal, P., Gerl, G., Schroll, R., Joergensen, R., & Munch, J. (2017). Response of water extractable organic matter and its fluorescence fractions to organic farming and tree species in poplar and robinia-based alley cropping agroforestry systems. *Geoderma*, 290, 83–90. DOI:10.1016/j.geoderma.2016.12.014
- Sustainable development – Agenda 21*. (1993). New York: United Nations.

- Sustainable development. European list of criteria and most suitable quantitative indication.* (1993). Ministerial conference on the Protection of Forest in Europe. Helsinki. Ministry of Agriculture and Forestry.
- Sytnyk, S. A. (2016). Heavy metals accumulation in wood tissues of the forest-forming species grown in the Steppe technogenic landscapes in Ukraine. *Conference Paper General Assembly European Geoscience Union. 17–22 April, 2016.* Vienna. Взято з <https://egu2016.eu/home.html>
- Sytnyk, S. (2018). Reclamation Potential of *Robinia pseudoacacia* L. on Mining Rock within Steppe Zone of Ukraine. *In Proceedings of the International Conference «Applied Biotechnology in Mining».* April 25–27, 2018. (p. 38). Dnipro, Ukraine. Взято з <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/152950/discover>
- Sytnyk, S., Lovynska, V., & Gritsan, Y. (2016). The analysis of the taxation structure *Robinia pseudoacacia* L. stands in the forests within of Northern Steppe, Ukraine. *Agriculture & Forestry*, 62(4), 153–160. DOI:10.17707/AgricultForest.62.4.18
- Sytnyk, S. A., Lovynska, V. M., & Gritsan, Yu. (2018). *Robinia pseudoacacia* L. stand leaf area index within Steppe zone of Ukraine. *Abstract book 1st International Gap Agriculture and Livestock Congress, 25–27 April 2018 p.* (p. 77). Sanliurfa, Turkey. Взято з <http://www.igap.turkiyecongress.com>
- Sytnyk, S., Lovynska, V., & Lakyda, I. (2017). Foliage biomass qualitative indices of selected forest forming tree species in Ukrainian Steppe. *Folia Oecologica*, 44, 38–45. DOI:10.1515/foecol-2017-0005
- Sytnyk, S., Lovynska, V., Lakyda, P., & Maslikova, K. (2018). Basic density and crown parameters of forest forming species within Steppe zone in Ukraine. *Folia Oecologica*, 45, 82–91. DOI: 10.2478/foecol-2018-0009
- Sytnyk, S., Lovynska, V., Kharytonov, M., Katan, L., & Gumentyk, M. (2017). Heavy Metals Accumulation in Wood Tissue of the Main Forest Forming Species in Northern Steppe of Ukraine. *Miesty želdynų formavimas*, 1(14), 202–209.
- Sytnyk, S., Lovynska, V., Kharitonov, M., & Loza, I. (2015). Effect of forest site type on the growing stock of forest-forming species

- under conditions of the Dnieper Steppe, Ukraine. Book of proceedings Sixth International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2015”. 2118–2125. Взято з <http://www.agrosym.rs.ba>.
- Sytnyk, S., Zverkovsky, V., Kharytonov, M., Klimkina, I., & Lovynska, V. (2018). Environmental Feasibility of Forest Reclamation of Mining Dumps of the Western Donbass. *Scientific Journal of Klaipeda State College. Miestų želdynų formavimas*, 1(15), 268–275.
- Szaban, J., Kowalkowski, W., Karaszewski, Z., & Jakubowski, M. (2014). Effect of tree provenance on basic wood density of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) grown on an experimental plot at Siemianice Forest Experimental Station. *Drewno*, 57(191), 135–144. DOI:10.12841/wood.1644-3985.061.10
- Tan, A. G., & Stotta, J. B. (1989). Fluidized-bed differential thermal analysis of wood. *Fuel*, 68(10), 1275–1279. DOI:10.1016/0016-2361(89)90242-1
- Teobaldelli, M., Somogyi, Z., Migliavacca, M. & Usoltsev, V. A. (2009). Generalized functions of biomass expansion factors for conifers and broadleaved by stand age, growing stock and site index. *Forest Ecology Management*, 257, 1004–1013. DOI:10.1016/j.foreco.2008.11.002
- Thapa, G., Sadhukhan, A., Panda, S. K., & Sahoo, L. (2012). Molecular mechanistic model of plant heavy metal tolerance. *Biometals*, 25, 489–505. DOI:10.1007/s10534-012-9541-y
- Tian, F., & McLaughlin, J. (2000). Bioactive flavonoids from the black locust tree, (*Robinia pseudoacacia* L.). *Pharmaceutical Biology*, 38, 229–234. DOI:10.1076/1388-0209(200007)3831-SFT229
- Tokar, A. V., Sytnyk, S. A., Lovynska, V. M., & Kharytonov, M. M. (2019). The quantum-chemical investigation of the air absorption characteristics for some structural fragments of lignin macromolecules. *Тези доповідей учасників III всеукраїнської наукової конференції «Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2018», 10 квітня 2019 р.* (с. 104–108). Дніпро. Взято з

<https://drive.google.com/file/d/117zLbKtoKwpbLDvXMRvsQ1Y5msueWuZ7/view>

- Toumi, M., Barris, S., Seghiri, M., Cheriguene, H., & Aid, F. (2017). Effect of several methods of scarification and osmotic stress on seed germination of *Robinia pseudoacacia* L. *Comptes Rendus – Biologies*, 340(5), 264–270. DOI:10.1016/j.crvi.2017.02.002
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14, 207–222. DOI: 10.1111/1467-8551.00375
- Unruh Snyder, L. J., Mueller, J. P., Luginbuhl, J. M., & Brownie, C. (2007). Growth characteristics and allometry of *Robinia pseudoacacia* as a silvopastoral system component. *Agroforestry Systems*, 70, 41–51. DOI:10.1007/s10457-007-9035-z
- Uri, V., Varik, M., Aosaar, J., Kanal, A., Kukumägi, M., & Lõhmus, K. (2012). Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. *Forest Ecology Management*, 267, 117–126. DOI:10.1016/j.foreco.2011.11.033
- Vasylieva, N., & Sytnyk, S. (2019). Agricultural Greenhouse Gas Emissions: Ukrainian Involvement in the Global Ecological Challenge. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*, 75(3), 21–32. Взято з <http://erem.ktu.lt/index.php/erem/article/view/24313>.
- Verbruggen, N., Hermans, C., & Schat, H. (2009). Molecular mechanisms of metal hyperaccumulation in plants. *New Phytologist*, 181(4), 759–776. DOI:10.1111/j.1469-8137.2008.02748.x
- Verwijst, T., (1991). Logarithmic transformations in biomass estimation procedures: violation of the linearity assumption in regression analysis. *Biomass and Bioenergy*, 1, 175–180. DOI:10.1016/0961-9534(91)90026-9
- Vichnevsky, S., Fuhr, B., & Melnichuk, J. (2003). Characterization of wood and non-wood mechanical pulps by differential thermal analysis. *Journal of Pulp and Paper Science*, 29(1), 17–20.
- Vítková, M., Müllerová, J., Sadlo, J., Pergl, J., & Pyšek, P. (2017). Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A

- story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 384, 287–302. DOI:10.1016/j.foreco.2016.10.057
- Vítková, M., Pergl, J., & Sádlo, J. (2016). Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.): from global ecology to local management – a case study from the Czech Republic. In: Krumm, F., Vítková, L. (Eds.). *Introduced Tree Species in European Forests: Opportunities and Challenges*. Freiburg: European Forest Institute.
- Vítková, M., Tonika, J., & Müllerová, J. (2015). Black locust – successful invader of a wide range of soil conditions. *Science of the Total Environment*, 505, 315–328. DOI:10.1016/j.scitotenv.2014.09.104.
- Walkovszky, A. (1998). Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 41, 155–160. DOI:10.1007/s004840050069
- Wareing, P., & Roberts, D. (1956). Photoperiodic control of cambial activity in *Robinia pseudoacacia* L. *New Phytologist*, 55, 356–366. DOI:10.1111/j.1469-8137.1956.tb05295.x
- Warne, A. (2016). *Black locust (Robinia pseudoacacia L.). Best management practices in Ontario*. Ontario invasive plant council. Peterborough.
- Wein, K. (1930). Die erste Einführung nordamerikanischer Gehölze in Europa. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*, 42, 137–163.
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52, 546–553. DOI:10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x
- Woch, M. W. (2018). Factors of variation in beech forest understory communities on waste heaps left by historical Zn–Pb ore mining. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164(30), 681–689. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.08.067
- Woch, M. W., Stefanowicz, A. M., & Stanekb, M. (2017). Waste heaps left by historical Zn–Pb ore mining are hotspots of species diversity of beech forest understory vegetation. *Science of The Total Environment*, 599–600, 32–41. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.04.197

- Wojda, T., Klisz, M., Jastrzebowski, A., Mionskowski, M., Szyborowska, I., & Szczygiel, K. (2015). The geographical distribution of the black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Poland and its role on non-forest land. *Papers on Global Change IGBP*, 22(1), 101–113.
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Ecology*, 20, 1–21. DOI:10.5402/2011/402647
- Xiao J., Chevallier, F., Gomez, C., Guanter, L., Hicke, J. A., Huete, A. R., Zhang, X. (2019): Remote sensing of the terrestrial carbon cycle: A review of advances over 50 years. *Remote Sensing of Environment*, 233, 111383. DOI:10.1016/j.rse.2019.111383
- Yan, W., Zhong, Y., & Shanguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. DOI:10.1016/j.envexpbot.2017.03.009
- Yang, S., Li, G., Zhao, Z., Feng, M., Fu, J., Huang, Z., Song, M., & Lin, S (2017). The Taishan *Robinia pseudoacacia* polysaccharides enhance immune effects of rabbit haemorrhagic disease virus inactivated vaccines. *Microbial Pathogenesis*, 112, 70–75. DOI:10.1016/j.micpath.2017.09.037
- Yang, X., Feng, Y., He, Z., & Stoffella, P. J. (2005). Molecular Mechanisms of Heavy Metal Hyperaccumulation and Phytoremediation. *Journal of Trace Element in Medicine and Biology*, 18, 339–353. DOI:10.1016/j.jtemb.2005.02.007
- Yuan, Y., Zhao, Z., Niu, S., Li, X., Wang, Y., & Bai, Z. (2018). Reclamation promotes the succession of the soil and vegetation in opencast coal mine: A case study from *Robinia pseudoacacia* reclaimed forests, Pingshuo mine, China. *Catena*, 165, 72–79. DOI:10.1016/j.catena.2018.01.025
- Zhang, L., & Song, F. (2005). Influence of zinc bringing in soil on cadmium absorption and accumulation of the maize plants at the different cadmium concentrations. *Journal Agro-Environment Science*, 24(6), 1054–1058.
- Zhang, W., Brandt, M., Wang, Q., Prishchepov, A. V., Tucker, C. J., Li, Y., & Fensholt, R. (2019). From woody cover to woody

- canopies: How Sentinel-1 and Sentinel-2 data advance the mapping of woody plants in savannas. *Remote Sensing of Environment*, 234, 111465. DOI:10.1016/j.rse.2019.111465
- Zhao, Y., Jia, X., Wang, W., Liu, T., Huang, S., & Yang, M. (2016). Growth under elevated air temperature alters secondary metabolites in *Robinia pseudoacacia* L. seedlings in Cd- and Pb-contaminated soils. *Science of The Total Environment*, 565, 586–594. DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.05.058
- Zhao, F., Ren, C., Han, X., Yang, G., Wang, J., & Doughty, R. (2018). Changes of soil microbial and enzyme activities are linked to soil C, N and P stoichiometry in afforested ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 427, 289–295. DOI:10.1016/j.foreco.2018.06.011Get
- Zimmermann, M. H., & Brown, C. L. (1989). *Trees: structure and function*. Berlin-Heidelberg-New-York: Springer-Verlag.
- Zverkovskyy, V. M., Sytnyk, S. A., Lovynska, V. M., Kharytonov, M. M., Lakyda, I. P., Mykolenko, S. Yu., Pardini, G., Margui, E., & Gispert, M. (2018). Remediation potential of forest forming tree species within northern steppe reclamation stands. *Ekológia (Bratislava)*, 37(1), 69–81. DOI:10.2478/eko-2018-0007
- Zverkovskyy, V. M., Sytnyk, S. A., Lovynska, V. M., Kharytonov, M. M., & Mykolenko, S. Yu. (2017). Remediation potential of forest-forming species in the reclamation planting. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 64–72. DOI:10.15421/2017_50

Додаток А

Характеристика робінієвих насаджень на тимчасових пробних площах

Таблиця А.1

Лісівничо-таксаційна характеристика робінієвих насаджень на тимчасових пробних площах

Шифр ТПП ¹⁾	Підприємство	Квартал	Площа ТПП, га	Склад насадження		Кількість МД ³⁾ з оцінкою фітомаси	Середні для породи			Кількість дерев, шт.·га ⁻¹	Повнота		Запас		Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾
				порода	%		вік, років	діаметр, см	висота, м		абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹			
04241401	Державне підприємство "Дніпропетровський лісгосп"	23	0,18	Акб	96	3	32	12,2	12,5	1011	11,90	0,55	80,2	66,1	3,99	І ^a	3
—				АбЗ	4		9	8,7	9,8	100	0,59	0,01	3,3	2,9	0,26		
Ні				Разом	100					1111	12,49	0,56	83,5	69,0	4,25		
04241402	Державне підприємство "Дніпропетровський лісгосп"	19	0,16	Акб	100	3	63	16,4	15,3	1150	37,00	1,08	291,5	226,5	8,76	І	3
—		Кіровське		15													
04241403	Державне підприємство "Дніпропетровський лісгосп"	26	0,20	Акб	47	3	12	5,7	5,7	790	2,00	0,10	5,5	4,5	2,23	ІV	3
—				Сз	23		12	4,6	5,0	595	0,98	0,06	2,7	2,1	0,13		
				Дз	8		12	4,1	4,6	290	0,38	0,04	0,9	0,7	0,05		
				Вш	19		12	5,6	5,7	310	0,77	0,08	2,2	1,9	0,10		
				Скр	3		12	4,1	4,6	110	0,14	0,02	0,4	0,3	0,02		
Ні	Кіровське	16	Разом	100					2095	4,27	0,30	11,7	9,5	0,53	А ₀		

Продовження табл. А.1

Шифр ТПП ¹⁾	Підприємство	Квартал	Площа ТПП, га	Склад насадження		Кількість МД ³⁾ з оцінкою фітомаси	Середні для породи			Кількість дерев, шт.·га ⁻¹	Повнота		Запас		Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾
				порода	%		вік, років	діаметр, см	висота, м		абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без кори, м ³ ·га ⁻¹			
Географічні координати	Лісництво	Виділ	га	порода	%	оцінкою фітомаси	вік, років	діаметр, см	висота, м	шт.·га ⁻¹	абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без кори, м ³ ·га ⁻¹	Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾
Наявність прив'язки ²⁾																	
04241404	Державне підприємство “Дніпропетровський лісгосп”	18	0,40	Акб	100	3	36	22,4	21,1	589	44,64	1,04	247,3	175,2	4,70	І ^a	3
—																	
Ні	Кіровське	9															
04241405	Державне підприємство “Дніпропетровський лісгосп”	26		Акб	22	3	3	3,9	5,2	506	0,61	0,22	1,5	1,2	0,56	ІІІ	3
—				С ₃	78		3	5,6	7,1	669	0,64	0,03	4,6	4,2	1,84		
Ні				Ленінське	10		Разом	100					1175	1,25	0,25		
04241501	Державне підприємство “Верхньодніпровський лісгосп”	26	0,50	Акб	100	3	48	23,9	19,9	500	22,44	0,73	234,5	165,8	9,99	І ^a	3
—																	
Ні	Верхньо Дніпровське	22															
04241502	Державне підприємство “Верхньодніпровський лісгосп”	25	0,49	Акб	100	3	58	26,0	20,0	473	25,16	0,80	236,5	191,6	4,96	І	3
—																	
Ні	Верхньо Дніпровське	24															

