

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА**



ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Київ – 2016

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Кафедра лісової таксації та лісовпорядкування

ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ

**Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки:
6.090103 – «Лісове і садово-паркове господарство»**

Видання друге, доповнене

Київ – 2016

УДК 630*5
ББК 43.6
М 64

Рецензенти: **В.Ю. Юхновський**, доктор сільськогосподарських наук
(НУБіП України, м. Київ)
Р.Д. Васишин, кандидат сільськогосподарських наук
(НУБіП України, м. Київ)

Рекомендовано до друку вченою радою ННІ лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 1 від 30 вересня 2014 р.).

Миронюк В. В., Свинчук В. А.

М 64 Лісова таксація : конспект лекцій для студентів напряму підготовки: 6.090103 – «Лісове і садово-паркове господарство» [видання друге, доп.] / В. В. Миронюк, В. А. Свинчук ; Нац. у-нт біоресурсів і природокористування України, каф. ліс. таксації та лісовпорядкування. – К. : Вид-во НУБіП України, 2016. – 104 с.

Викладено курс лекцій з дисципліни «Лісова таксація». Розглядаються методи і завдання лісової таксації як наукової дисципліни. На прикладі різних об'єктів описано технологію використання сучасного лісотаксаційного обладнання. Наведено способи таксації окремих дерев та їхніх сукупностей, деревної продукції, лісових насаджень і лісового фонду. Висвітлюються особливості перелічувальної, вимірнувальної та вибіркової таксації лісових насаджень. Подано класифікацію та термінологію деревного приросту, наведено основні способи таксації приросту окремих дерев і лісостанів.

Розраховано для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.090103 – «Лісове і садово-паркове господарство», аспірантів і викладачів факультетів лісового та садово-паркового профілів.

ПЕРЕДМОВА

Посилення інтересу суспільства до лісу дало поштовх для розвитку лісової науки та однієї з її основних інформаційних складових – лісової таксації. Становлення лісової таксації відбулося в тісному взаємозв'язку з іншими дисциплінами математичного спрямування, серед яких вагоме місце займає біометрія. Саме математична спрямованість дисципліни визначила подальший розвиток лісової таксації. Зміст лісової таксації в сучасному розумінні полягає у вирішенні питань усебічного обліку лісових ресурсів, удосконаленні методів вивчення природи лісу на основі системного підходу, виявленні закономірностей формування й динаміки лісових насаджень, дослідженні нематеріальних функцій лісу.

Управління лісовим господарством на засадах сталого розвитку й ефективного використання лісоресурсного потенціалу лісів у сучасних умовах неможливо забезпечити без належної інформаційної підтримки. У зв'язку з цим у лісову таксацію постійно впроваджуються нові інформаційні технології. Останнім часом відзначається суттєвий прогрес в опрацюванні теоретичних і прикладних положень вибірково-статистичного обліку лісів, спостерігається поступовий розвиток методів оцінки стану і динаміки лісового фонду з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем, активно впроваджується сучасне лісотаксаційне обладнання. Зазначене безпосередньо відноситься до найважливіших завдань та напрямів подальшого розвитку лісотаксаційної науки й практики.

Лісова таксація належить до основних фахових дисциплін напряму підготовки 6.090103 – «Лісове і садово-паркове господарство». Її завдання полягають у вивченні теоретичних основ та методів обліку лісових ресурсів, особливостей їхнього застосування на практиці. Фахівцям, які працюють у сфері лісового господарства, вкрай необхідні знання з лісової таксації, оскільки вони безпосередньо використовуються під час виконання службових обов'язків усіма інженерно-технічними працівниками лісової галузі.

У конспекті лекцій подано основний зміст навчальної дисципліни, викладено класичні положення теорії й практики лісової таксації, які не втрачають свого значення до цього часу. Одночасно в лекціях достатньо широко відображені останні напрацювання дисципліни, наведено конструкції й принципи використання відповідного лісотаксаційного обладнання, представлено детальний опис одного з основних досягнень в частині лісових вимірювань – прицільного методу таксації деревостанів, який знаходить своє використання під час вибірково-статистичного обліку лісів. Конспект лекцій складено відповідно до програми навчальної дисципліни «Лісова таксація», з урахуванням основних галузевих нормативних документів з таксації та впорядкування лісового фонду України.

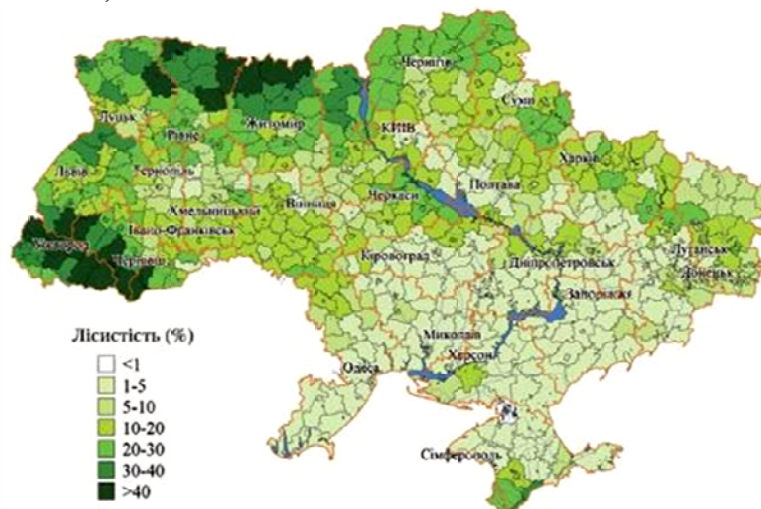
Автори з вдячністю готові сприйняти всі критичні зауваження щодо змісту та шляхів поліпшення цього видання.

ТЕМА 1. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ЯК ОСНОВНА ФАХОВА ДИСЦИПЛІНА

1. Загальні відомості про лісовий фонд України.
2. Визначення поняття «лісова таксація».
3. Короткий історичний нарис виникнення та становлення дисципліни.
4. Об'єкти лісової таксації та структура курсу.

1. Загальні відомості про лісовий фонд України. Україна – велика європейська держава, значна частина території якої вкрита лісами. За даними Державного обліку лісів України (2011 р.) загальна площа земель лісового фонду становить понад 10 млн. га, з них площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок складає понад 85 %. Загальний деревний запас насаджень сягає понад 2,1 млрд. м³. Середній приріст запасу становить 35,4 млн. м³ на рік.

Лісистість території нашої країни має досить неоднорідну регіональну структуру і в середньому становить 15,9 %. Лісистість за областями коливається від 3,7 % у Запорізькій до 51,4 % – у Закарпатській. Найбільш забезпеченими лісами є Закарпатська, Івано-Франківська, Рівненська, Житомирська та Львівська області. Так, ліси Полісся та Карпат займають 57 % площі і 63 % запасу лісів України (рис. 1.1).



**Рис. 1.1. Лісистість України
за адміністративно-територіальними одиницями**

Показник відношення площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок до площі суходолу, на який прийнято спиратися в європейських країнах, становить 16,5 %.

За відомчою підпорядкованістю лісовий фонд України розподілений так: Держлісагентство України – 65,9 %, органи місцевого самоврядування – 12,5 %, ліси, які не надані в користування – 7,5 %, Міністерство аграрної політики і продовольства – 5,4 %, Міністерство надзвичайних ситуацій – 2,1 %, Міністерство оборони – 1,7 %, Міністерство екології та природних ресурсів – 1,6 %, решта міністерств і відомств – 3,3 %.

Значні площі лісів потребують розроблення методів ефективного ведення лісового господарства, раціонального використання лісосировинних ресурсів, оптимізації систем управління лісовою галуззю, що можливо здійснити лише за наявності об'єктивних даних про якісні та кількісні показники лісового фонду. У зв'язку з цим, необхідно володіти методами комплексної оцінки лісових ресурсів.

2. Визначення поняття «лісова таксація». Лісова таксація – це наукова дисципліна, яка вивчає методи обліку лісових ресурсів як в статичі, так і в динаміці. Назва дисципліни походить від латинського слова *taxatio*, що означає оцінювати, вимірювати, визначати вартість. Тобто мова йде про оцінку лісу в широкому розумінні цього слова.

Лісова таксація є однією з основних професійно-орієнтованих дисциплін в системі підготовки фахівців лісового господарства, оскільки знання методів лісової таксації необхідні для якісного виконання своїх службових обов'язків усіма інженерно-технічними працівниками лісової галузі. Базовими дисциплінами для вивчення лісової таксації є вища математика, біометрія, лісове товарознавство, геодезія. Разом із тим, знання з лісової таксації необхідні під час вивчення лісівництва, лісовпорядкування, економіки, організації та планування лісогосподарського виробництва, дистанційного зондування лісів, моделювання продуктивності лісів тощо.

3. Короткий історичний нарис виникнення та становлення дисципліни. Виникнення лісової таксації відноситься до початку XVIII століття, коли з розвитком товарного господарства лісова продукція стала предметом купівлі-продажу. Об'єктом торгівлі деревина стала, передусім, в країнах з великою щільністю населення, швидкими темпами розвитку промисловості та незначною площею лісів. Серед таких країн раніше інших опинилися Німеччина, Австрія, Франція. Практично разом із ростом попиту на деревину з'явилася необхідність у кількісній та якісній оцінці лісових територій, запасів деревини тощо.

Першим значним лісотаксаційним дослідженням на теренах Російської імперії стала робота лісничого Варгаса де Бедемара «Исследования о запасе и приросте лесов в Тульской губернии», 1844 р. Результати цих досліджень було опубліковано в популярному періодичному виданні «Лесной Журнал». Пізніше подібні дослідження вченим було проведено на території Санкт-Петербурзької та Симбірської губерній і являли собою протягом наступних півстоліття єдину наукову роботу, яка не мала вітчизняних аналогів.