Продовження табл. А.1

Шифр ТПП ¹⁾	Підприємство	Квартал	Площа ТПП, га	Склад насадження		Кількість МД ³⁾ з оцінкою фітомаси	Середні для породи			Кількість дерев, шт.·га ⁻¹	Повнота		Запас		Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾			
				порода	%		вік, років	діаметр, см	висота, м		абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹						
Географічні координати	Лісництво	Виділ	га	порода	%	оцінкою фітомаси	вік, років	діаметр, см	висота, м	шт.·га ⁻¹	абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹	Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾			
Наявність прив'язки ²⁾																		ТЛУ ⁵⁾		
04241503	Державне підприємство "Васильківський лісгосп"	22	0,25	Акб	94	3	82	24,4	21,5	488	22,85	0,74	224,8	170,8	4,71	Ш	3			
–				Дз	6		83	24,8	21,6	32	2,19	0,07	21,8	14,1	0,42					
Так				Великомихайлівське	6		Разом	100	520	25,04	0,81	246,6	184,9	5,13	C ₂					
04241504	Державне підприємство "Васильківський лісгосп"	21	0,50	Акб	100	3	77	24,8	16,1	396	19,17	0,71	153,6	112,3	4,24	Ш	3			
–		Великомихайлівське																7	C ₂	
04241505	Державне підприємство "Ново-московський лісгосп"	40	0,25	Акб	95	3	56	16,2	17,0	1128	23,30	0,83	219,8	168,7	7,72	II	3			
–				Яз	5		52	11,1	12,6	152	1,47	0,2	10,9	8,0	0,34					
Ні				Перещепинське	2		Разом	100	1280	24,77	0,85	230,7	176,7	8,06	C ₁					
04241506	Державне підприємство "Ново-московський лісгосп"	33	0,25	Акб	100	3	47	16,4	14,6	908	19,30	0,78	155,0	104,0	4,33	II	3			
–																		Перещепинське	8	D ₁
Ні																				

Продовження табл. А.1

Шифр ТПП ¹⁾	Підприємство	Квартал	Площа ТПП, га	Склад насадження		Кількість МД ³⁾ з оцінкою фітомаси	Середні для породи			Кількість дерев, шт.·га ⁻¹	Повнота		Запас		Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾
				порода	%		вік, років	діаметр, см	висота, м		абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹			
Географічні координати	Лісництво	Виділ	га	порода	%	оцінкою фітомаси	вік, років	діаметр, см	висота, м	шт.·га ⁻¹	абсолютна, м ² ·га ⁻¹	відносна	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹	Поточний приріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Бонітет	Походження ⁶⁾
Наявність прив'язки ²⁾																	
04241507	Державне підприємство "Верхньодніпровський лісгосп"	50	0,29	Акб	100	3	50	24,7	20,2	579	27,84	0,91	236,7	184,2	4,96	I	3
—																	
Ні	Верхньо-дніпровське	6														C ₀	
04241601	Державне підприємство "Дніпропетровський лісгосп"	26	0,18	Акб	100	3	43	18,6	17,4	1106	30,18	1,07	269,0	183,9	9,93	I	3
—																	
Так	Ленінське	10														D ₁	
04241602	Державне підприємство "Новомоско-вський військовий лісгосп"	160	0,25	Акб	94	3	34	15,8	16,2	1096	21,45	0,74	183,1	145,5	6,97	III	3
				Сз	6		45	34,7	26,1	12	1,14	0,03	11,9	9,2	0,25		
				Разом	100					1108	22,59	0,77	195,0	154,7	7,22		
—																	
Так	Вільнянське	14														B ₂	
04241603	Державне підприємство "Новомоско-вський військовий лісгосп"	194	0,25	Акб	97	3	33	15,2	13,2	792	4,46	0,20	105,8	77,7	4,67	III	3
—				Сз	3		36	17,1	13,1	20	0,46	0,01	3,5	2,6	0,14		
Так				Вільнянське	13												

Продовження табл. А.1

Шифр ТПП ¹⁾	Підприємство	Квар-тал	Пло-ща ТПП, га	Склад насад-ження		Кіль-кість МД ³⁾ з оцін-кою фіто-маси	Середні для породи			Кіль-кість дерев, шт.·га ⁻¹	Повнота		Запас		Потоц-ний при-ріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	Боні-тет ТЛУ ⁵⁾	По-ход-ження ⁶⁾
				по-рода	%		вік, років	діа-метр, см	ви-сота, м		абсо-лютна, м ² ·га ⁻¹	від-нос-на	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹			
04241604	Державне Підприємство «Дніпропетровський лісгосп»	7	0,25	Акб	100	3	62	20,6	18,4	658	24,76	0,88	215,9	159,6	4,84	III	3
Так	Микільське	1															
04241605	Державне підприємство «Дніпропетровський лісгосп»	333	0,25	Акб	100	3	71	19,8	16,2	587	29,54	0,82	197,7	146,3	4,11	III	3
	Микільське	7															
04241606	Державне підприємство «Дніпропетровський лісгосп»	25	0,25	Акб	100	3	43	19,6	13,4	875	39,65	0,72	194,9	137,7	8,35	I	3
Так	Микільське	13															
04241607	Державне підприємство «Дніпропетровський лісгосп»	12	0,25	Акб	100	3	10	6,2	6,4	956	37,87	0,58	21,6	17,5	3,51	I	3
Так	Микільське	1															

Продовження табл. А.1

Шифр ТПП ¹⁾	Підприємство	Квар- тал	Пло- ща ТПП, га	Склад насад- ження		Кіль- кість МД ³⁾ з оцін- кою фіто- маси	Середні для породи			Кіль- кість дерев, шт.·га ⁻¹	Повнота		Запас		Поточ- ний при- ріст ⁴⁾ , м ³ ·га ⁻¹ · рік ⁻¹	Боні- тет ТЛУ ⁵⁾	По- ход- жен- ня ⁶⁾
				по- рода	%		вік, ро- ків	діа- метр, см	ви- сота, м		абсо- лютна, м ² ·га ⁻¹	від- нос- на	у корі, м ³ ·га ⁻¹	без корі, м ³ ·га ⁻¹			
04241608	Державне підприємство “Дніпропетровський лісгосп”	6	0,25	Акб	100	3	15	6,6	5,3	867	27,87	0,67	36,4	29,6	4,94	I	3
Так	Микільське	2														C ₁	

Таблиця А.2

Таксаційна характеристика модельних дерев робінії несправжньоакації

Шифр ТПП	Порода	Номер МД	Вік, років	Діаметр, см	Висота, м	Об'єм стовбура, м ³		Приріст					Показники повнодеревності та форми стовбура			Категорія МД ¹⁾
						у корі	без кори	поточний за об'ємом		періодичний			старе видове число		другий коефіцієнт форми у корі	
								абсолютний, м ³ ·рік ⁻¹	відносний, %	за радіусом, см	за висотою, м	період вимірювання	у корі	без кори		
04241401	Акб	1	45	18,3	14,0	0,177	0,145	0,0065	4,48	0,8	2,0	5	0,482	0,460	0,689	1
	Акб	2	30	16,8	16,5	0,151	0,117	0,0098	8,40	1,0	9,1	5	0,412	0,412	0,627	1
	Акб	3	9	8,0	9,0	0,024	0,021	0,0019	8,97	0,9	3,5	5	0,533	0,553	0,713	1
04241402	Акб	1	24	8,0	7,0	0,019	0,016	0,0013	8,03	1,1	1,2	5	0,542	0,556	0,675	1
	Акб	2	67	25,5	21,0	0,395	0,343	0,0109	3,19	1,1	0,9	5	0,368	0,370	0,486	1
	Акб	3	19	7,3	8,7	0,016	0,013	0,0012	8,86	0,8	2,0	5	0,431	0,461	0,541	1
04241403	Акб	1	12	4,6	5,2	0,004	0,003	0,0002	6,56	0,3	1,7	5	0,477	0,491	0,562	1
	Акб	2	12	7,8	6,5	0,019	0,016	0,0009	5,76	0,6	2,4	5	0,597	0,594	0,760	1
	Акб	3	12	11,3	8,0	0,025	0,022	0,0007	3,35	0,4	3,5	5	0,314	0,317	0,724	1
04241404	Акб	1	41	27,4	21,6	0,618	0,455	0,0108	2,37	0,7	2,1	5	0,485	0,516	0,672	1
	Акб	2	21	22,3	24,0	0,425	0,328	0,0078	2,39	0,6	2,1	5	0,453	0,466	0,677	1

	Ак б	3	21	18,9	18,0	0,224	0,168	0,0092	5,47	1,3	1,6	5	0,444	0,469	0,556	1
04241405	Ак б	1	3	2,7	3,7	0,002	0,001	0,0005	46,9	0,2	0,3	3	0,518	0,543	0,498	1
	Ак б	2	3	4,1	5,6	0,004	0,003	0,0016	54,3	0,6	1,1	3	0,459	0,472	0,408	1
	Ак б	3	3	4,5	5,8	0,004	0,003	0,0012	43,3	0,7	1,3	3	0,335	0,316	0,278	1
04241501	Ак б	1	55	40,0	23,8	1,354	0,856	0,0341	3,96	1,2	1,2	5	0,453	0,509	0,567	1
	Ак б	2	25	17,0	14,7	0,182	0,140	0,0160	11,45	2,0	0,9	5	0,544	0,585	0,706	1
	Ак б	3	56	31,0	25,8	0,893	0,683	0,0359	5,25	1,2	0,6	5	0,459	0,462	0,680	1

Продовження табл. А.2

Шифр ТПП	По- рода	Но- мер МД	Вік, років	Діа- метр, см	Висо- та, м	Об'єм стовбура, м ³		Приріст					Показники повнодеревності та форми стовбура			Кате- горія МД ¹⁾
								поточний за об'ємом		періодичний			старе видове число		другий коєфіці- єнт форми у корі	
						у корі	без кори	абсо- лютний , м ³ ·рік ⁻¹	відно- сний, %	за ра- діусом, см	за висо- тою, м	період вимірю- вання	у корі	без кори		
04241502	Ак б	1	55	19,1	16,1	0,233	0,155	0,0045	2,90	0,5	0,6	5	0,505	0,473	0,681	1
	Ак б	2	58	24,0	21,0	0,417	0,324	0,0088	2,72	0,5	0,9	5	0,439	0,428	0,736	1
	Ак б	3	57	20,0	16,8	0,249	0,194	0,0052	2,69	0,4	2,0	5	0,471	0,475	0,629	1

04241503	Ак б	1	89	28,6	22,7	0,635	0,415	0,0126	3,04	0,9	1,2	5	0,435	0,404	0,606	1
	Ак б	2	76	24,0	21,3	0,404	0,256	0,0072	2,82	0,5	1,1	5	0,419	0,407	0,633	1
	Ак б	3	73	18,0	18,9	0,245	0,138	0,0064	4,63	0,8	0,9	5	0,510	0,488	0,681	1
04241504	Ак б	1	78	24,0	15,7	0,319	0,171	0,0087	5,08	1,4	1,8	5	0,449	0,392	0,343	1
	Ак б	2	75	24,0	14,9	0,258	0,165	0,0083	5,06	1,1	1,8	5	0,382	0,435	0,508	1
	Ак б	3	78	24,0	16,3	0,347	0,230	0,0066	2,90	0,6	1,1	5	0,471	0,448	0,709	1
04241505	Ак б	1	49	15,0	16,6	0,146	0,107	0,0060	5,63	1,0	0,7	5	0,496	0,515	0,653	1
	Ак б	2	60	21,0	20,0	0,339	0,268	0,0119	4,44	0,9	1,3	5	0,489	0,532	0,661	1
	Ак б	3	46	12,0	13,0	0,073	0,047	0,0017	3,65	0,4	0,8	5	0,497	0,480	0,688	1
04241506	Ак б	1	40	8,3	10,2	0,034	0,021	0,0012	5,68	0,3	2,4	5	0,612	0,648	0,776	1
	Ак б	2	42	13,7	12,8	0,125	0,082	0,0030	3,61	0,5	1,8	5	0,662	0,599	0,874	1
	Ак б	3	50	21,5	16,4	0,279	0,191	0,0082	4,30	0,8	1,8	5	0,469	0,451	0,581	1
04241507	Ак б	1	53	28,0	21,0	0,532	0,417	0,0107	2,56	1,0	1,6	5	0,411	0,411	0,680	1
	Ак б	2	38	16,0	15,7	0,124	0,093	0,0031	3,40	0,5	1,7	5	0,369	0,360	0,541	1
	Ак б	3	30	14,0	16,7	0,126	0,089	0,0034	3,79	0,5	1,1	5	0,489	0,505	0,618	1

Шифр ТПП	По- рода	Но- мер МД	Вік, років	Діа- метр, см	Висо- та, м	Об'єм стовбура, м ³		Приріст					Показники повнодеревності та форми стовбура			Кате- горія МД ¹⁾
								поточний за об'ємом		періодичний			старе видове число		другий коєфіці- єнт форми у корі	
						у корі	без кори	абсо- лютний , м ³ ·рік ⁻¹	відно- сний, %	за ра- діусом , см	за висо- тою, м	період вимірю- вання	у корі	без кори		
04241601	Ак б	1	36	12,0	14,8	0,107	0,080	0,0050	6,23	0,7	2,6	5	0,504	0,539	0,723	1
	Ак б	2	30	9,3	11,0	0,036	0,027	0,0021	7,95	0,6	0,5	5	0,476	0,472	0,646	1
	Ак б	3	45	20,0	18,0	0,263	0,176	0,0090	5,13	1,3	1,8	5	0,465	0,486	0,600	1
04241602	Ак б	1	45	26,4	22,8	0,502	0,385	0,0107	2,78	0,8	0,4	5	0,402	0,403	0,653	1
	Ак б	2	26	14,0	14,5	0,115	0,095	0,0059	6,15	1,1	0,8	5	0,515	0,510	0,712	1
	Ак б	3	25	8,9	10,3	0,032	0,023	0,0021	9,16	0,9	0,5	5	0,504	0,675	0,675	1
04241603	Ак б	1	35	18,7	14,2	0,178	0,135	0,0080	5,94	1,1	0,6	5	0,456	0,466	0,655	1
	Ак б	2	44	27,4	18,2	0,516	0,363	0,0133	3,65	1,5	0,4	5	0,481	0,507	0,693	1
	Ак б	3	16	7,6	8,3	0,023	0,017	0,0018	10,38	0,6	1,1	5	0,615	0,694	0,814	1
04241604	Ак б	1	62	20,6	18,4	0,289	0,228	0,0107	4,15	0,9	1,7	5	0,41 2	0,486	0,474	1

	Ак б	2	42	20,4	12,3	0,209	0,157	0,0112	2,98	0,7	2,2	5	0,47 5	0,508	0,642	1
	Ак б	3	53	34,4	17,8	0,612	0,428	0,0208	3,11	1,2	0,9	5	0,45 2	0,504	0,531	1
0424160 5	Ак б	1	49	16,8	15,8	0,162	0,136	0,0071	5,12	1,1	0,7	5	0,49 6	0,515	0,621	1
	Ак б	2	30	15,2	14,8	0,077	0,064	0,0029	4,76	1,5	1,3	5	0,39 8	0,367	0,549	1
	Ак б	3	68	21,8	16,2	0,351	0,298	0,0105	3,21	1,7	1,2	5	0,53 2	0,542	0,498	1
0424160 6	Ак б	1	50	18,2	16,8	0,265	0,214	0,0080	4,21	0,8	1,3	5	0,47 6	0,532	0,547	1
	Ак б	2	43	19,6	13,4	0,289	0,221	0,0032	3,62	0,7	1,3	5	0,46 5	0,512	0,605	1
	Ак б	3	45	14,2	12,8	0,141	0,124	0,0105	2,99	0,9	0,7	5	0,41 1	0,458	0,547	1

Продовження табл. А.2

Шифр ТПП	По- рода	Но- мер МД	Вік, років	Діа- метр, см	Висо- та, м	Об'єм стовбура, м ³		Приріст					Показники повнодеревності та форми стовбура			Кате- горія МД ¹⁾
						у корі	без кори	поточний за об'ємом		періодичний			старе видове число		другий коєфіці- єнт форми у корі	
								абсо- лютний , м ³ рік ⁻¹	відно- сний, %	за ра- діусом, см	за висо- тою, м	період вимірю- вання	у корі	без кори		
0424160 7	Ак б	1	10	6,2	6,4	0,016	0,012	0,0003	6,51	0,3	1,9	5	0,49 4	0,50 3	0,569	1

	Ак б	2	10	4,8	4,2	0,011	0,008	0,0007	5,14	0,4	2,0	5	0,58 8	0,60 3	0,567	1
	Ак б	3	10	6,0	5,6	0,013	0,009	0,0006	6,22	2,9	1,5	5	0,54 1	0,58 9	0,618	1
0424160 8	Ак б	1	15	6,6	5,3	0,013	0,008	0,0009	5,11	2,1	2,6	5	0,39 9	0,41 2	0,398	1
	Ак б	2	15	6,4	5,0	0,012	0,008	0,0012	4,98	1,8	2,9	5	0,43 8	0,47 3	0,342	1
	Ак б	3	15	5,8	4,8	0,009	0,008	0,0018	5,24	2,2	1,8	5	0,43 1	9,47 6	0,439	1

1) Модельне дерево, яке залишається (1) або вибирається при проведенні доглядових рубань (2).

Додаток Б

Якісні показники фітомаси дерев робінії несправжньоакації

Таблиця Б.1

Кількісні показники якісних ознак компонентів стовбура дерев робінії несправжньоакації

Шифр ТІП	Порода	Номер МД	Таксаційний показник МД			Кате- горія МД	Середня щільність деревини та кори стовбура, кг·(м ³) ⁻¹					
			вік, років	діаметр, см	висота, м		природна			бзисна		
							деревина	кора	деревина в корі	деревина	кора	деревина в корі
04241401	Акб	3	45	18,3	14,0	1	849	713	831	551	421	519
04241402	Акб	2	24	8,0	7,0	1	752	428	689	474	295	438
04241403	Акб	3	12	7,8	6,5	1	831	733	820	463	441	443
04241404	Акб	3	41	27,4	21,6	1	820	549	754	521	325	515
04241405	Акб	3	3	4,5	5,8	1	798	479	710	512	310	495
04241501	Акб	1	25	17,0	14,7	1	875	542	768	469	315	442
04241502	Акб	1	55	19,1	16,1	1	853	479	753	424	228	369
04241503	Акб	3	89	28,6	22,7	1	880	520	789	529	324	410
04241504	Акб	2	78	24,0	15,7	1	891	426	835	585	300	605
04241505	Акб	3	60	21,0	20,0	1	879	639	836	611	417	577
04241506	Акб	3	50	21,5	16,4	1	845	433	790	580	303	525
04241507	Акб	2	38	16,0	15,7	1	721	658	643	375	361	355
04241601	Акб	2	36	12,0	14,8	1	839	318	722	425	200	318
04241602	Акб	2	26	14,0	14,5	1	844	594	821	544	351	525
04241603	Акб	2	35	18,7	14,2	1	897	517	785	479	354	425
04241604	Акб	1	62	20,6	18,4	1	890	435	834	520	270	500
04241605	Акб	3	68	21,8	16,2	1	916	513	890	612	226	586

Продовження табл. Б.1

Шифр ТПП	Порода	Номер МД	Таксаційний показник МД			Категорія МД	Середня щільність деревини та кори стовбура, кг·(м ³) ⁻¹					
			вік, років	діаметр, см	висота, м		природна			базисна		
							деревина	кора	деревина в корі	деревина	кора	деревина в корі
04241606	Акб	2	43	19,6	13,4	1	815	387	794	490	325	477
04241607	Акб	1	10	6,2	6,4	1	750	633	681	425	290	411
04241608	Акб	2	15	6,6	5,3	1	756	622	677	407	320	396

Таблиця Б.2

Якісні ознаки компонентів крони модельних дерев робінії несправжньоакації

Шифр ТПП	Порода	Номер МД	Середня щільність деревини та кори гілок, кг·(м ³) ⁻¹						Якісні показники крони					
			природна			базисна			діаметр гілок у корі, см	товщина кори гілок, см	частка кори гілок за об'ємом, %	частка листя у деревній зелені, %	вміст абсолютно сухої речовини у листі	відношення абсолютно сухої маси листя (хвої) до площі листової поверхні*, кг·(м ²) ⁻¹
			деревина	кора	деревина в корі	деревина	кора	деревина в корі						
04241401	Ак	3	852	536	839	523	322	511	5,2	0,8	29,0	53,1	0,523	0,062
04241401	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	59,8	0,461	–
04241401	Ак	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49,0	0,422	–
04241402	Ак	2	886	591	709	590	320	439	1,9	0,2	24,2	52,5	0,403	0,068
04241402	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	61,8	0,394	–
04241402	Ак	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55,9	0,415	–
04241403	Ак	3	815	526	755	532	343	486	2,1	0,2	17,5	62,8	0,436	0,070

397

ДОДАТКИ

04241403	Ак	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,4	0,397	-
----------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------	-------	---

Продовження табл. Б.2

Шифр ТПП	По- рода	Но- мер МД	Середня щільність деревини та кори гілок, кг·(м ³) ⁻¹						Якісні показники крони					
			природна			базисна			діа- метр гілок у корі, см	тов- щина кори гілок, см	частка кори гілок за об'ємом, %	частка листя у деревній зелені, %	вміст абсолютно сухої речовини у листі	відношення абсолютно сухої маси листя (хвої) до площі листової поверхні*, кг·(м ²) ⁻¹
			дере- вина	кора	дере- вина в корі	дере- вина	кора	дере- вина в корі						
04241403	Ак	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,1	0,368	-
04241404	Ак	3	684	598	658	427	356	408	3,6	0,3	16,6	47,6	0,388	0,068
04241404	Ак	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,0	0,469	-
04241404	Ак	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45,8	0,460	-
04241405	Ак	3	781	531	752	540	248	505	1,7	0,2	41,4	51,2	0,411	0,072
04241405	Ак	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51,8	0,450	-
04241405	Ак	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,8	0,392	-
04241501	Ак	1	942	528	875	606	275	473	3,7	0,3	17,7	48,0	0,423	0,070
04241501	Ак	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58,6	0,355	-
04241501	Ак	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58,2	0,417	-
04241502	Ак	1	987	549	909	578	230	533	3,0	0,4	24,0	40,3	0,430	0,078
04241502	Ак	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,2	0,402	-
04241502	Ак	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51,8	0,425	-
04241503	Ак	3	893	663	812	609	429	558	4,7	0,7	14,7	52,8	0,417	0,074
04241503	Ак	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,8	0,414	-
04241503	Ак	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,1	0,437	-

04241504	Ак	2	805	473	789	593	322	460	5,6	0,8	35,9	66,2	0,450	0,064
04241504	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	61,4	0,415	–

Продовження табл. Б.2

Шифр ТПП	По- рода	Но- мер МД	Середня щільність деревини та кори гілок, кг·(м ³) ⁻¹						Якісні показники крони						
			природна			базисна			діа- метр гілок у корі, см	тов- щина кори гілок, см	частка кори гілок за об'ємом, %	частка листя у деревній зелені, %	вміст абсолютно сухої речовини у листі	відношення абсолютно сухої маси листя (хвої) до площі листової поверхні*, кг·(м ²) ⁻¹	
			дере- вина	кора	дере- вина в корі	дере- вина	кора	дере- вина в корі							
04241504	Ак	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55,9	0,417	–	
04241505	Ак	3	847	656	813	574	370	573	5,1	0,5	19,9	68,2	0,436	0,072	
04241505	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70,0	0,447	–	
04241505	Ак	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	63,0	0,433	–	
04241506	Ак	3	852	576	790	523	347	511	4,8	0,7	27,6	70,9	0,483	0,074	
04241506	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75,3	0,413	–	
04241506	Ак	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71,7	0,484	–	
04241507	Ак	2	872	645	845	419	363	412	5,6	0,7	35,7	67,7	0,470	0,072	
04241507	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	82,2	0,433	–	
04241507	Ак	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70,8	0,495	–	
04241601	Ак	2	852	576	811	523	347	511	3,7	0,4	26,7	76,2	0,411	0,070	
04241601	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71,3	0,438	–	
04241601	Ак	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74,4	0,432	–	
04241602	Ак	2	938	544	814	607	403	531	2,6	0,3	21,4	57,4	0,388	0,066	
04241602	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55,1	0,419	–	

04241602	Ак	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49,4	0,410	–
04241603	Ак	2	804	703	758	463	369	426	3,9	0,4	21,2	57,9	0,430	0,071
04241603	Ак	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68,3	0,404	–

Продовження табл. Б.2

Шифр ТПП	Порода	Номер МД	Середня щільність деревини та кори гілок, кг·(м ³) ⁻¹						Якісні показники крони					
			природна			базисна			діаметр гілок у корі, см	товщина кори гілок, см	частка кори гілок за об'ємом, %	частка листя у деревній зелені, %	вміст абсолютно сухої речовини у листі	відношення абсолютно сухої маси листя (хвої) до площі листової поверхні*, кг·(м ²) ⁻¹
			деревина	кора	деревина в корі	деревина	кора	деревина в корі						
04241603	Ак	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	78,4	0,388	–
0424160	Ак	1	789	521	712	528	342	487	3,8	0,4	22,7	45,6	0,342	0,071
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	56,8	0,465	–
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	57,2	0,376	–
0424160	Ак	3	876	587	823	611	377	588	5,6	0,5	19,4	74,3	0,432	0,078
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	57,2	0,453	–
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44,8	0,476	–
0424160	Ак	2	783	529	743	464	298	453	3,9	0,3	17,6	56,1	0,405	0,068
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	48,4	0,438	–
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55,2	0,394	–
0424160	Ак	1	897	487	856	511	287	489	1,4	0,2	26,0	52,5	0,416	0,072
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49,5	0,432	–
0424160	Ак	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	52,7	0,369	–
0424160	Ак	2	854	521	795	485	315	463	2,4	0,2	18,4	65,2	0,390	0,074

0424160	Ак	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63,8	0,402	-
0424160	Ак	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,1	0,436	-

Додаток В

Таксаційні показники та фітомаса структурних компонентів крони модельних дерев

Таблиця В.1

Параметри фітомаси компонентів крони модельних дерев робінії несправжньоакації

Шифр ТПП	Порода	Номер МД	Параметри крони		Фітомаса, кг							
			середній по- перечник, м	протяж- ність, м	свіжозрубана			абсолютно суха				
					деревна зелень	грубі гілки		гілки крони			листя	
						в корі	у т.ч. кора	дрібні в корі	грубі			усього в корі
разом у корі	у т.ч. кора											
04241401	Акб	1	5,5	6,5	20,8	26,0	7,6	5,09	15,84	4,57	20,93	5,70
	Акб	2	2,6	7,4	11,0	4,8	3,6	3,42	2,92	2,16	6,34	2,26
	Акб	3	1,9	5,5	6,4	9,6	2,8	1,83	3,88	1,68	5,71	1,77
04241402	Акб	1	2,0	5,8	7,0	2	0,4	1,28	0,96	0,22	2,24	1,69
	Акб	2	6,1	13,9	8,5	51	11,1	1,93	24,39	6,01	26,32	1,79
	Акб	3	2,5	6,7	7,2	6,6	1,4	1,52	4,52	0,76	6,04	1,65
04241403	Акб	1	1,3	3,7	2,1	2	0,3	0,48	1,29	0,20	1,77	0,53
	Акб	2	3,8	4,1	12,9	9,4	1,3	2,40	6,05	0,85	8,45	3,30
	Акб	3	5,3	7,5	15,1	18,4	2,6	3,62	9,94	1,70	13,56	4,08
04241404	Акб	1	4,2	16,6	48,1	92,8	23,3	17,00	57,54	13,87	74,54	9,51
	Акб	2	6,0	6,2	6,2	17,3	4,3	2,08	10,73	2,56	12,81	1,31
	Акб	3	2,6	12,4	19,8	25	6,3	6,43	19,19	3,75	25,62	3,58
04241405	Акб	1	1,5	3,0	0,6	2,6	0,7	0,19	1,75	0,33	1,94	0,14
	Акб	2	2,0	4,7	5,2	1,8	0,5	0,95	1,21	0,23	2,16	1,48
	Акб	3	1,3	4,8	6,8	1,8	0,5	2,23	1,13	0,23	3,36	1,43
04241501	Акб	1	7,6	14,6	44,6	78,5	90,1	12,54	42,61	9,48	55,15	8,99
	Акб	2	7,1	7,7	17,0	27	6,4	3,80	14,60	3,33	18,4	3,49

Продовження табл. В.1

Шифр ТІП	Порода	Номер МД	Параметри крони		Фітомаса, кг							
			середній по- перечник, м	протяж- ність, м	свіжозрубана			абсолютно суха				
					деревна зелень	грубі гілки		дрібні в корі	гілки крони		усього в корі	листя
						в корі	у т.ч. кора		разом у корі	у т.ч. кора		
	Акб	3	6,3	15,3	32,0	138	32,8	7,23	84,06	17,08	91,29	13,36
04241502	Акб	1	2,8	5,3	18,0	53	15,2	6,30	31,08	6,37	37,38	3,12
	Акб	2	2,7	10,7	19,2	53	15,2	7,52	31,08	6,37	38,6	2,55
	Акб	3	2,0	13,7	8,3	21,4	6,1	2,35	13,14	2,56	15,49	1,81
04241503	Акб	1	8,4	12,2	26,0	42	13,4	5,04	28,86	8,67	33,9	7,65
	Акб	2	2,2	15,8	35,0	42,1	13,5	16,33	28,93	5,07	45,26	4,83
	Акб	3	1,8	13,4	16,0	27	8,6	5,19	15,30	5,56	20,49	3,46
04241504	Акб	1	2,5	12,9	21,0	29	7,5	5,34	19,11	5,11	24,45	5,29
	Акб	2	1,4	6,5	7,0	21,8	5,6	1,56	14,37	3,81	15,93	2,09
	Акб	3	2,0	10,0	11,8	19,7	5,1	3,43	16,17	3,47	19,6	2,70
04241505	Акб	1	2,3	10,1	14,0	16	3,3	2,96	11,28	2,49	14,24	4,31
	Акб	2	2,5	10,8	21,0	37	7,5	5,48	26,08	5,65	31,56	5,69
	Акб	3	2,3	6,7	4,5	2,5	0,5	1,01	1,57	0,38	2,58	1,32
04241506	Акб	1	1,3	2,7	4,4	5,5	1,6	0,70	3,56	0,96	4,26	1,39
	Акб	2	1,4	3,3	9,0	14,5	4,2	1,65	9,38	2,53	11,03	3,10
	Акб	3	1,3	10,2	7,0	15	4,4	1,32	7,82	2,65	9,14	2,38
04241507	Акб	1	4,0	15,2	37,2	81	21,4	2,14	39,49	10,90	41,63	13,15
	Акб	2	3,0	13,4	6,9	15,4	4,1	1,09	7,51	2,09	8,6	2,20
	Акб	3	3,0	13,6	17,0	16	4,2	2,42	9,68	2,14	12,1	5,90
04241601	Акб	1	3,5	9,2	14,0	21	5,0	2,53	13,23	3,01	15,76	4,29

403

ДОДАТКИ

Продовження табл. В.1

Шифр ТШП	Порода	Номер МД	Параметри крони		Фітомаса, кг							
			середній поперечник, м	протяж- ність, м	свіжозрубана			абсолютно суха				
					деревна зелень	грубі гілки		гілки крони			листя	
						в корі	у т.ч. кора	дрібні в корі	разом у корі	у т.ч. кора		усього в корі
	Акб	2	2,7	5,6	7,0	9	2,1	1,05	5,67	1,27	6,72	2,18
	Акб	3	3,3	12,9	10,0	14	3,3	1,61	9,17	1,99	10,78	3,20
04241602	Акб	1	4,4	7,2	8,7	22,5	3,1	2,55	14,68	2,30	17,23	1,97
	Акб	2	4,1	11,6	16,5	11	1,5	4,59	7,18	1,11	11,77	3,60
	Акб	3	3,6	8,5	4,0	3,6	0,5	1,32	1,88	0,37	3,2	0,80
04241603	Акб	1	5,2	10,3	16,0	43	8,3	2,85	24,17	4,36	27,02	4,37
	Акб	2	5,8	12,9	10,5	58	11,2	2,48	32,60	5,88	35,08	2,61
	Акб	3	3,1	6,4	2,0	1,9	0,4	0,24	1,07	0,21	1,31	0,60
04241604	Акб	1	6,8	12,4	32,8	94,8	20,86	11,94	63,44	13,69	75,38	5,12
	Акб	2	5,8	12,2	19,8	21,8	4,80	5,72	14,59	3,15	20,31	5,23
	Акб	3	4,2	12,8	11,8	42,7	9,39	3,38	28,57	6,16	31,95	2,54
04241605	Акб	1	6,8	8,8	18,9	33,8	5,75	3,39	23,58	3,69	26,96	6,07
	Акб	2	2,0	6,4	5,6	6,9	1,17	1,67	4,81	0,75	6,48	1,45
	Акб	3	6,4	11	28,5	87,4	14,86	10,97	60,96	9,54	71,93	6,08
04241606	Акб	1	5,2	12,5	11,3	105,7	30,65	2,94	62,64	17,27	65,58	2,57
	Акб	2	5,0	9,8	11,8	54,8	15,89	3,61	32,47	8,95	36,08	2,50
	Акб	3	4,4	8,4	8,9	33,7	9,77	2,36	19,97	5,50	22,33	1,94
04241607	Акб	1	2,0	3,5	3,8	15,8	2,37	1,03	9,00	1,40	10,03	0,83
	Акб	2	1,1	3,8	2,8	9,9	1,49	0,81	5,64	0,88	6,45	0,60