На той час західні країни значно випереджали Російську імперію за розвитком лісотаксаційної науки. Так, у Німеччині вже розпочиналися ґрунтовні дослідження в галузі лісової таксації, з'являлися підручники, активно запроваджувалися математичні підходи до обліку лісу. В 1878 р. Ф.К. Арнольд переклав на російську мову підручник М. Кунце «Lehrbuch der Holzmesskunst», який вийшов під назвою «Учебник древоизмерения». У 1880 р. О.Ф. Рудзький різко розкритикував математичний ухил німецької таксаційної літератури, яка була

перезавантажена питаннями, далекими від практики лісового господарства. В підручнику «Лесная таксация», який п'ять разів перевидавався, О.Ф. Рудзький помилявся, вважаючи безперспективність розвитку теорії лісової таксації й обмежившись лише її прикладним, практичним значенням.

На початку ХХ століття особливо активізувалися дослідження, пов'язані із розробленням нормативів для таксації об'єму дерев і запасу деревостанів. Цей період ознаменувався опублікуванням циклу робіт австрійського вченого-лісівника А. Шиффеля, які суттєво вплинули на подальший розвиток цього напрямку лісової таксації. За результатами безпрецедентних за своїм масштабом досліджень протягом 1904–1911 рр. А.А. Крюденер розробив перші російські об'ємні таблиці для п'яти основних деревних порід. Згодом вони стали основою для розроблення сучасніших нормативів, які використовуються і дотепер.

У радянський період історії особливо варто відзначити вагомий внесок у розвиток лісової таксації проф. М.М. Орлова, який став класиком також і в галузі лісовпорядкування. В цей час скарбниця лісової таксації поповнилася капітальними роботами й інших вчених: Б.О. Шустова, Д.І. Товстоліса, О.В. Тюріна, В.К. Захарова, М.Є. Ткаченка, М.В. Третьякова. Протягом 60–70-х років минулого століття лісову таксацію докорінно змінили математичні методи та ЕОМ. Піонером широкого використання математики та комп'ютерної техніки в лісотаксаційних дослідженнях став проф. К.Є. Нікітін. У цей час активно працювали також М.П. Анучин і О.Г. Мошкальов. Подальший розвиток лісової таксації у колишньому СРСР був пов'язаний з іменами В.В. Загребва, А.А. Антанайтіса, М.М. Свалова, І.І. Гусева, А.З. Швиденка, О.О. Атрощенко, В.Ф. Багінського, А.А. Кулешіса.

В сучасних умовах лісова таксація переживає новий якісний етап історії свого розвитку. Ключова роль тут належить вибірково-статистичним і дистанційним методам. У новітній історії України найбільш значущими в лісовій таксації стали роботи професорів А.А. Строчинського, П.І. Лакиди та доцента С.М. Кашпора.

4. Об'єкти, методи лісової таксації та структура курсу. Лісова таксація, як і будь-яка інша галузь наукових знань, розглядає ліс як цілісну систему, всі компоненти якої взаємопов'язані. Основним у лісовій таксації є метод прямої індукції, побудований на теорії ймовірностей та математичній статистиці. Для вирішення конкретних лісотаксаційних завдань існує необхідність в узагальненні масових явищ, зв'язків, закономірностей у формалізованому вигляді. Якщо певна формула знаходить своє підтвердження на якомога більшому обсязі матеріалу, то сфера її застосування розширюється. Проте, будь-яке дослідження включає також елемент дедукції: після попередніх досліджень зазвичай визначають загальну закономірність, яка підтверджується чи спростовується на основі подальших спостережень.

Методи лісової таксації залежать від об'єктів таксації. Виділяють такі об'єкти таксації:

- окреме дерево (зрубане дерево, дерево, що росте) та його частини;

- сукупність (множина) дерев;
- деревостан;
- насадження;
- лісовий масив;
- лісова деревна продукція;
- недеревна продукція;
- соціальні та екологічні функції лісу.

Враховуючи завдання, об'єкти і методи лісової таксації, дисципліну можна поділити на п'ять частин (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Структура курсу дисципліни «Лісова таксація»

Розділи курсу	
Частина перша	Таксація зрубаних дерев і лісоматеріалів
Частина друга	Таксація дерев, що ростуть, та їхніх сукупностей
Частина третя	Таксація насаджень
Частина четверта	Таксація деревного приросту
Частина п'ята	Таксація лісових масивів

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення поняття «лісова таксація». Особливості лісової таксації в умовах сучасного багатоцільового лісового господарства.
2. Охарактеризуйте взаємозв'язок курсу з базовими та іншими спеціальними дисциплінами.
3. Дайте характеристику основних методів, які використовує лісова таксація під час вивчення природи лісу.
4. Яку роль відіграють математичні методи та комп'ютерні технології у лісовій таксації на сучасному етапі?
5. Назвіть основні об'єкти лісової таксації в умовах багатоцільового лісового господарства.
6. Дайте стисло характеристику основних етапів виникнення та становлення лісової таксації як наукової дисципліни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Гульчак В. Державний облік лісів України – підсумки та прогнози / В. Гульчак // Лісовий і мисливський журнал. – 2012. – № 2. – С. 6–8. – http://www.scribd.com/fullscreen/95326540?access_key=key-1s88hed1nbo8bg8o2ikd&allow_share=true&view_mode=scroll.
3. Довідник з лісового фонду України за матеріалами державного обліку лісів станом на 01.01.2011 року. – Ірпінь. – 2012. – 130 с.
4. Лісове господарство України. – К. : Вид-во Державного агентства лісових ресурсів України, 2014. – 17 с.