404

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНИЦЯ ПСЕВДОСАСАЛ. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Продовження табл. В.1

Шифр ТПП	Порода	Номер МД	Параметри крони		Фітомаса, кг							
			середній поперечник, м	протяж- ність, м	свіжозрубана			абсолютно суха				
					деревна зелень	грубі гілки		гілки крони			листя	
						в корі	у т.ч. кора	дрібні в корі	грубі			усього в корі
разом у корі	у т.ч. кора	усього в корі										
	Акб	3	1,1	3,4	4,3	11,8	1,77	1,16	6,72	1,04	7,88	0,84
04241608	Акб	1	0,8	3,4	3,1	12,8	1,66	0,61	7,27	2,72	7,88	0,79
	Акб	2	0,9	4,4	2,8	11,9	1,55	0,58	6,76	2,54	7,33	0,72
	Акб	3	1,0	3,2	3,9	9,7	1,26	0,62	5,51	2,07	6,13	1,23

Додаток Г

Інформаційно-довідкові дані фітомаси структурних компонентів дерев і деревостанів робінії несправжньоакації

Таблиця Г.1

Фітомаса деревини стовбурів дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	2,2	3,6	5,1	6,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,2	6,8	9,6	12,6	15,6	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	10,7	15,2	19,8	24,7	29,7	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	21,6	28,2	35,1	42,2	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	28,8	37,7	46,9	56,4	66,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	48,1	59,8	71,9	84,4	97,3	–	–	–	–	–
16	–	–	–	59,4	73,9	88,9	104,3	120,1	136,3	–	–	–	–
18	–	–	–	–	89,0	107,1	125,7	144,8	164,3	–	–	–	–
20	–	–	–	–	105,2	126,5	148,5	171,0	194,1	217,6	–	–	–
22	–	–	–	–	–	147,2	172,7	198,9	225,7	253,0	280,8	–	–
24	–	–	–	–	–	168,9	198,2	228,3	259,0	290,4	322,3	354,8	–
26	–	–	–	–	–	–	225,0	259,1	294,0	329,6	365,8	402,7	440,1
28	–	–	–	–	–	–	–	291,4	330,6	370,6	411,4	452,8	494,9
30	–	–	–	–	–	–	–	–	368,7	413,4	458,8	505,1	552,0
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	508,2	559,4	611,4
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	559,4	615,7	672,9
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	674,0	736,7
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	802,5
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	870,4

Таблиця Г.2

Фітомаса кори стовбурів дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	0,2	0,7	1,4	2,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,3	0,8	1,8	3,1	4,9	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,0	2,1	3,7	5,9	8,7	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	2,4	4,2	6,7	9,9	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	2,6	4,7	7,4	11,0	15,5	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	5,1	8,1	12,1	17,0	22,9	–	–	–	–	–
16	–	–	–	5,5	8,8	13,1	18,4	24,8	32,4	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,5	14,0	19,7	26,6	34,7	–	–	–	–
20	–	–	–	–	10,1	14,9	20,9	28,3	37,0	47,1	–	–	–
22	–	–	–	–	–	15,8	22,2	29,9	39,1	49,9	62,2	–	–
24	–	–	–	–	–	16,6	23,3	31,5	41,2	52,5	65,5	80,3	–
26	–	–	–	–	–	–	24,5	33,0	43,2	55,0	68,7	84,2	101,7
28	–	–	–	–	–	–	–	34,5	45,1	57,5	71,8	88,0	106,3
30	–	–	–	–	–	–	–	–	47,0	59,9	74,8	91,7	110,7
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77,7	95,3	115,1
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80,5	98,7	119,3
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	102,1	123,4
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	127,4
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	131,3

Таблиця Г.3

Фітомаса стовбурів у корі дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	2,4	4,3	6,5	9,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,5	7,6	11,4	15,7	20,5	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	11,7	17,3	23,5	30,6	38,4	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	24,0	32,4	41,8	52,1	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	31,4	41,9	54,3	67,4	81,7	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	53,2	67,9	84,0	101,4	120,2	–	–	–	–	–
16	–	–	–	64,9	82,7	102,0	122,7	144,9	195,4	–	–	–	–
18	–	–	–	–	98,5	121,1	145,4	171,4	199,0	–	–	–	–
20	–	–	–	–	115,3	141,4	169,4	199,3	231,1	264,7	–	–	–
22	–	–	–	–	–	163,0	194,9	228,8	264,8	302,9	343,0	–	–
24	–	–	–	–	–	185,5	221,5	259,8	300,2	342,9	387,8	434,3	–
26	–	–	–	–	–	–	249,5	292,1	337,2	384,6	434,5	486,9	541,8
28	–	–	–	–	–	–	–	325,9	375,7	428,1	483,2	540,8	601,2
30	–	–	–	–	–	–	–	–	416,7	473,3	533,6	596,8	662,7
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	585,9	654,7	726,5
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	639,9	714,4	792,2
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	776,1	860,1
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	929,9
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1001,7

Таблиця Г.4

Фітомаса грубих гілок у корі дерев робінії несправжньооакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	2,0	2,9	3,8	4,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,9	4,3	5,6	6,9	8,2	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,7	7,4	9,1	10,7	12,4	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	9,1	11,2	13,3	15,3	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	10,8	13,3	15,8	18,2	20,6	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	15,6	18,2	21,0	23,8	26,5	–	–	–	–	–
16	–	–	–	17,8	20,7	23,9	27,0	30,1	33,2	–	–	–	–
18	–	–	–	–	23,1	26,7	30,2	33,7	37,1	–	–	–	–
20	–	–	–	–	25,6	29,5	33,4	37,2	41,0	44,8	–	–	–
22	–	–	–	–	–	32,3	36,5	40,7	44,9	49,0	53,1	–	–
24	–	–	–	–	–	35,1	39,7	44,2	48,8	53,2	57,7	62,1	–
26	–	–	–	–	–	–	42,8	47,7	52,6	57,5	62,3	67,0	71,8
28	–	–	–	–	–	–	–	51,2	56,4	61,6	66,8	71,9	77,0
30	–	–	–	–	–	–	–	–	60,3	65,8	71,3	76,8	82,2
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75,8	81,6	87,4
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80,3	86,5	92,6
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	91,3	97,8
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	102,9
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	108,1

Таблиця Г.5

Фітомаса деревної зелені дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	2,0	2,6	3,1	3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,7	3,5	4,2	4,8	5,3	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,3	5,2	5,9	6,6	7,2	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	6,1	7,0	7,8	8,6	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	7,0	8,0	9,0	9,8	10,6	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	9,0	10,1	11,0	12,0	12,8	–	–	–	–	–
16	–	–	–	10,0	11,1	12,2	13,2	14,2	15,1	–	–	–	–
18	–	–	–	–	12,1	13,3	14,4	15,5	16,5	–	–	–	–
20	–	–	–	–	13,2	14,4	15,6	16,8	17,9	19,0	–	–	–
22	–	–	–	–	–	15,5	16,8	18,0	19,2	20,4	21,5	–	–
24	–	–	–	–	–	16,6	17,9	19,3	20,5	21,7	22,9	24,0	–
26	–	–	–	–	–	–	19,1	20,5	21,8	23,1	24,3	25,5	26,7
28	–	–	–	–	–	–	–	21,6	23,1	24,4	25,7	27,0	28,2
30	–	–	–	–	–	–	–	–	24,3	25,7	27,1	28,4	29,7
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	28,5	29,9	31,2
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	29,8	31,3	32,7
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	32,6	34,1
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	35,5
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	36,9

Таблиця Г.6

Фітомаса крон дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	4,0	5,5	6,9	8,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	5,7	7,8	9,8	11,7	13,6	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	10,0	12,6	15,0	17,3	19,6	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	15,2	18,2	21,1	23,9	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	17,8	21,3	28,4	28,0	31,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	24,6	28,3	32,0	35,8	39,3	–	–	–	–	–
16	–	–	–	27,8	31,8	36,1	40,2	44,3	48,3	–	–	–	–
18	–	–	–	–	35,2	40,0	44,6	49,2	53,6	–	–	–	–
20	–	–	–	–	38,8	43,9	49,0	54,0	58,9	63,8	–	–	–
22	–	–	–	–	–	47,8	53,3	58,7	64,1	69,4	74,6	–	–
24	–	–	–	–	–	51,7	57,6	63,5	69,3	74,9	80,6	86,1	–
26	–	–	–	–	–	–	61,9	68,2	74,4	80,6	86,6	92,5	98,5
28	–	–	–	–	–	–	–	72,8	79,5	86,0	92,5	98,9	105,2
30	–	–	–	–	–	–	–	–	84,6	91,5	98,4	105,2	111,9
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	104,3	111,5	118,6
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	110,1	117,8	125,3
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	123,9	131,9
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	138,4
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	145,0

Таблиця Г.7

Надземна фітомаса дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	6,4	9,8	13,4	17,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	10,2	15,4	21,2	27,4	34,1	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	21,7	29,9	38,5	47,9	58,0	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	49,2	50,6	62,9	76,0	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	–	63,2	82,7	95,4	112,9	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	77,8	96,2	116,0	137,2	159,5	–	–	–	–	–
16	–	–	–	92,7	114,5	138,1	162,9	189,2	243,7	–	–	–	–
18	–	–	–	–	133,7	161,1	190,0	220,6	252,6	–	–	–	–
20	–	–	–	–	154,1	185,3	218,4	253,3	290,0	328,5	–	–	–
22	–	–	–	–	–	210,8	248,2	287,5	328,9	372,3	417,6	–	–
24	–	–	–	–	–	237,2	279,1	323,3	369,5	417,8	468,4	520,4	–
26	–	–	–	–	–	–	311,4	360,3	411,6	465,2	521,1	579,4	–
28	–	–	–	–	–	–	–	398,7	455,2	514,1	575,7	639,7	640,3
30	–	–	–	–	–	–	–	–	501,3	564,8	632,0	702,0	706,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	690,2	766,2	774,6
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	750,0	832,2	845,1
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	900,0	917,5
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	992,0
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1068,3

Таблиця Г.8

Фітомаса деревини стовбурів дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	1,3	2,1	3,0	3,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,5	4,0	5,7	7,4	9,2	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	6,3	8,9	11,7	14,5	17,5	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	12,7	16,6	20,7	24,9	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	17,0	22,2	27,6	33,2	39,0	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	28,3	35,3	42,4	49,8	57,4	–	–	–	–	–
16	–	–	–	35,0	43,6	52,4	61,5	70,9	80,4	–	–	–	–
18	–	–	–	–	52,5	63,2	74,1	85,4	96,9	–	–	–	–
20	–	–	–	–	62,0	74,6	87,6	100,9	114,5	128,3	–	–	–
22	–	–	–	–	–	86,8	101,8	117,3	133,1	149,2	165,6	–	–
24	–	–	–	–	–	99,6	116,9	134,6	152,7	171,2	190,1	209,2	–
26	–	–	–	–	–	–	132,7	152,8	173,4	194,4	215,7	237,5	259,5
28	–	–	–	–	–	–	–	171,8	195,0	218,6	242,6	267,0	291,8
30	–	–	–	–	–	–	–	–	217,5	243,8	270,6	297,8	325,5
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	299,7	329,9	360,5
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	329,9	363,1	396,9
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	397,5	434,4
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	473,3
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	513,3

Таблиця Г.9

Фітомаса кори стовбурів дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	0,1	0,4	0,8	1,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,2	0,5	1,0	1,8	2,9	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,6	1,2	2,2	3,5	5,1	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	1,4	2,5	4,0	5,9	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,6	2,8	4,4	6,5	9,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	3,0	4,8	7,1	10,0	13,6	–	–	–	–	–
16	–	–	–	3,3	5,2	7,7	10,9	14,7	19,2	–	–	–	–
18	–	–	–	–	5,6	8,3	11,7	15,7	20,6	–	–	–	–
20	–	–	–	–	6,0	8,8	12,4	16,7	21,9	27,9	–	–	–
22	–	–	–	–	–	9,3	13,1	17,7	23,2	29,5	36,9	–	–
24	–	–	–	–	–	9,8	13,8	18,7	24,4	31,1	38,8	47,6	–
26	–	–	–	–	–	–	14,5	19,6	25,6	32,6	40,7	49,9	60,3
28	–	–	–	–	–	–	–	20,4	26,7	34,1	42,5	52,1	63,0
30	–	–	–	–	–	–	–	–	27,8	35,5	44,3	54,3	65,6
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	46,0	56,4	68,1
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	47,7	58,5	70,6
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60,5	73,1
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75,4
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77,8

Таблиця Г.10

Фітомаса стовбурів у корі дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	1,4	2,5	3,8	5,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,7	4,5	6,7	9,2	12,1	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	6,9	10,1	13,9	18,0	22,6	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	14,1	19,1	24,7	30,8	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	18,6	25,0	32,0	39,7	48,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	31,3	40,1	49,5	59,8	71,0	–	–	–	–	–
16	–	–	–	38,3	48,8	60,1	72,4	85,6	99,6	–	–	–	–
18	–	–	–	–	58,1	71,5	85,8	101,1	117,5	–	–	–	–
20	–	–	–	–	68,0	83,4	100,0	117,6	136,4	156,2	–	–	–
22	–	–	–	–	–	96,1	114,9	135,0	156,3	178,7	202,5	–	–
24	–	–	–	–	–	109,4	130,7	153,3	177,1	202,3	228,9	256,8	–
26	–	–	–	–	–	–	147,2	172,4	199,0	227,0	256,4	287,4	319,8
28	–	–	–	–	–	–	–	192,2	221,7	252,7	285,1	319,1	354,8
30	–	–	–	–	–	–	–	–	245,3	279,3	314,9	352,1	391,1
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	345,7	386,3	428,6
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	377,6	421,6	467,5
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	458,0	507,5
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	548,7
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	591,1

Таблиця Г.11

Фітомаса дрібних гілок у корі дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	0,4	0,6	0,7	0,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	1,4	1,7	2,0	2,3	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,6	2,0	2,3	2,6	2,9	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,2	2,5	2,9	3,2	3,5	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,4	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2	–	–	–	–
18	–	–	–	–	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	–	–	–	–
20	–	–	–	–	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,4	–	–	–
22	–	–	–	–	–	4,0	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	–	–
24	–	–	–	–	–	4,2	4,7	5,2	5,7	6,1	6,6	7,0	–
26	–	–	–	–	–	–	5,0	5,5	6,0	6,5	6,9	7,4	7,9
28	–	–	–	–	–	–	–	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,3
30	–	–	–	–	–	–	–	–	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,1	8,6	9,1
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,4	9,0	9,5
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,4	9,9
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,3
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,7

Таблиця Г.12

Фітомаса деревини грубих гілок дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані,

кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	1,1	1,6	2,0	2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,5	2,2	2,9	3,6	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	2,9	3,8	4,6	5,4	6,3	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	4,6	5,6	6,6	7,6	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	5,4	6,6	7,8	9,0	10,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	7,6	9,0	10,3	11,7	13,0	–	–	–	–	–
16	–	–	–	8,6	10,1	11,7	13,2	14,6	16,1	–	–	–	–
18	–	–	–	–	11,3	13,0	14,6	16,3	17,9	–	–	–	–
20	–	–	–	–	12,4	14,2	16,1	17,9	19,7	21,5	–	–	–
22	–	–	–	–	–	15,5	17,5	19,5	21,4	23,4	25,3	–	–
24	–	–	–	–	–	16,8	18,9	21,1	23,2	25,3	27,4	29,4	–
26	–	–	–	–	–	–	20,4	22,7	24,9	27,2	29,4	31,6	33,8
28	–	–	–	–	–	–	–	24,2	26,6	29,0	31,4	33,8	36,1
30	–	–	–	–	–	–	–	–	28,3	30,9	33,4	36,0	38,5
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	35,4	38,1	40,8
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	37,4	40,2	43,0
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	42,4	45,3
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	47,6
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49,8

Таблиця Г.13

Фітомаса кори грубих гілок дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	0,4	0,5	0,7	0,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,0	1,2	1,5	1,8	1,9	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	1,5	1,8	2,1	2,4	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,4	2,8	3,2	3,5	3,9	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,7	3,3	3,5	4,0	4,5	4,8	–	–	–	–
18	–	–	–	–	3,5	3,9	4,5	4,9	5,3	–	–	–	–
20	–	–	–	–	3,8	4,4	4,8	5,3	5,5	6,3	–	–	–
22	–	–	–	–	–	4,7	5,3	5,8	6,4	6,9	7,4	–	–
24	–	–	–	–	–	5,1	5,7	6,2	6,8	7,4	7,9	8,5	–
26	–	–	–	–	–	–	6,0	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
28	–	–	–	–	–	–	–	7,2	7,8	8,5	9,1	9,7	10,5
30	–	–	–	–	–	–	–	–	8,2	9,0	9,7	10,3	10,9
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,2	10,9	11,5
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,8	11,5	12,3
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,0	12,8
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,4
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14,0

Таблиця Г.14

Фітомаса грубих гілок у корі дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	1,5	2,1	2,7	3,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,1	3,0	3,9	4,7	5,5								
8	–	3,9	5,0	6,1	7,2	8,2	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	6,1	7,4	8,7	10,0	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	7,2	8,7	10,3	11,8	13,4	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	10,0	11,8	13,5	15,2	16,9	–	–	–	–	–
16	–	–	–	11,3	13,4	15,2	17,2	19,1	20,9	–	–	–	–
18	–	–	–	–	14,8	16,9	19,1	21,2	23,2	–	–	–	–
20	–	–	–	–	16,2	18,6	20,9	23,2	25,5	27,8	–	–	–
22	–	–	–	–	–	20,2	22,8	25,3	27,8	30,3	32,7	–	–
24	–	–	–	–	–	21,9	24,6	27,3	30,0	32,7	35,3	37,9	–
26	–	–	–	–	–	–	26,4	29,4	32,2	35,1	37,9	40,7	43,6
28	–	–	–	–	–	–	–	31,4	34,4	37,5	40,5	43,5	46,6
30	–	–	–	–	–	–	–	–	36,6	39,9	43,1	46,3	49,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45,6	49,0	52,3
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	48,2	51,7	55,3
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	54,4	58,1
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	61,0
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	63,8

Таблиця Г.15

Фітомаса гілок крони дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	1,9	2,7	3,4	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,7	3,8	4,9	5,9	6,9	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,9	6,2	7,6	8,9	10,1	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	7,5	9,1	10,7	12,3	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	8,8	10,7	12,6	14,4	16,3	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	12,2	14,3	16,4	18,4	20,4	–	–	–	–	–
16	–	–	–	13,7	16,2	18,4	20,7	23,0	25,1	–	–	–	–
18	–	–	–	–	17,8	20,3	22,9	25,4	27,8	–	–	–	–
20	–	–	–	–	19,5	22,3	25,0	27,8	30,5	33,2	–	–	–
22	–	–	–	–	–	24,2	27,2	30,2	33,1	36,0	38,9	–	–
24	–	–	–	–	–	26,1	29,3	32,5	35,7	38,8	41,9	44,9	–
26	–	–	–	–	–	–	31,4	34,9	38,2	41,6	44,8	48,1	51,5
28	–	–	–	–	–	–	–	37,2	40,7	44,3	47,8	51,3	54,9
30	–	–	–	–	–	–	–	–	43,3	47,1	50,8	54,5	58,1
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	53,7	57,6	61,4
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	56,6	60,7	64,8
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	61,8	68,0
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71,3
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74,5

Таблиця Г.16

Фітомаса листя дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	0,4	0,6	0,8	0,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	1,4	1,7	1,9	2,2	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	–	–	–	–
18	–	–	–	–	2,8	3,2	3,6	3,9	4,3	–	–	–	–
20	–	–	–	–	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	4,9	–	–	–
22	–	–	–	–	–	3,6	4,0	4,5	4,9	5,2	5,6	–	–
24	–	–	–	–	–	3,8	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,4	–
26	–	–	–	–	–	–	4,5	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,1
28	–	–	–	–	–	–	–	5,2	5,7	6,1	6,6	7,0	7,4
30	–	–	–	–	–	–	–	–	5,9	6,4	6,9	7,3	7,8
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,2	7,6	8,1
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,4	7,9	8,4
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,2	8,7
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9,1
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9,4

Таблиця Г.17

Фітомаса крон дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	2,3	3,3	4,2	5,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,3	4,6	5,9	7,1	8,3	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,9	7,4	9,0	10,6	12,0	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	8,9	10,8	12,6	14,5	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	10,4	12,6	14,8	16,9	19,0	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	14,3	16,7	19,1	21,4	23,7	–	–	–	–	–
16	–	–	–	16,0	18,8	21,4	24,0	26,6	29,1	–	–	–	–
18	–	–	–	–	20,6	23,5	26,5	29,3	32,1	–	–	–	–
20	–	–	–	–	22,5	25,7	28,8	32,0	35,1	38,1	–	–	–
22	–	–	–	–	–	27,8	31,2	34,7	38,0	41,2	44,5	–	–
24	–	–	–	–	–	29,9	33,6	37,2	40,8	44,3	47,9	51,3	–
26	–	–	–	–	–	–	35,9	39,9	43,6	47,4	51,1	54,8	58,6
28	–	–	–	–	–	–	–	42,4	46,4	50,4	54,4	58,3	62,3
30	–	–	–	–	–	–	–	–	49,2	53,5	57,7	61,8	65,9
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60,9	65,2	69,5
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	64,0	68,6	73,2
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70,0	76,7
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80,4
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	83,9

Таблиця Г.18

Надземна фітомаса дерев робінії несправжньоакації у абсолютно сухому стані, кг

Діаметр, см	Висота, м												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	3,7	5,8	8,0	10,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	6,0	9,1	12,6	16,3	20,4	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	12,8	17,5	22,9	28,6	34,6	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	23,0	29,9	37,3	45,3	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	29,0	37,6	46,8	56,6	67,2	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	45,6	56,8	68,6	81,2	94,7	–	–	–	–	–
16	–	–	–	54,3	67,6	81,5	96,4	112,2	128,7	–	–	–	–
18	–	–	–	–	78,7	95,0	112,3	130,4	149,6	–	–	–	–
20	–	–	–	–	90,5	109,1	128,8	149,6	171,5	194,3	–	–	–
22	–	–	–	–	–	123,9	146,1	169,7	194,3	219,9	247,0	–	–
24	–	–	–	–	–	139,3	164,3	190,5	217,9	246,6	276,8	308,1	–
26	–	–	–	–	–	–	183,1	212,3	242,6	274,4	307,5	342,2	378,4
28	–	–	–	–	–	–	–	234,6	268,1	303,1	339,5	377,4	417,1
30	–	–	–	–	–	–	–	–	294,5	332,8	372,6	413,9	457,0
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	406,6	451,5	498,1
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	441,6	490,2	540,7
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	528,0	584,2
38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	629,1
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	675,0

Таблиця Г.19

Фітомаса структурних компонентів надземної частини робінієвих деревостанів

Шифр ТПП	Частка у складі		Фітомаса компонентів стовбура, т·га ⁻¹				Фітомаса компонентів крони, т·га ⁻¹									
	деревостану		свіжозрубана		абсолютно суха		свіжозрубана					абсолютно суха				
	порода	%	деревина	кора	деревина	кора	деревна зелень	гілки				листя	гілки			
								у корі		разом			разом у корі	у т.ч. кора	листя	
дрібні	грубі	деревина	кора													
04241401	Акб	96	56,12	10,0	36,42	5,93	9,60	4,42	7,07	5,02	6,47	5,18	6,99	3,88	2,43	
04241402	Акб	10	170,33	27,8	107,36	19,1	11,60	4,99	51,4	40,15	16,3	6,61	26,99	8,82	2,64	
04241403	Акб	47	3,73	0,73	2,08	0,29	4,53	1,55	4,82	4,15	2,22	2,99	4,10	1,45	1,16	
04241404	Акб	10	146,66	39,1	91,27	23,4	26,80	14,50	52,0	41,49	39,5	12,3	44,57	19,5	5,58	
04241405	Акб	22	0,96	0,05	0,61	0,03	17,82	2,14	1,95	1,38	2,71	15,6	2,74	1,31	6,59	
04241501	Акб	10	145,08	37,2	77,76	21,6	10,17	4,58	40,2	30,61	14,2	5,59	24,22	7,41	2,18	
04241502	Акб	10	163,41	22,2	81,23	19,0	18,20	10,56	21,8	15,49	16,8	7,64	18,97	7,06	3,21	
04241503	Акб	94	150,35	28,0	90,38	17,4	14,78	7,10	23,3	15,86	14,5	7,68	20,91	9,43	3,38	
04241504	Акб	10	100,05	17,6	89,86	12,4	5,84	2,22	7,31	5,41	4,12	3,62	6,28	2,80	1,52	
04241505	Акб	95	148,29	32,6	103,08	21,3	14,15	4,67	31,5	25,25	10,9	9,48	25,51	8,27	4,08	
04241506	Акб	10	87,88	22,0	60,32	15,4	15,61	4,22	20,1	14,33	10,0	11,3	15,76	6,06	5,24	
04241507	Акб	10	132,81	34,5	69,08	18,9	6,33	1,65	10,9	8,11	4,50	4,68	6,14	2,29	2,16	
04241601	Акб	10	154,29	27,0	78,16	17,2	13,48	3,50	15,0	11,41	7,10	9,98	11,66	4,27	4,19	
04241602	Акб	94	122,80	22,2	79,15	13,2	8,67	3,99	10,5	9,10	5,47	4,68	9,50	4,05	1,73	
04241603	Акб	97	65,58	14,5	37,22	9,95	6,37	2,04	28,0	22,73	7,36	4,33	16,91	3,86	1,78	
0424160	Акб	10	142,04	24,4	82,99	15,2	15,97	7,67	27,1	27,17	7,66	8,30	23,30	5,02	3,27	
0424160	Акб	10	134,01	26,3	89,54	11,6	19,80	10,1	18,7	23,95	4,90	9,70	20,10	3,15	4,40	
0424160	Акб	10	112,23	22,1	67,48	18,5	16,12	7,25	24,5	22,56	9,21	8,87	18,80	5,19	3,65	

Продовження табл. Г.19

Шифр ТПП	Частка у складі деревостану		Фітомаса компонентів стовбура, т·га ⁻¹				Фітомаса компонентів крони, т·га ⁻¹								
			свіжозрубана		абсолютно суха		свіжозрубана					абсолютно суха			
	порода	%	деревина	кора	деревина	кора	деревна зелень	гілки				листя	гілки		листя
								у корі		разом			разом у корі	у т.ч. кора	
дрібні	грубі	деревина	кора												
0424160	Акб	10	13,13	2,60	7,44	1,19	7,33	2,86	5,95	4,34	1,32	4,47	5,01	0,77	1,81
0424160	Акб	10	22,95	4,38	12,45	2,36	6,27	2,38	4,88	3,37	0,98	3,89	4,11	0,59	1,59

Таблиця Г.20

Фітомаса деревини стовбурів деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	15,7	21,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	16,9	23,3	29,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	24,6	30,9	36,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	25,6	32,2	38,4	44,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	33,3	39,7	45,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	40,8	47,2	53,3	59,2	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	41,9	48,3	54,6	60,7	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	49,4	55,8	62,0	68,0	73,9	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	56,9	63,2	69,4	75,4	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	64,3	70,6	76,7	82,7	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	71,7	78,0	84,1	90,0	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	79,1	85,3	91,4	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	86,5	92,6	98,7	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	87,6	93,8	99,9	106,0	111,9
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	94,9	101,1	107,2	113,2
Відносна повнота 0,7														
4	16,9	23,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	18,2	25,0	31,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	26,4	33,1	39,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	26,9	33,8	40,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.20

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	27,5	34,5	41,1	47,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	35,7	42,5	49,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	43,8	50,5	57,1	63,4	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	44,9	51,8	58,5	65,0	–	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	53,0	59,8	66,4	72,9	79,2	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	61,0	67,8	74,4	80,8	–	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	69,0	75,7	82,2	88,7	–	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	76,9	83,6	90,1	96,5	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	84,8	91,4	97,9	–	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	92,7	99,3	105,8	–	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	93,9	100,6	107,1	113,6	119,9
Відносна повнота 0,8														
4	17,9	24,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	19,3	26,6	33,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	28,0	35,1	41,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	29,2	36,6	43,7	50,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	37,9	45,2	52,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	46,5	53,7	60,6	67,4	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	47,6	55,0	62,1	69,0	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	56,2	63,5	70,6	77,4	84,1	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	64,8	71,9	79,0	85,8	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	73,2	80,4	87,3	94,1	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	81,7	88,7	95,7	102,5	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	90,1	97,1	104,0	–	–	–

427

ДОДАТКИ

Продовження табл. Г.20

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,4	105,4	112,3		
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,7	106,8	113,8	120,6	127,3
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108,1	115,1	122,0	128,9
Відносна повнота 0,9														
4	18,9	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	20,3	28,0	35,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	29,5	37,1	44,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	30,8	38,6	46,1	53,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	39,9	47,6	55,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	49,0	56,6	63,9	71,0	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	50,2	58,0	65,5	72,8	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	59,3	67,0	74,4	81,6	88,7	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	68,3	75,9	83,3	90,5	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	77,2	84,7	92,1	99,3	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	86,1	93,6	100,9	108,0	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	95,0	102,4	109,7	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103,8	111,2	118,4	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105,1	112,6	119,9	127,2	134,3
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114,0	121,4	128,7	135,9

Таблиця Г.21

Фітомаса кори стовбурів деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	2,4	3,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,6	3,9	5,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,1	5,5	6,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,3	5,7	7,2	8,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	5,9	7,4	8,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	7,6	9,2	10,7	12,3	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	7,8	9,4	10,9	12,6	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,5	11,2	12,8	14,4	16,0	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	11,3	13,0	14,7	16,4	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	13,2	14,9	16,6	18,3	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	15,1	16,8	18,6	20,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	17,1	18,8	20,6	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19,0	20,8	22,6	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19,2	21,0	22,8	24,6	26,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21,3	23,1	24,9	26,7
Відносна повнота 0,7														
4	2,6	4,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,8	4,2	5,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,4	5,9	7,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,6	6,2	7,7	9,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.21

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	6,3	8,0	9,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,2	9,8	11,5	13,2	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	8,3	10,1	11,8	13,5	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	10,2	12,0	13,8	15,5	17,3	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	12,2	14,0	15,8	17,6	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	14,2	16,0	17,9	19,7	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	16,3	18,1	20,0	21,8	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	18,3	20,2	22,1	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,5	22,4	24,3	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,7	22,6	24,6	26,5	28,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22,9	24,8	26,8	28,7
Відносна повнота 0,8														
4	2,8	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,0	4,5	6,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,7	6,3	8,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,9	6,6	8,2	9,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	6,8	8,5	10,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,7	10,5	12,3	14,1	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	8,9	10,7	12,5	14,4	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	10,9	12,8	14,7	16,5	18,4	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	13,0	14,9	16,8	18,7	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	15,1	17,1	19,0	21,0	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	17,3	19,3	21,3	23,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	19,5	21,5	23,6	–	–	–

Продовження табл. Г.21

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21,8	23,8	25,9	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22,0	24,1	26,2	28,2	30,3
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24,3	26,4	28,5	30,6
Відносна повнота 0,9														
4	2,9	4,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,1	4,8	6,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,0	6,7	8,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	5,2	6,9	8,7	10,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	7,1	9,0	10,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	9,2	11,1	13,0	14,9	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	9,4	11,3	13,3	15,2	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	13,7	15,8	17,8	19,8	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	16,0	18,1	20,1	22,2	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	18,3	20,4	22,5	24,6	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	20,7	22,8	24,9	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,1	25,2	27,4	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,3	25,5	27,7	29,8	32,0
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25,7	27,9	30,2	32,4