ТЕМА 2. ГЕОМЕТРІЯ ПОПЕРЕЧНОГО ТА ПОЗДОВЖНЬОГО ПЕРЕРІЗІВ ДЕРЕВНОГО СТОВБУРА

1. Форма поперечних перерізів стовбурів дерев та визначення їхньої площі.
2. Гіпотези про форму стовбурів.
3. Деревний стовбур як тіло обертання. Поняття про твірну поздовжнього перерізу стовбура.

1. Форма поперечних перерізів стовбурів дерев та визначення їхньої площі. Форма деревних стовбурів досить різноманітна та залежить від породи, віку, умов росту тощо. Практично всі перерізи стовбура мають неправильну форму, яка в більшості випадків нагадує круг або еліпс. Беручи до уваги цю особливість, можна істотно спростити методику вирішення низки прикладних лісотаксаційних задач. Зокрема, для визначення об'єму деревних стовбурів достатньо використовувати загальновідомі стереометричні підходи.

Найчастіше поперечний переріз стовбура прирівнюють до круга. Його площа в цьому випадку визначається на основі одного-двох діаметрів або обхвату стовбура:

за довільно вимірним діаметром (d)

$$g = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 0,7854 \cdot d^2, \quad (2.1)$$

де g – площа перерізу стовбура, м² (заокруглюється до 0,0001 м²);
 π – 3,141592...;

за двома взаємно перпендикулярними діаметрами

$$g = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2, \quad (2.2)$$

де d_1 і d_2 – два взаємно перпендикулярні діаметри, см;
за обхватом стовбура

$$g = \frac{c^2}{4 \cdot \pi} = 0,07957 \cdot c^2, \quad (2.3)$$

де c – обхват стовбура, см.

Для видовжених за формою перерізів точніші результати забезпечить формула площі еліпса. У цьому випадку вимірюються два взаємно перпендикулярні діаметри, один з яких повинен бути найбільшим на заданій відмітці стовбура:

$$g = \frac{\pi}{4} \cdot d_1 \cdot d_2, \quad (2.4)$$

За умови, якщо $d_1 \neq d_2$, формула площі круга завищує значення площі поперечного перерізу порівняно з формулою площі еліпса на величину $\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_1 - d_2}{2} \right)^2$.

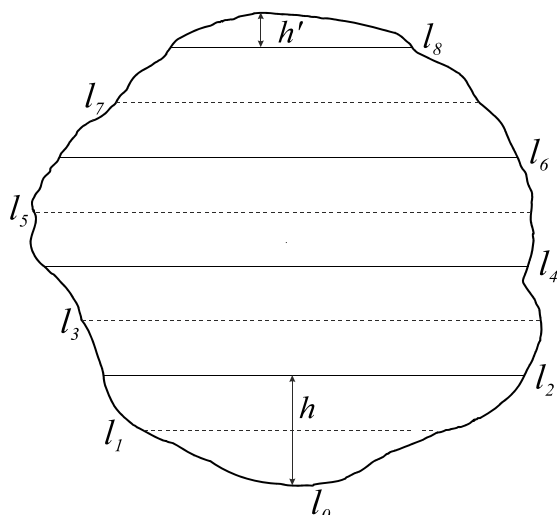


Рис. 2.1. Розмітка перерізу стовбура відповідно до формули Т. Симпсона

Із метою більш точного визначення площі перерізу використовуються складні формули, наприклад, **формула Т. Симпсона**. Для цього контури перерізу стовбура переносяться на папір, який у подальшому розбивається паралельними лініями на смужки рівної висоти. Посередині кожної смужки проводиться пунктирна лінія. Площа першої смужки обчислюється за формулою:

$$g = \frac{h}{6} \cdot (l_0 + 4 \cdot l_1 + l_2). \quad (2.5)$$

Для решти смужок проводяться аналогічні обчислення. Площа останнього сегмента, який має висоту h' , обчислюється за формулою:

$$g = \frac{2}{3} \cdot l_8 \cdot h'. \quad (2.6)$$

Площа поперечного перерізу деревного стовбура встановлюється як сума площ всіх повних (криволінійних трапецій) і неповної (сегмента) смужок.