431

ДОДАТКИ

Таблиця Г.22

Фітомаса стовбурів у корі деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	18,2	25,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	19,5	27,3	34,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	28,7	36,4	43,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	29,9	37,9	45,6	53,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	39,2	47,1	54,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	48,4	56,3	64,0	71,5	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	49,6	57,7	65,5	73,2	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	58,9	66,9	74,8	82,5	89,9	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	68,2	76,2	84,0	91,7	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	77,5	85,5	93,3	101,0	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	86,9	94,8	102,6	110,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	96,2	104,1	111,9	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	105,5	113,4	121,3	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	106,8	114,9	122,8	130,6	138,3
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	116,2	124,2	132,1	139,9
Відносна повнота 0,7														
4	19,5	27,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	21,0	29,2	37,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	30,8	39,0	46,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.22

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	32,1	40,6	48,9	56,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	42,0	50,5	58,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	51,9	60,4	68,6	76,6	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	53,2	61,9	70,3	78,5	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	63,2	71,8	80,2	88,4	96,5	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	73,2	81,7	90,1	98,4	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	83,2	91,7	100,1	108,3	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	93,2	101,7	110,1	118,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	103,2	111,7	120,0	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	113,2	121,7	130,0	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	114,6	123,2	131,7	140,1	148,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	124,6	133,2	141,7	150,1
Відносна повнота 0,8														
4	20,7	28,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	22,3	31,1	39,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	32,7	41,5	49,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	34,1	43,2	51,9	60,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	44,6	53,7	62,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	55,2	64,2	72,9	81,4	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	56,5	65,7	74,7	83,4	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	67,1	76,3	85,2	94,0	102,6	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	77,8	86,8	95,8	104,5	–	–	–	–	–

433

ДОДАТКИ

Продовження табл. Г.22

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА PSEUDOSASIAL. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
22	-	-	-	-	-	-	88,4	97,4	106,3	115,1	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	99,0	108,0	116,9	125,7	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	109,6	118,6	127,5	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120,2	129,3	138,2	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121,7	130,9	139,9	148,8	157,6
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132,4	141,5	150,6	159,5
Відносна повнота 0,9														
4	21,8	30,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	23,5	32,8	41,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	34,5	43,8	52,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	35,9	45,6	54,8	63,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	47,1	56,6	65,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	58,2	67,7	76,9	85,9	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	59,6	69,3	78,8	88,0	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	70,8	80,5	89,9	99,1	108,2	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	82,0	91,6	101,0	110,3	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	93,2	102,8	112,2	121,4	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	104,4	114,0	123,4	132,6	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	115,6	125,2	134,6	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126,8	136,4	145,8	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128,4	138,1	147,6	157,0	166,3
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139,7	149,3	158,8	168,2

Таблиця Г.23

Фітомаса гілок у корі деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	2,6	7,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,6	4,6	9,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,2	6,9	12,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,5	5,2	9,3	15,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	4,2	7,5	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	6,2	10,0	14,9	21,1	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	5,2	8,4	12,6	17,9	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	7,3	10,9	15,5	21,1	27,8	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	9,6	13,6	18,6	24,5	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	12,1	16,5	21,7	27,9	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	14,8	19,5	25,1	31,5	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	17,7	22,7	28,5	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,7	26,1	32,1	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19,1	23,9	29,5	35,8	43,0
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22,1	27,3	33,1	39,7
Відносна повнота 0,7														
4	2,7	7,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,7	4,8	10,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,4	7,2	12,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	5,4	9,8	15,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.23

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНИЦІ PSEUDOSASIAL L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	4,3	7,8	12,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	6,5	10,4	15,6	22,1	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	5,5	8,8	13,2	18,7	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	7,6	11,4	16,2	22,1	29,1	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	10,0	14,2	19,4	25,6	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	12,7	17,2	22,7	29,2	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	15,5	20,4	26,2	32,9	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	18,5	23,7	29,8	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21,7	27,2	33,6	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19,9	25,0	30,8	37,5	44,9
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,1	28,5	34,6	41,5
Відносна повнота 0,8														
4	2,8	8,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,7	5,0	10,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,5	7,4	13,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,7	5,7	10,1	16,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	4,5	8,1	13,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	6,7	10,8	16,2	23,0	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	5,7	9,2	13,7	19,5	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	7,9	11,9	16,8	22,9	30,2	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	10,4	14,8	20,1	26,5	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	13,2	17,9	23,6	30,3	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	16,1	21,2	27,2	34,2	–	–	–

Продовження табл. Г.23

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
26	–	–	–	–	–	–	–	–	19,2	24,7	31,0	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22,5	28,3	34,9	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,7	26,0	32,0	38,9	46,6
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24,0	29,6	35,9	43,1
Відносна повнота 0,9														
4	2,9	8,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,8	5,2	11,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,6	7,7	13,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,8	5,8	10,5	16,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	4,7	8,4	13,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	6,9	11,2	16,7	23,7	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	5,9	9,5	14,2	20,1	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	8,2	12,3	17,4	23,7	31,3	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	10,8	15,3	20,8	27,5	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	13,6	18,5	24,4	31,3	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	16,6	21,9	28,2	35,4	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	19,9	25,5	32,0	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,3	29,2	36,1	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21,4	26,9	33,1	40,2	48,2
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24,8	30,6	37,2	44,5

437

ДОДАТКИ

Таблиця Г.24

Фітомаса листя деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	2,7	6,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,3	3,0	5,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,8	3,2	5,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,2	2,1	3,4	4,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,5	2,4	3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,8	2,7	3,7	4,8	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,4	2,1	2,9	3,8	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,7	2,3	3,1	3,9	4,8	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,9	2,5	3,2	4,0	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,1	2,7	3,4	4,1	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,3	2,9	3,5	4,2	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,5	3,0	3,6	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,7	3,2	3,8	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,4	2,8	3,3	3,9	4,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,5	3,0	3,4	4,0
Відносна повнота 0,7														
4	2,7	6,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,3	3,0	5,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,8	3,2	5,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,2	2,2	3,4	5,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.24

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	1,6	2,5	3,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,9	2,7	3,7	4,9	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,5	2,1	2,9	3,8	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,7	2,4	3,1	4,0	4,9	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,0	2,6	3,3	4,1	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,2	2,8	3,4	4,2	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,4	2,9	3,6	4,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,5	3,1	3,7	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,7	3,2	3,8	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,4	2,9	3,4	3,9	4,5
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,5	3,0	3,5	4,0
Відносна повнота 0,8														
4	2,7	6,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,3	3,0	5,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,8	3,3	5,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,2	2,2	3,5	5,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,6	2,5	3,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,9	2,7	3,8	4,9	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,5	2,2	3,0	3,9	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,7	2,4	3,2	4,0	5,0	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,0	2,6	3,3	4,1	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,2	2,8	3,5	4,2	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,4	3,0	3,6	4,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,6	3,1	3,7	–	–	–

Продовження табл. Г.24

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,7	3,3	3,9	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,4	2,9	3,4	4,0	4,6
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,6	3,0	3,5	4,1
Відносна повнота 0,9														
4	2,8	6,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,3	3,1	5,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,8	3,3	5,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,2	2,2	3,5	5,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,6	2,5	3,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,9	2,8	3,8	5,0	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,5	2,2	3,0	3,9	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,8	2,4	3,2	4,1	5,0	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,0	2,6	3,4	4,2	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,2	2,8	3,5	4,3	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,4	3,0	3,7	4,4	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,6	3,2	3,8	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,8	3,3	3,9	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,4	2,9	3,4	4,0	4,6
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,6	3,1	3,6	4,1

Таблиця Г.25

Фітомаса крон деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середня діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	5,3	13,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,9	7,5	15,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,0	10,0	17,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	3,6	7,3	12,7	19,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	5,7	9,9	15,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,0	12,6	18,6	26,0	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	6,7	10,5	15,5	21,7	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,0	13,3	18,6	25,0	32,7	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	11,5	16,2	21,8	28,5	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	14,3	19,2	25,1	32,0	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	17,1	22,4	28,6	35,7	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	20,2	25,8	32,2	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,4	29,2	35,9	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21,4	26,7	32,8	39,7	47,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24,6	30,2	36,5	43,6
Відносна повнота 0,7														
4	5,4	14,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,0	7,8	15,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,2	10,4	17,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,2	7,6	13,2	20,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.25

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНИА PSEUDOSASSIA L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середня діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	5,9	10,3	16,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,3	13,1	19,3	27,0	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	6,9	11,0	16,1	22,6	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,4	13,8	19,3	26,0	34,0	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	12,0	16,8	22,7	29,6	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	14,8	20,0	26,1	33,3	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	17,9	23,3	29,8	37,2	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	21,0	26,8	33,5	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24,4	30,5	37,4	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22,3	27,9	34,2	41,4	49,4
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25,6	31,5	38,1	45,5
Відносна повнота 0,8														
4	5,6	14,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,0	8,0	16,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,3	10,7	18,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	3,9	7,8	13,6	21,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	6,1	10,6	16,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,6	13,5	19,9	27,9	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	7,2	11,3	16,7	23,4	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,7	14,3	20,0	26,9	35,2	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	12,4	17,4	23,5	30,7	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	15,3	20,7	27,1	34,5	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	18,5	24,2	30,8	38,5	–	–	–

Продовження табл. Г.25

Середня діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
26	–	–	–	–	–	–	–	–	21,8	27,8	34,7	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25,2	31,6	38,7	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,1	28,9	35,4	42,9	51,2
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26,6	32,6	39,5	47,1
Відносна повнота 0,9														
4	5,7	14,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,1	8,2	16,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,5	11,0	19,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,0	8,1	14,0	22,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	6,3	10,9	17,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,8	13,9	20,5	28,7	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	7,4	11,7	17,2	24,1	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	10,0	14,7	20,6	27,8	36,3	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	12,8	17,9	24,2	31,6	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	15,8	21,3	27,9	35,6	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	19,1	24,9	31,8	39,7	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	22,5	28,7	35,8	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26,0	32,5	40,0	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23,8	29,8	36,6	44,2	52,8
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	27,4	33,7	40,7	48,6

443

ДОДАТКИ

Таблиця Г.26

Надземна фітомаса деревостану, т·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	23,4	39,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	22,4	34,8	49,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	33,7	46,4	61,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	33,5	45,2	58,3	72,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	44,9	57,0	70,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	56,4	68,9	82,5	97,4	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	56,3	68,2	81,1	94,9	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	67,9	80,2	93,4	107,5	122,6	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	79,8	92,4	105,8	120,2	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	91,8	104,7	118,4	133,0	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	104,0	117,2	131,2	146,0	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	116,4	129,9	144,1	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	128,9	142,7	157,1	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	128,2	141,6	155,6	170,3	185,7
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	140,8	154,4	168,6	183,5
Відносна повнота 0,7														
4	24,9	41,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	23,9	37,0	52,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	35,9	49,4	64,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

10	–	33,3	48,2	62,0	77,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
----	---	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Продовження табл. Г.26

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	47,9	60,8	74,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	60,2	73,5	87,9	103,6	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	60,1	72,8	86,4	101,1	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	72,5	85,6	99,5	114,5	130,5	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	85,2	98,6	112,8	128,0	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	98,0	111,7	126,2	141,7	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	111,0	125,0	139,8	155,5	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	124,2	138,5	153,6	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	137,5	152,1	167,4	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	136,9	151,0	165,9	181,4	197,7
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	150,2	164,7	179,8	195,6
Відносна повнота 0,8														
4	26,2	43,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	25,3	39,1	55,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	38,0	52,2	68,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	37,9	51,0	65,5	81,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	50,7	64,3	79,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	63,8	77,7	92,8	109,3	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	63,7	77,0	91,4	106,8	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	76,8	90,5	105,2	120,9	137,8	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	90,2	104,2	119,2	135,2	–	–	–	–	–

445

ДОДАТКИ

22	–	–	–	–	–	–	103,7	118,1	133,4	149,6	–	–	–	–
----	---	---	---	---	---	---	-------	-------	-------	-------	---	---	---	---

Продовження табл. Г.26

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	117,5	132,2	147,8	164,2	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	131,4	146,4	162,3	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	145,5	160,8	176,9	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	144,8	159,7	175,3	191,7	208,8
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	159,0	174,2	190,0	206,6
Відносна повнота 0,9														
4	27,5	45,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	26,6	41,0	58,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	40,0	54,7	71,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	39,9	53,6	68,7	85,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	53,3	67,5	83,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	67,0	81,6	97,4	114,6	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	67,0	81,0	96,0	112,1	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	80,8	95,2	110,5	126,9	144,5	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	94,8	109,5	125,2	141,9	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	109,0	124,1	140,1	157,0	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	123,5	138,9	155,2	172,3	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	138,1	153,8	170,4	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	152,9	168,9	185,7	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	152,3	167,9	184,2	201,2	219,1
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	167,1	183,0	199,6	216,9

Таблиця Г.27

Фітомаса деревної зелені деревостану, т·га⁻¹

Свіжозрубаний стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	8,2	13,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	5,8	9,5	13,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	7,5	10,6	14,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	6,2	8,8	11,5	14,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	7,5	9,9	12,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	8,7	10,8	13,1	15,4	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	7,7	9,7	11,7	13,8	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	8,8	10,6	12,5	14,4	16,4	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	9,7	11,4	13,2	15,0	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	10,5	12,2	13,8	15,5	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	11,3	12,8	14,4	16,1	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	12,0	13,5	15,0	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,7	14,1	15,5	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,9	13,3	14,7	16,1	17,5
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,6	13,9	15,2	16,5
Відносна повнота 0,7														
4	8,5	14,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	6,0	9,9	14,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	7,7	11,0	14,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	6,4	9,1	12,0	15,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.27

Середній діаметр, см	Середня висота, Г													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	7,8	10,3	12,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	9,0	11,3	13,6	16,0	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	8,0	10,1	12,2	14,3	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,1	11,0	13,0	15,0	17,0	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	10,1	11,8	13,7	15,6	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	10,9	12,6	14,4	16,2	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	11,7	13,3	15,0	16,7	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	12,5	14,0	15,6	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,2	14,6	16,2	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,4	13,8	15,2	16,7	18,2
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,1	14,4	15,8	17,2
Відносна повнота 0,8														
4	8,8	14,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	6,2	10,2	14,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	8,0	11,4	15,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	6,6	9,4	12,4	15,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	8,1	10,6	13,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	9,3	11,6	14,1	16,6	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	8,3	10,4	12,6	14,8	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,4	11,4	13,4	15,5	17,6	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	10,4	12,2	14,2	16,1	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	11,3	13,0	14,9	16,7	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	12,1	13,8	15,5	17,3	–	–	–

449

ДОДАТКИ

Продовження табл. Г.27

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
26	–	–	–	–	–	–	–	–	12,9	14,5	16,1	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,6	15,1	16,7	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,8	14,3	15,7	17,2	18,8
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,5	14,9	16,3	17,8
Відносна повнота 0,9														
4	9,0	14,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	6,4	10,5	15,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	8,2	11,7	15,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	6,8	9,7	12,8	16,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	8,3	10,9	13,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	9,6	12,0	14,5	17,0	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	8,6	10,7	12,9	15,2	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	9,7	11,7	13,8	15,9	18,1	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	10,7	12,6	14,6	16,6	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	11,6	13,4	15,3	17,2	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	12,5	14,2	16,0	17,8	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	13,3	14,9	16,6	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14,0	15,6	17,2	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,2	14,7	16,2	17,8	19,3
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,9	15,3	16,8	18,3

Таблиця Г.28

Відношення надземної фітомаси деревостану до запасу у корі, т·(м³)·га⁻¹

Свіжозрубаний стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	0,653	0,747	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,601	0,641	0,700	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,604	0,637	0,681	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,588	0,607	0,636	0,673	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,592	0,611	0,637	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,596	0,615	0,639	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,587	0,601	0,619	0,641	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,592	0,606	0,623	0,643	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,596	0,610	0,627	0,646	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,601	0,615	0,631	0,648	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,605	0,619	0,634	0,651	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,610	0,623	0,638	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,614	0,627	0,641	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,607	0,618	0,630	0,644	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,611	0,622	0,634	0,647
Відносна повнота 0,7														
4	0,619	0,705	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,571	0,608	0,662	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,574	0,604	0,631	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.28

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНИА PSEUDOSASIA L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	0,520	0,577	0,593	0,637	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,563	0,572	0,605	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,560	0,585	0,606	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	0,572	0,588	0,608	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,563	0,576	0,592	0,611	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,568	0,580	0,596	0,613	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,572	0,584	0,599	0,616	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,576	0,588	0,602	0,618	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,580	0,592	0,606	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,584	0,596	0,609	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,577	0,588	0,599	0,612	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,581	0,591	0,602	0,615
Відносна повнота 0,8														
4	0,590	0,670	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,547	0,581	0,631	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,549	0,577	0,615	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,536	0,553	0,577	0,608	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,540	0,556	0,578	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,544	0,560	0,580	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,536	0,548	0,563	0,582	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,540	0,552	0,567	0,584	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,544	0,556	0,570	0,586	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,548	0,560	0,573	0,589	–	–	–	–