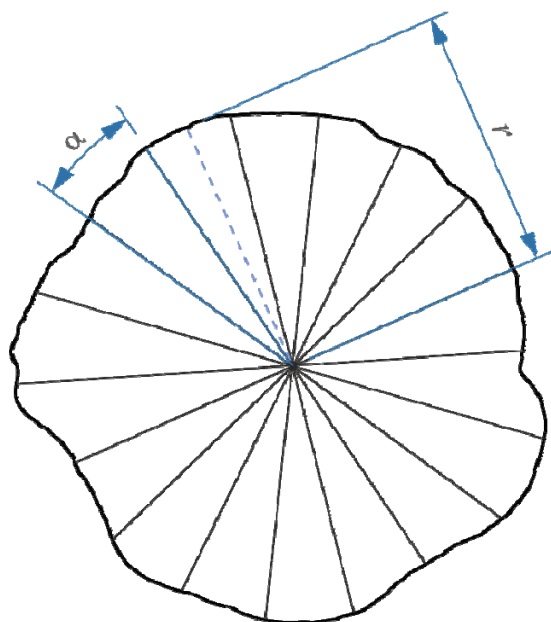


Рис. 2.2. Схема розмітки перерізу відповідно до формули (2.7)

Під час наукових досліджень застосовується ще одна складна формула площі перерізу стовбура. Для цього через біологічний центр перерізу з інтервалом α проводять діаметри. Таким чином переріз розбивається на певну кількість секторів. Їхня площа визначається на основі вимірювання бісектриси кута α , яка для i -того сектора має довжину r . Розрахунки необхідно виконувати відповідно до формули (2.7), перенісши контури перерізу на папір, або за допомогою спеціальних прозорих шаблонів:

$$g = \sum_{i=1}^k \frac{\pi \cdot r_i^2 \cdot \alpha}{360} = \frac{\pi \cdot \alpha}{360} \sum_{i=1}^k r_i^2. \quad (2.7)$$

2. Гіпотези про форму стовбурів. У лісовій таксації та інших споріднених дисциплінах вчені намагалися вивчити характер форми стовбура дерева на основі законів фізіології та механіки. До **фізіологічних теорій** належать асиміляційна, водної провідності, трубкова модель.

Асиміляційна теорія запропонована Р. Гартігом у 1883 році. Вчений розглядав транспірацію як головну причину, що визначає кількість основної провідної тканини в стовбурі – ранньої деревини. За його теорією, будь-яка зміна умов росту, що впливає на транспірацію та асиміляцію, впливає на форму стовбура. Наприклад, зрідження деревостанів зумовлює збільшення розмірів крони, транспірації та частки ранньої деревини, що робить стовбури більш збіжистими. До протилежного ефекту призводить обрізування гілок. Відповідно до сучасних уявлень форма стовбура залежить не тільки від загальної кількості синтезованої біомаси, а й від її розподілу по стовбуру.

Теорія водяної провідності була запропонована П. Жаккардом. Її основне положення полягає в тому, що стовбур можна розглядати як тіло рівної провідності води й поживних речовин від основи до верхівки. Проте, оскільки однаковою швидкістю потоку в будь-якій частині стовбура задовольняє умова рівності площ перерізу водопровідних шляхів, то її може задовольнити лише циліндрична форма стовбура. У зв'язку з цим, в теорії П. Жаккарда незрозумілим залишається сам факт походження збіжистості стовбура.

Логічним продовженням попередньої теорії є *трубкова модель* форми стовбура, розвинута К. Шинозаки в 1964 р. Автором був зроблений висновок про зв'язок кількості біомаси дерева (гілок, листя) на певному рівні дерева та площі перерізу стовбура, який знаходиться нижче цього рівня. Відповідно до трубкової моделі одиниці біомаси дерева відповідає водопровідна трубка визначеної площі перерізу. Для пояснення цієї теорії вчений звернув увагу на особливість росту дерев, яка полягає у поступовому очищенні стовбура від гілок в нижній частині стовбура. Трубки, які були пов'язані з відмерлими гілками, залишаються в стовбурі поряд з фізіологічно активними. У результаті цього процесу нижня частина стовбура повинна містити більшу кількість трубок, а отже діаметр стовбура з висотою буде зменшуватися.

У всіх фізіологічних теоріях ключову роль відіграє крона, від якої залежать особливості формування деревного стовбура. Інша точка зору сконцентрована на підходах, де основним об'єктом аналізу є стовбур дерева та його здатність протистояти зовнішнім навантаженням. Суть **механічних теорій** про форму стовбура полягає в тому, що дерево у визначені моменти змінює свої пропорції з оптимальним співвідношенням між його міцністю та кількістю використаного «будівельного матеріалу».

Тіло однакового опору стисканню. Під час розрахунку конструкцій, які розтягуються або стискаються під дією власної ваги, в теорії опору матеріалів уже давно існують відповіді на питання вибору розмірів тіл, які здатні витримати свою масу. Якби стовбур мав циліндричну форму, то в усіх перерізах, крім нижнього, відчувався б надлишок міцності внаслідок поступового зменшення навантаження вгору по стовбур. У зв'язку з цим вважається, що в стовбура як тіла однакового опору стисканню діаметр із збільшенням висоти повинен зменшуватися.

Тіло однакового опору згинанню. Вчені припускають, що деревний стовбур для більшої стійкості проти згинальної сили вітру повинен бути подібним

до круглого бруса однакового опору, в якого діаметри в третьому степені відносяться між собою так, як відстані до них від точки докладання сили (рис. 2.3):

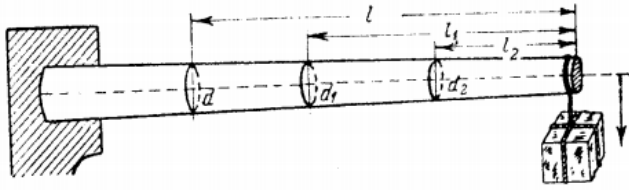


Рис. 2.3. Стовбур як брус однакового опору згинанню

$$d_1^3 : d_2^3 : d_3^3 = l_1 : l_2 : l_3.$$

Усі описані гіпотези не дають достатнього обґрунтування форми стовбура, а тому не знайшли практичного використання під час розробки методів його таксації.

Усі описані гіпотези не дають достатнього обґрунтування форми стовбура, а тому не знайшли практичного використання під час розробки методів його таксації.

3. Деревний стовбур як тіло обертання. Поняття про твірну поздовжнього перерізу стовбура. Проблема аналізу форми стовбура полягає в описанні його поверхні функцією трьох змінних. Якщо стовбур умовно розрізати вздовж по серцевині площиною, утвориться складна геометрична фігура, обмежена кривою, яка достатньо симетрична відносно поздовжньої осі. Вивчення форми стовбура як тіла обертання значно спрощує задачу вивчення форми стовбура, оскільки замість поверхні стовбура достатньо вивчати його твірну (рис. 2.4).

Першим спробам дати аналітичний вираз твірної стовбура вже понад 100 років (Д.І. Менделєєв, І. Белановський). Однак детальніші дослідження розпочалися значно пізніше, оскільки були пов'язані зі складними розрахунками та вимагали відповідного технічного забезпечення.

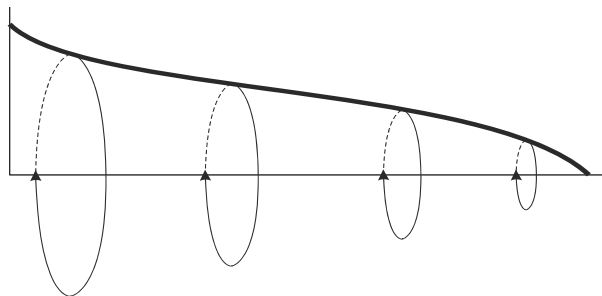


Рис. 2.4. Стовбур дерева як тіло обертання

Розвиток сучасних комп'ютерних технологій дозволив розглянути це питання на якісно новому рівні. Численні дослідження довели, що твірна деревного стовбура є досить мінливою характеристикою, яку складно математично описати за допомогою одного рівняння.

Спроби знайти задовільну формалізацію твірної призводили, як правило, до необхідності оперувати дуже складними рівняннями.

Одними з найбільш поширених є поліноміальні моделі твірної стовбура. Експериментальні дослідження форми стовбура вказують на S-подібний характер її твірної, яка має щонайменше дві точки перегину. В зв'язку з цим, рівняння параболи повинно мати щонайменше третій порядок. Протягом останніх десятиріч науковці у своїх дослідженнях використовували більш складні тригонометричні та експоненціальні функції. Значно спростити форму зв'язку між висотою стовбура та відповідними їй значеннями діаметра вдається завдяки апроксимації твірної стовбура в окремих його частинах за допомогою сплайн-функцій.

Твірну стовбура в окремих відрізках із досить високим рівнем достовірності вдається апроксимувати за допомогою степеневих рівняння:

$$y = a \cdot x^{\frac{m}{2}}, \quad (2.8)$$

де x – відстань від верхівки стовбура до відповідного перерізу;
 a – параметр, який визначає розмір кривої;
 m – показник твірної стовбура.

Рівняння (2.8) має важливе значення для теорії визначення об'єму стовбура, оскільки під час обертання кривих такого типу навколо осі абсцис одержують параболоїди різних порядків (рис. 2.5).