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	0,552	0,563	0,576	0,591	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,555	0,567	0,579	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,559	0,570	0,582	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,553	0,562	0,573	0,585	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,556	0,566	0,576	0,592
Відносна повнота 0,9														
4	0,567	0,641	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,527	0,558	0,605	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,529	0,555	0,591	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,517	0,532	0,555	0,584	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,520	0,535	0,556	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,531	0,538	0,557	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,517	0,527	0,542	0,559	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,520	0,531	0,545	0,561	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,524	0,535	0,548	0,563	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,527	0,538	0,551	0,566	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,531	0,542	0,554	0,568	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,535	0,545	0,557	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,538	0,548	0,560	–	–

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА ПСЕУДОАСАСІА L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,532	0,541	0,55 1	0,563	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,536	0,54 5	0,554	0,565

Таблиця Г.29

Продукція деревини стовбурів деревостану, т·(га·рік)⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	3,24	2,71	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,40	2,84	2,50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	2,94	2,59	2,34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	3,02	2,66	2,41	2,22	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	2,72	2,46	2,27	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,51	2,31	2,16	2,04	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,55	2,35	2,19	2,07	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	2,38	2,22	2,10	1,99	1,90	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,25	2,12	2,02	1,92	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,15	2,04	1,95	1,87	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,06	1,97	1,89	1,81	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,99	1,90	1,83	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,92	1,85	1,78	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,94	1,86	1,80	1,74	1,69
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,88	1,81	1,75	1,70
Відносна повнота 0,7														
4	3,91	3,27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,10	3,43	3,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,55	3,13	2,83	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.29

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА PSEUDOSASIA L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	3,65	3,21	2,91	2,68	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	3,28	2,97	2,74	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	3,03	2,79	2,61	2,46	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	3,08	2,84	2,65	2,50	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	2,88	2,69	2,53	2,41	2,30	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,72	2,57	2,44	2,33	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,60	2,46	2,35	2,25	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,49	2,38	2,28	2,19	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,40	2,30	2,21	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,32	2,23	2,16	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,34	2,25	2,17	2,10	2,04
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,27	2,19	2,12	2,06
Відносна повнота 0,8														
4	4,61	3,85	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,84	4,04	3,56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,18	3,68	3,34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,30	3,78	3,43	3,16	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	3,87	3,50	3,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	3,57	3,29	3,07	2,90	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	3,62	3,34	3,12	2,94	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	3,39	3,17	2,99	2,83	2,71	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	3,21	3,02	2,87	2,74	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	3,06	2,90	2,77	2,66	–	–	–	–

Продовження табл. Г.29

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	2,93	2,80	2,68	2,58	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,83	2,71	2,61	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,73	2,63	2,54	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,76	2,65	2,56	2,48	2,40
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,67	2,58	2,50	2,42
Відносна повнота 0,9														
4	5,32	4,45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	5,59	4,67	4,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,83	4,26	3,86	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,96	4,37	3,96	3,65	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	4,47	4,05	3,73	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	4,12	3,80	3,55	3,35	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	4,19	3,86	3,61	3,40	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	3,92	3,66	3,45	3,28	3,13	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	3,71	3,49	3,32	3,17	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	3,53	3,35	3,20	3,07	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	3,39	3,24	3,10	2,99	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	3,27	3,13	3,01	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,16	3,04	2,93	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,19	3,07	2,96	2,86	2,78
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,09	2,98	2,89	2,80

457

ДОДАТКИ

Таблиця Г.30

Продукція кори стовбурів деревостану, т·(га·рік)⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	0,15	0,29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,11	0,22	0,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,19	0,30	0,45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,16	0,27	0,39	0,53	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,24	0,35	0,47	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,31	0,43	0,56	0,70	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,29	0,39	0,51	0,64	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,37	0,47	0,59	0,73	0,87	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,44	0,56	0,68	0,81	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,52	0,64	0,77	0,90	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,61	0,73	0,85	0,99	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,69	0,81	0,94	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,77	0,90	1,03	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,74	0,86	0,99	1,12	1,26
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,83	0,95	1,07	1,21
Відносна повнота 0,7														
4	0,16	0,31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,12	0,24	0,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,20	0,32	0,48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.30

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	0,17	0,29	0,42	0,57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,26	0,35	0,51	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,33	0,46	0,60	0,75	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,31	0,42	0,55	0,69	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,40	0,51	0,63	0,78	0,94	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,47	0,60	0,73	0,87	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,56	0,69	0,83	0,97	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,66	0,78	0,91	1,06	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,74	0,87	1,01	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,83	0,97	1,11	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,80	0,92	1,06	1,20	1,35
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,89	1,02	1,15	1,30
Відносна повнота 0,8														
4	0,17	0,33	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,13	0,26	0,43	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,21	0,34	0,48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,18	0,31	0,45	0,61	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,28	0,38	0,55	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,36	0,49	0,64	0,80	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,33	0,45	0,59	0,74	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,43	0,55	0,67	0,78	1,01	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,50	0,64	0,73	0,93	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,60	0,69	0,89	1,04	–	–	–	–

459

ДОДАТКИ

Продовження табл. Г.30

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	0,66	0,83	0,97	1,13	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,79	0,93	1,08	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,82	1,04	1,19	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,86	0,98	1,13	1,28	1,44
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,95	1,09	1,23	1,39
Відносна повнота 0,9														
4	0,18	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,14	0,28	0,46	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,22	0,36	0,51	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,19	0,33	0,48	0,69	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,30	0,41	0,59	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,38	0,52	0,68	0,85	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,35	0,48	0,63	0,79	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,46	0,59	0,71	0,83	1,01	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,53	0,68	0,78	0,93	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,64	0,74	0,89	1,11	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,71	0,83	1,03	1,13	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,79	0,99	1,08	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,95	1,04	1,27	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,92	0,98	1,20	1,36	1,53
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,95	1,16	1,31	1,48

Таблиця Г.31

Продукція стовбурів у корі деревостану, т·(га·рік)⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	3,39	3,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	3,51	3,06	2,52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,13	2,89	2,79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	3,18	2,93	2,80	2,75	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	2,96	2,81	2,74	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,82	2,62	2,72	2,74	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,84	2,74	2,70	2,71	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	2,75	2,69	2,69	2,72	2,77	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,69	2,68	2,70	2,73	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,67	2,68	2,72	2,77	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,67	2,70	2,74	2,80	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,68	2,71	2,77	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,69	2,73	2,81	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,72	2,79	2,86	2,95
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,71	2,76	2,82	2,91
Відносна повнота 0,7														
4	4,07	3,58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,22	3,67	3,42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	3,75	3,45	3,31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Г.31

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА PSEUDOSASA L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	3,82	3,50	3,33	3,25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	3,54	3,32	3,25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	3,36	3,25	3,21	3,31	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	3,39	3,26	3,20	3,19	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	3,28	3,20	3,17	3,19	3,24	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	3,19	3,16	3,17	3,20	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	3,16	3,15	3,18	3,22	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	3,15	3,16	3,19	3,25	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	3,14	3,17	3,22	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,15	3,20	3,27	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,17	3,23	3,30	3,39
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,16	3,21	3,27	3,36
Відносна повнота 0,8														
4	4,78	4,18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,97	4,30	3,99	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,39	4,02	3,82	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	4,48	4,09	3,88	3,77	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	4,15	3,88	3,78	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	3,93	3,78	3,71	3,70	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	3,95	3,79	3,71	3,68	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	3,82	3,72	3,66	3,61	3,72	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	3,71	3,66	3,60	3,67	–	–	–	–	–

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
22	–	–	–	–	–	–	3,66	3,59	3,66	3,70	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	3,59	3,63	3,65	3,71	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	3,62	3,64	3,69	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,55	3,67	3,73	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,62	3,63	3,69	3,76	3,84
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,62	3,67	3,73	3,81
Відносна повнота 0,9														
4	5,50	4,80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	5,63	4,95	4,57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	5,05	4,62	4,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	5,15	4,70	4,44	4,33	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	4,77	4,46	4,32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	4,50	4,32	4,23	4,20	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	4,54	4,34	4,24	4,19	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	4,38	4,25	4,16	4,11	4,14	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	4,24	4,17	4,10	4,10	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	4,17	4,09	4,09	4,18	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	4,10	4,07	4,13	4,12	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	4,06	4,12	4,09	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,11	4,08	4,20	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,11	4,05	4,16	4,22	4,31
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,04	4,14	4,20	4,28

Додаток Д

Депонування вуглецю надземною фітомасою деревостанів робінії несправжньоакації

Таблиця Д.1

Депонування вуглецю фітомасою деревини стовбурів деревостану, т·(га·рік)⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	1,62	1,36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,70	1,42	1,25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,47	1,30	1,17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,51	1,33	1,21	1,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,36	1,23	1,14	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,26	1,16	1,08	1,02	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,28	1,18	1,10	1,04	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,19	1,11	1,05	1,00	0,95	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,13	1,06	1,01	0,96	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,08	1,02	0,98	0,94	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1,03	0,99	0,95	0,91	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,95	0,92	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,96	0,93	0,89	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,94	0,91	0,88	0,85
Відносна повнота 0,7														
4	1,96	1,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.1

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
6	2,05	1,72	1,51	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,78	1,57	1,42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,83	1,61	1,46	1,34	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,64	1,49	1,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,52	1,40	1,31	1,23	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,54	1,42	1,33	1,25	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,44	1,35	1,27	1,21	1,15	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,36	1,29	1,22	1,17	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,30	1,23	1,18	1,13	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1,25	1,19	1,14	1,10	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,20	1,15	1,11	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,16	1,12	1,08	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,17	1,13	1,09	1,05	1,02
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,14	1,10	1,06	1,03
Відносна повнота 0,8														
4	2,31	1,93	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,42	2,02	1,78	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	2,09	1,84	1,67	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,15	1,89	1,72	1,58	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,94	1,75	1,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,79	1,65	1,54	1,45	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,81	1,67	1,56	1,47	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,70	1,59	1,50	1,42	1,36	–	–	–	–	–

465

ДОДАТКИ

Продовження табл. Д.1

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА PSEUDOSASSIAL L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
20	–	–	–	–	–	1,61	1,51	1,44	1,37	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,53	1,45	1,39	1,33	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1,47	1,40	1,34	1,29	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,42	1,36	1,31	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,37	1,32	1,27	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,38	1,33	1,28	1,24	1,20
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,34	1,29	1,25	1,21
Відносна повнота 0,9														
4	2,66	2,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,80	2,34	2,06	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	2,42	2,13	1,93	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,48	2,19	1,98	1,83	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	2,24	2,03	1,87	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,06	1,90	1,78	1,68	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,10	1,93	1,81	1,70	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,96	1,83	1,73	1,64	1,57	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,86	1,75	1,66	1,59	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,77	1,68	1,60	1,54	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1,70	1,62	1,55	1,50	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,64	1,57	1,51	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,58	1,52	1,47	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,60	1,54	1,48	1,43	1,39
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,55	1,49	1,45	1,40

Таблиця Д.2

Депонування вуглецю фітомасою кори стовбурів деревостану, т·га⁻¹·рік⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	0,08	0,15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,06	0,11	0,19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,10	0,15	0,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,08	0,14	0,20	0,27									
12	–	–	0,12	0,18	0,24									
14	–	–	–	0,16	0,22	0,28	0,35	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,15	0,20	0,26	0,32	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,19	0,24	0,30	0,37	0,44	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,22	0,28	0,34	0,41	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,26	0,32	0,39	0,45	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,31	0,37	0,43	0,50	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,35	0,41	0,47	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,39	0,45	0,52	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,37	0,43	0,50	0,56	0,63
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,42	0,48	0,54	0,61
Відносна повнота 0,7														
4	0,08	0,16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,06	0,12	0,20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,10	0,16	0,24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,09	0,15	0,21	0,29	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,13	0,18	0,26	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.2

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА PSEUDOSASIAL L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
14	–	–	–	0,17	0,23	0,30	0,38	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,16	0,21	0,28	0,35	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,20	0,26	0,32	0,39	0,47	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,24	0,30	0,37	0,44	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,28	0,35	0,42	0,49	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,33	0,39	0,46	0,53	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,37	0,44	0,51	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,42	0,49	0,56	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,40	0,46	0,53	0,60	0,68
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,00	0,45	0,51	0,58	0,65
Відносна повнота 0,8														
4	0,09	0,17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,07	0,13	0,22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,11	0,17	0,24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,09	0,16	0,23	0,31	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,14	0,19	0,28	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,18	0,25	0,32	0,40	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,17	0,23	0,30	0,37	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,22	0,28	0,34	0,39	0,51	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,25	0,32	0,37	0,47	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,30	0,35	0,45	0,52	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,33	0,42	0,49	0,57	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,40	0,47	0,54	–	–	–

Продовження табл. Д.2

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,41	0,52	0,60	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,43	0,49	0,57	0,64	0,72
32											0,48	0,55	0,62	0,70
Відносна повнота 0,9														
4	0,09	0,18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	0,07	0,14	0,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	0,11	0,18	0,26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	0,10	0,17	0,24	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,15	0,21	0,30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	0,19	0,26	0,34	0,43	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	0,18	0,24	0,32	0,40	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	0,23	0,30	0,36	0,42	0,51	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	0,27	0,34	0,39	0,47	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	0,32	0,37	0,45	0,56	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	0,36	0,42	0,52	0,57	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	0,40	0,50	0,54	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,48	0,52	0,64	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,46	0,49	0,60	0,68	0,77
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,48	0,58	0,66	0,74

469

ДОДАТКИ

Таблиця Д.3

Депонування вуглецю фітомасою стовбурів у корі деревостану, т·га⁻¹·рік⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	1,70	1,50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,76	1,53	1,26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,57	1,45	1,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,59	1,47	1,40	1,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	1,48	1,41	1,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,41	1,31	1,36	1,37	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,42	1,37	1,35	1,36	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,38	1,35	1,35	1,36	1,39	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,35	1,34	1,35	1,37	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,34	1,34	1,36	1,39	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1,34	1,35	1,37	1,40	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,34	1,36	1,39	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,35	1,37	1,41	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,00	1,36	1,40	1,43	1,48
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,36	1,38	1,41	1,46
Відносна повнота 0,7														
4	2,04	1,79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,11	1,84	1,71	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	1,88	1,73	1,66	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	1,91	1,75	1,67	1,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.3

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	1,77	1,66	1,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,68	1,63	1,61	1,66	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,70	1,63	1,60	1,60	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,64	1,60	1,59	1,60	1,62	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,60	1,58	1,59	1,60	0,00	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,58	1,58	1,59	1,61	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1,58	1,58	1,60	1,63	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,57	1,59	1,61	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,58	1,60	1,64	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,59	1,62	1,65	1,70
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,58	1,61	1,64	1,68
Відносна повнота 0,8														
4	2,39	2,09	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,49	2,15	2,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	2,20	2,01	1,91	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,24	2,05	1,94	1,89	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	2,08	1,94	1,89	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1,97	1,89	1,86	1,85	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1,98	1,90	1,86	1,84	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1,91	1,86	1,83	1,81	1,86	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1,86	1,83	1,80	1,84	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1,83	1,80	1,83	1,85	–	–	–	–

471

ДОДАТКИ

Продовження табл. Д.3

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	1,80	1,82	1,83	1,86	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1,81	1,82	1,85	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,78	1,84	1,87	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,81	1,83	1,85	1,88	1,92
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,81	1,84	1,87	1,91
Відносна повнота 0,9														
4	2,75	2,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	2,82	2,48	2,29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	2,53	2,31	2,19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	2,58	2,35	2,22	2,17	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	2,39	2,23	2,16	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	2,25	2,16	2,12	2,10	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	2,27	2,17	2,12	2,10	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	2,19	2,13	2,08	2,06	2,07	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	2,12	2,09	2,05	2,05	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	2,09	2,05	2,05	2,09	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2,05	2,04	2,07	2,06	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2,03	2,06	2,05	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,06	2,04	2,10	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,06	2,03	2,08	2,11	2,16
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,02	2,07	2,10	2,14

**Річний стік вуглецю надземною фітомасою робінієвих
деревостанів у лісових насадженнях адміністративних
районів Дніпропетровської області**