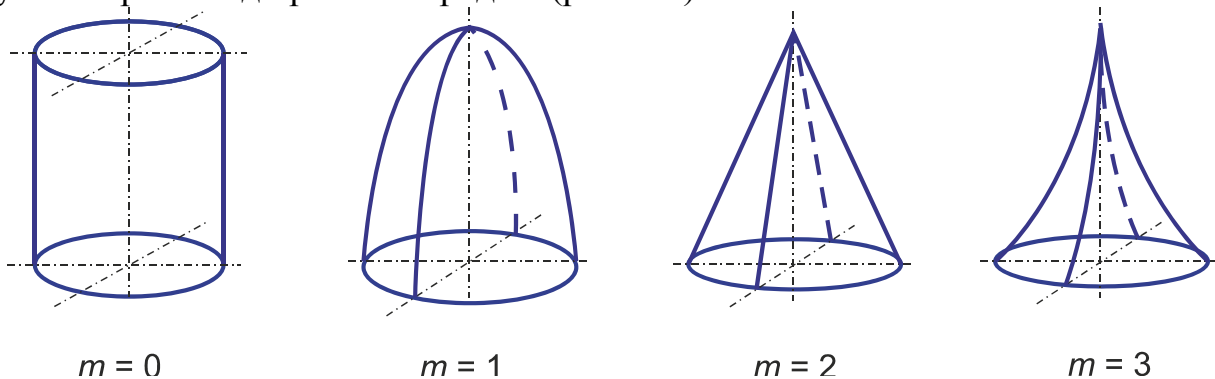


Рис. 2.5. Значення показника твірної m для правильних тіл обертання

У лісовій таксації прийнято вважати, що окремі частини стовбура наближуються до наведених правильних тіл обертання: нижня – до нейлоїда ($m = 3$), середина – до циліндра ($m = 0$) або параболоїда ($m = 1$), верхівкова – до конуса ($m = 2$).

Контрольні запитання та завдання

1. Які існують біофізичні гіпотези, що пояснюють геометричні властивості форми деревного стовбура? Викладіть їхній стислий зміст.
2. Наведіть формули, за якими визначають площу поперечного перерізу деревного стовбура.
3. Наведіть приклад визначення площі поперечного перерізу деревного стовбура з використанням формули Т. Симпсона.
4. До який правильних тіл обертання в окремих частинах наближується деревний стовбур?

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Кофман Г. Б. Рост и форма деревьев / Г. Б. Кофман. – Новосибирск : Наука, 1986. – 211 с.
3. Никитин К. Е. Теория определения объемов древесных стволов : Разработка для студентов и аспирантов лесохозяйственного факультета / К. Е. Никитин. – К. : УСХА, 1979. – 51 с.

ТЕМА 3. ТАКСАЦІЯ ОБ'ЄМУ СТОVBУРА ЗРУБАНОГО ДЕРЕВА

1. Основні теоретичні передумови визначення об'єму деревного стовбура.
2. Прості та складні формули об'єму стовбура.
3. Фізичні методи визначення об'єму деревини.
4. Точність способів таксації об'єму.

1. Основні теоретичні передумови визначення об'єму деревного стовбура. В основу теорії таксації об'єму стовбурів зрубаних дерев покладено загальні принципи і правила стереометрії. Деревний стовбур, як вже зазначалося, достатньо симетричний відносно центральної осі, що дозволяє умовно віднести його до певної категорії правильних тіл обертання. Відповідно наближений об'єм стовбура можна обчислити шляхом інтегрування твірної:

$$V = \pi \int_0^L y^2 \cdot dx, \quad (3.1)$$

де V – об'єм стовбура дерева;

L – довжина деревного стовбура;

y – радіус поперечного перерізу стовбура.

Аналіз твірної значно спрощує задачу визначення об'єму стовбура, оскільки в цьому випадку проблема переходить від геометрії в просторі на площину. Однак, як зазначалося вище, описати твірну стовбура за допомогою одного рівняння досить складно, хоча її поведінка в окремих частинах стовбура є прогнозованою: в окоренковій частині – увігнута, в середній і верхній – має більш-менш опуклий характер.

Перший підхід. У сучасній літературі більшість теоретичних положень таксації об'єму стовбура зрубаного дерева відштовхуються від загального рівняння твірної правильних тіл обертання параболічного типу:

$$y = a \cdot x^{\frac{m}{2}}, \quad (3.2)$$

Усі криві такого типу проходять через початок координат, в якому знаходиться верхівка стовбура. Оскільки в лісовій таксації прийнято вимірювати діаметри на визначених відстанях не від верхівки, а від основи стовбура, то рівняння (3.2) доцільно подати дещо в іншій формі:

$$y = a \cdot (L - x)^{\frac{m}{2}}. \quad (3.3)$$

У такому разі рівняння, що відображає зміну площ поперечних перерізів дерева, набуде такого вигляду:

$$\pi \cdot y^2 = \pi \cdot a^2 \cdot (L - x)^m. \quad (3.4)$$

Після його інтегрування можна перейти до наближеної формули об'єму:

$$V = \pi \cdot a^2 \int_0^L (L - x)^m \cdot dx = \pi \cdot a^2 \cdot \left[-\frac{1}{m+1} \cdot (L - x)^{m+1} \right]_0^L,$$

Звідки

$$V = \pi \cdot a^2 \cdot \frac{1}{m+1} \cdot L^{m+1}. \quad (3.5)$$

Візьмемо на стовбурі точку $x = 0$. Відповідно до моделі твірної стовбура (3.3) маємо:

$$y = a \cdot (L - 0)^{\frac{m}{2}} = a \cdot L^{\frac{m}{2}}.$$

Звідси

$$a^2 = \frac{y^2}{L^m} = \frac{r_{\text{осн}}^2}{L^m}. \quad (3.6)$$

Підставивши отримане співвідношення у рівняння (3.5), отримаємо остаточно формулу об'єму деревного стовбура:

$$V = \pi \cdot \frac{r_{\text{осн}}^2}{L^m} \cdot \frac{1}{m+1} \cdot L^{m+1} = \frac{1}{m+1} \cdot g_{\text{осн}} \cdot L. \quad (3.7)$$