Район / місто Дніпропетровської області	Площа робінієвих насаджень, га	Депонування вуглецю, т·рік ⁻¹
Апостолівський	454,0	1277
Васильківський	34,8	91
Верхньодніпровський	5559,0	20480
Дніпропетровський	2021,1	6829
Криворізький	881,8	3113
Криничанський	400,5	1317
м. Дніпродзержинськ	273,6	899
м. Марганець	243,8	963
м. Орджонікідзе	103,5	409
Магдалинівський	10,2	23
Межівський	236,4	814
Нікопольський	663,0	2032
Новомосковський	1113,4	6751
Павлоградський	170,9	550
Петриківський	1085,7	3688
Петропавлівський	268,0	1775
Покровський	254,7	940
П'ятихатський	1539,1	5182
Синельниковський	595,8	1844
Солонянський	577,0	1607
Софіївський	293,7	971
Томаківський	340,7	1031
Царичанський	311,5	885
Широківський	332,9	971
Юріївський	8,1	3

Таблиця Д.5

Вміст енергії у деревині стовбурів деревостанів робінії несправжньоакації, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	281	387	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	303	417	524	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	440	552	658	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	458	575	686	792	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	595	709	820	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	730	843	952	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	748	864	976	1085	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	883	997	1108	1216	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1017	1130	1240	1348	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1150	1262	1372	1479	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1283	1394	1503	1610	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1415	1525	1634	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1546	1656	1764	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1566	1678	1787	1895	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1698	1808	1917	2024
Відносна повнота 0,7														
4	301	415	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	325	447	561	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.5

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8	–	472	592	706	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	491	617	735	849	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	638	761	878	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	783	904	1021	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	802	926	1046	1162	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	947	1069	1188	1304	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1090	1211	1329	1445	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1233	1353	1470	1585	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1375	1494	1611	1725	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1516	1635	1751	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1657	1775	1891	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1679	1798	1915	2030	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1819	1938	2055	2170
Відносна повнота 0,8														
4	320	441	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	345	475	596	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	501	628	750	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	522	655	781	902	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	677	808	933	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	831	960	1084	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	852	984	1111	1234	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1005	1135	1262	1384	–	–	–	–	–	–

475

ДОДАТКИ

Продовження табл. Д.5

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
20	–	–	–	–	–	1158	1286	1412	1534	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1309	1437	1561	1683	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1460	1587	1710	1832	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1610	1736	1860	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1760	1885	2008	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1783	1909	2034	2156	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1932	2058	2182	2304
Відносна повнота 0,9														
4	337	465	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	364	501	628	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	528	663	790	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	550	691	824	951	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	714	852	983	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	876	1012	1143	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	898	1037	1172	1302	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1060	1197	1330	1460	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1221	1356	1488	1617	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1380	1515	1646	1775	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1539	1673	1804	1932	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1698	1831	1961	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1856	1988	2117	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1880	2013	2145	2274	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2037	2170	2301	2430

Таблиця Д.6

Вміст енергії у корі стовбурів деревостану, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	43	66	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	46	70	94	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	74	99	124	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	76	102	129	155	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	105	132	159	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	136	163	192	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	139	167	196	225	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	170	200	229	258	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	203	232	262	292	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	236	266	297	327	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	270	301	332	363	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	305	336	368	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	340	372	404	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	344	376	408	440	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	380	412	445	477
Відносна повнота 0,7														
4	47	71	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	50	75	102	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	79	106	133	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.6

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	82	110	138	167	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	113	142	172	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	146	176	206	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	149	180	211	241	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	183	215	246	278	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	218	250	282	314	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	254	286	319	352	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	291	324	357	390	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	328	362	395	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	366	400	434	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	370	404	439	474	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	409	443	478	514
Відносна повнота 0,8														
4	50	75	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	53	80	108	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	84	113	142	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	87	117	147	178	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	121	152	183	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	156	187	220	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	159	191	224	257	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	195	229	262	296	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	232	266	301	335	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	271	305	340	375	–	–	–	–

Продовження табл. Д.6

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	310	345	380	416	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	349	385	421	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	390	426	462	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	394	431	468	505	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	435	472	510	547
Відносна повнота 0,9														
4	53	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	56	85	114	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	89	119	150	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	92	124	156	188	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	128	160	193	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	165	198	232	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	168	202	237	272	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	206	242	277	313	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	246	282	318	354	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	286	323	359	397	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	327	365	402	439	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	369	407	445	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	412	451	489	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	417	456	495	534	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	460	500	539	579

479

ДОДАТКИ

Таблиця Д.7

Вміст енергії у стовбурах у корі деревостану, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	324	453	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	349	487	618	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	514	651	782	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	534	677	815	947	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	700	841	979	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	866	1006	1144	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	887	1031	1172	1310	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1053	1197	1337	1474	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1220	1362	1502	1640	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1386	1528	1669	1806	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1553	1695	1835	1973	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1720	1861	2002	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1886	2028	2168	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1910	2054	2195	2335	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2078	2220	2362	2501
Відносна повнота 0,7														
4	348	486	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	375	522	663	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	551	698	839	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.7

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	–	573	727	873	1016	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	751	903	1050	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	929	1080	1227	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	951	1106	1257	1403	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1130	1284	1434	1582	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1308	1461	1611	1759	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1487	1639	1789	1937	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1666	1818	1968	2115	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1844	1997	2146	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2023	2175	2325	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2049	2202	2354	2504	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2228	2381	2533	2684
Відносна повнота 0,8														
4	370	516	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	398	555	704	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	585	741	892	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	522	772	928	1080	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	798	960	1116	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	987	1147	1304	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1011	1175	1335	1491	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1200	1364	1524	1680	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1390	1552	1713	1869	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1580	1742	1901	2058	–	–	–	–

481

ДОДАТКИ

Продовження табл. Д.7

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	1770	1932	2090	2248	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	1959	2121	2281	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2150	2311	2470	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2177	2340	2502	2661	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2367	2530	2692	2851
Відносна повнота 0,9														
4	390	545	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	420	586	742	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	617	782	940	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	642	815	980	1139	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	842	1012	1176	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1041	1210	1375	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1066	1239	1409	1574	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1266	1439	1607	1773	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1467	1638	1806	1971	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1666	1838	2005	2172	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1866	2038	2206	2371	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2067	2238	2406	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2268	2439	2606	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2297	2469	2640	2808	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2497	2670	2840	3009

Таблиця Д 8

Вміст енергії у гілках крони у корі деревостану, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	47	135	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	28	82	175	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	58	122	220	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	44	93	167	269	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	74	133	215	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	110	178	266	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	94	151	226	321	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	131	196	278	378	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	172	244	332	437	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	217	295	389	499	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	265	349	448	563	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	316	406	510	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	371	466	575	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	340	428	528	641	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	395	487	592	709
Відносна повнота 0,7														
4	49	141	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	30	86	182	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	60	128	230	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	42	97	175	281	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл.Д.8

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНИІА PSEUDOSASSAL L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	78	139	225	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	115	186	278	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	158	236	335	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	136	204	290	395	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	180	255	347	457	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	226	308	406	521	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	277	365	468	589	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	331	424	533	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	388	487	600	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	356	447	551	670	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	413	509	618	741
Відносна повнота 0,8														
4	51	147	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	31	89	190	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	63	133	239	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	48	101	181	292	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	81	145	234	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	120	193	289	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	102	164	245	348	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	142	212	301	410	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	186	264	360	475	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	235	320	422	542	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	288	379	487	612	–	–	–

Продовження табл.Д.8

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
26	–	–	–	–	–	–	–	–	344	441	554	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	403	506	624	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	370	465	573	696	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	429	529	643	770
Відносна повнота 0,9														
4	53	152	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	32	92	196	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	65	137	247	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	49	104	187	302	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	83	150	241	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	124	200	299	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	105	170	254	360	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	147	220	311	424	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	193	274	372	491	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	243	331	437	560	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	298	392	503	632	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	355	456	573	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	416	523	645	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	382	480	593	719	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	443	547	664	796

485

ДОДАТКИ

Таблиця Д.9

Вміст енергії у листі деревостану, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	43	98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	21	48	85	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	28	51	81	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	19	34	54	79	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	25	39	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	30	43	59	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	24	34	46	61	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	27	38	49	63	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	31	41	52	64	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	34	44	54	66	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	38	46	57	68	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	40	49	58	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	43	51	60	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	38	45	53	62	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40	48	55	64
Відносна повнота 0,7														
4	43	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	21	48	87	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	29	52	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	19	35	55	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.9

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	25	39	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	30	44	60	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	24	34	47	62	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	28	38	50	64	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	31	41	53	65	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	35	44	55	67	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	38	47	57	69	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	41	50	59	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	43	52	61	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	38	46	54	63	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	41	48	56	64
Відносна повнота 0,8														
4	44	101	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	21	49	88	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	29	53	83	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	19	35	55	81	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	25	40	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	30	44	60	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	24	35	48	63	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	28	39	51	64	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	32	42	53	66	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	35	45	56	68	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	38	48	58	69	–	–	–

487

ДОДАТКИ

Продовження табл. Д.9

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
26	–	–	–	–	–	–	–	–	41	50	60	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44	53	62	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	39	46	55	64	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	41	49	57	65
Відносна повнота 0,9														
4	44	102	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	21	49	89	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	29	53	84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	20	35	56	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	26	40	59	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	31	45	61	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	24	35	48	63	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	28	39	51	65	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	32	42	54	67	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	36	45	57	69	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	39	48	59	70	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	42	51	61	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44	53	63	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	39	47	55	64	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	42	49	57	66

Таблиця Д.10

Вміст енергії у кронах деревостану, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	90	233	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	49	130	260	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	86	173	301	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	63	127	221	348	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	99	172	272	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	140	221	325	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	118	185	272	382	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	158	234	327	441	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	203	285	384	501	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	251	339	443	565	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	303	395	505	631	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	356	455	568	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	414	517	635	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	378	473	581	703	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	435	535	647	773
Відносна повнота 0,7														
4	92	241	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	51	134	269	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	89	180	312	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	61	132	230	361	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.10

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІЯ PSEUDOSASIAL L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
12	–	–	103	178	283	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	145	230	338	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	192	283	397	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	164	242	340	459	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	211	296	400	522	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	261	352	461	588	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	315	412	525	658	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	372	474	592	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	431	539	661	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	394	493	605	733	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	454	557	674	805
Відносна повнота 0,8														
4	95	248	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	52	138	278	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	92	186	322	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	67	136	236	373	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	106	185	292	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	150	237	349	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	126	199	293	411	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	170	251	352	474	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	218	306	413	541	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	270	365	478	610	–	–	–	–

Продовження табл. Д.10

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
24	–	–	–	–	–	–	–	326	427	545	681	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	385	491	614	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	447	559	686	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	409	511	628	760	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	470	578	700	835
Відносна повнота 0,9														
4	97	254	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	53	141	285	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	94	190	331	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	69	139	243	384	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	109	190	300	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	155	245	360	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	129	205	302	423	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	175	259	362	489	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	225	316	426	558	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	279	376	494	625	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	328	440	562	702	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	397	507	634	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	460	576	688	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	421	527	648	783	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	485	596	721	862

491

ДОДАТКИ

Таблиця Д.11

Вміст енергії у надземній частині деревостану, ГДж·га⁻¹

Абсолютно сухий стан

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Відносна повнота 0,6														
4	414	686	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	398	617	878	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	600	824	1083	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	597	804	1036	1295	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	799	1013	1251	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1006	1227	1469	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1005	1216	1444	1692	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	–	1431	1664	1915	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1423	1647	1886	2141	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1637	1867	2112	2371	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1856	2090	2340	2604	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2076	2316	2570	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2300	2545	2803	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2288	2527	2776	3038	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2513	2755	3009	3274
Відносна повнота 0,7														
4	440	727	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	426	656	932	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Середній діаметр, см	Висота													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8	–	640	878	1151	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	634	859	1103	1377	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	854	1081	1333	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1074	1310	1565	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	1298	1540	1800	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1294	1526	1774	2041	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1519	1757	2011	2281	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1748	1991	2250	2525	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	1981	2230	2493	2773	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2216	2471	2738	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2454	2714	2986	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2695	2959	3237	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2682	2938	3207	3489
Відносна повнота 0,8														
4	465	764	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	450	693	982	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	677	927	1214	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	589	908	1164	1453	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	904	1145	1408	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1137	1384	1653	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1137	1374	1628	1902	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1370	1615	1876	2154	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1608	1858	2126	2410	–	–	–	–	–

Продовження табл. Д.11

С. А. СИТНИК. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ДЕРЕВОСТАНІВ РОВНІА PSEUDOSASAL L. СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Середній діаметр, см	Середня висота, м													
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
22	–	–	–	–	–	–	1850	2107	2379	2668	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2096	2359	2635	2929	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2344	2612	2895	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2597	2870	3156	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2586	2851	3130	3421	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2837	3108	3392	3686
Відносна повнота 0,9														
4	487	799	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	473	727	1027	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	711	972	1271	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	711	954	1223	1523	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	951	1202	1476	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	1196	1455	1735	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	1195	1444	1711	1997	–	–	–	–	–	–	–
18	–	–	–	–	1441	1698	1969	2262	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	1692	1954	2232	2529	–	–	–	–	–
22	–	–	–	–	–	–	1945	2214	2499	2797	–	–	–	–
24	–	–	–	–	–	–	–	2194	2478	2768	3073	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	2464	2745	3040	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2728	3015	3294	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2718	2996	3288	3591	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2982	3266	3561	3871

ЗМІСТ

ВСТУП	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
РОЗДІЛ 1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ	11
1.1. Ліси і лісове господарство України у контексті сталого розвитку	11
1.2. Функціональна діяльність лісогосподарських підприємств Байрачного степу України за індикаторами Гельсінських критеріїв сталого розвитку	26
РОЗДІЛ 2. БІОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА <i>ROBINIA PSEUDOACACIA</i> L. ТА ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	45
2.1. Біоекологічна характеристика та прикладні аспекти використання <i>Robinia pseudoacacia</i>	45
2.2. Фізико-географічні та кліматичні умови Байрачного степу України	62
РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ Й ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ	83
3.1. Методологічні аспекти наукових досліджень	83
3.2. Методичне забезпечення оцінювання біотичної продуктивності та екосистемних функцій деревостанів	85
3.3. Лісівничо-таксаційна характеристика робінієвих деревостанів за даними реляційної бази «Повидільна таксаційна характеристика лісів»	102
3.4. Таксаційна характеристика деревостанів тимчасових пробних площ	116
РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ	131
4.1. Локальна щільність структурних компонентів фітомаси стовбурів дерев	132
4.2. Середня щільність деревини і кори стовбурів дерев	143

4.3. Щільність деревини та кори гілок крони дерев	163
4.4. Якісні показники листяної фракції дерев	173
РОЗДІЛ 5. БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВ І ДЕРЕВОСТАНІВ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ ТА ЇХНІ ЕКОСИСТЕМНІ ФУНКЦІЇ	179
5.1. Моделювання надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації	179
5.2. Моделювання надземної фітомаси структурних компонентів робінієвих деревостанів	195
5.3. Продукція надземної частини робінієвих деревостанів	225
5.4. Динаміка фітомаси робінієвих насаджень та екосистемні функції	252
5.5. Енергетична функція робінієвих деревостанів	268
РОЗДІЛ 6. НЕОРГАНІЧНІ МЕТАЛІЧНІ КОНТАМІНАНТИ У ФІТОМАСІ РОБІНІЄВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ	280
6.1. Неорганічні металічні контамінанти у надземній фітомасі робінієвих деревостанів в умовах поліелементного забруднення ґрунту	280
6.2. Екобезпека робінієвих деревостанів	302
ВИСНОВКИ	313
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	316
ДОДАТКИ	379

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СИТНИК Світлана Анатоліївна

**БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ
ПОТЕНЦІАЛ ДЕРЕВОСТАНІВ *ROBINIA
PSEUDOACACIA L.*
СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

Монографія

Редактор Руденко Г. Г.

Підп. до друку 23.12.2021. Формат 60x84/ 16. Папір офсет.

Обл. вид. арк. 28,19. Ум. друк. арк. 28,30.

Наклад 300 прим. Зам.602.

Видавець ФОП І.С. Майдаченко,
свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 5349 від 18.05.17.

Виготівник ФОП А.А.Предан

19400, Черкаська обл., м. Корсунь-Шевченківський,
вул. Ярослава Мудрого, 22, e-mail: irena22@ukr.net