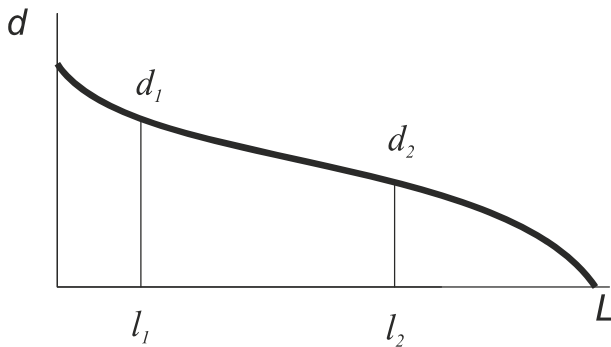


Рис. 3.1. Визначення показника твірної стовбура m

Таким чином, за формулою (3.7) можна обчислити наближений об'єм стовбура, попередньо встановивши показник твірної.

Існує кілька підходів, які дозволяють визначити показник твірної m . Один із них потребує вимірювання двох діаметрів d_1 і d_2 на відстанях l_1 і l_2 від окоренка стовбура (рис. 3.1). На основі цих даних формула (3.3) набуде вигляду:

$$d_1 = a \cdot (L - l_1)^{\frac{m}{2}} \quad \text{і} \quad d_2 = a \cdot (L - l_2)^{\frac{m}{2}}.$$

Розділивши перше рівняння на друге, отримаємо:

$$\frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{L - l_1}{L - l_2} \right)^{\frac{m}{2}} = \left(\frac{L - l_{E_1}}{L - l_{E_2}} \right)^{\frac{m}{2}}, \quad (3.8)$$

де l_{E_1} і l_{E_2} – відносні відстані від нижнього перерізу стовбура до точки вимірювання діаметрів d_1 і d_2 .

Після логарифмування цього виразу отримаємо співвідношення, що дозволяє визначати показник твірної стовбура m :

$$m = 2 \cdot \frac{\lg \frac{d_1}{d_2}}{\lg \left(\frac{L - l_1}{L - l_2} \right)} = 2 \cdot \frac{\lg \frac{d_1}{d_2}}{\lg \left(\frac{L - l_{E_1}}{L - l_{E_2}} \right)}. \quad (3.9)$$

Експериментальні дослідження свідчать, що описаний підхід забезпечує досить наближені результати оцінки об'єму стовбура. Помилки виникають переважно тому, що рівняння (3.3) неспроможне адекватно характеризувати твірну в діапазоні 0–0,05 та 0,8–1 довжини стовбура. Крім того, за умови використання інших базових діаметрів (виміряних на інших висотах) величина m набуде нового значення. Навіть за невеликої різниці між значеннями діаметрів виникнуть істотні розходження в об'ємах стовбура, оскільки поведінка твірної між базовими відмітками може суттєво відрізнятись.

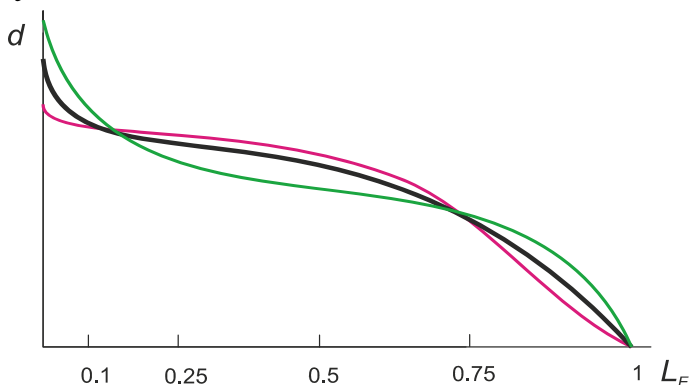


Рис. 3.2. Схема зміни діаметра стовбурів різної збіжистості

Обчисливши параметри рівняння (3.3) виявиться, що вони у всіх випадках однакові, а отже однаковими повинні бути й об'єми стовбурів. Насправді розходження між ними можуть сягати 10–12 %. Таким чином, запропонований підхід для практики лісової таксації має переважно пізнавальне значення.

Другий підхід. Зміну площі поперечних перерізів стовбура дерева в декартовій системі координат досить точно можна відобразити рівнянням прямої лінії:

$$g = a_0 + a_1 \cdot x. \quad (3.10)$$

У такому випадку об'єм стовбура варто розглядати як суму об'ємів нескінченно тонких поперечних перерізів, які мають висоту dx і площу основи g :

$$V = \int_0^L g \cdot dx. \quad (3.11)$$

Задача пошуку параметрів a_0 і a_1 рівняння (3.10) вирішується таким чином.

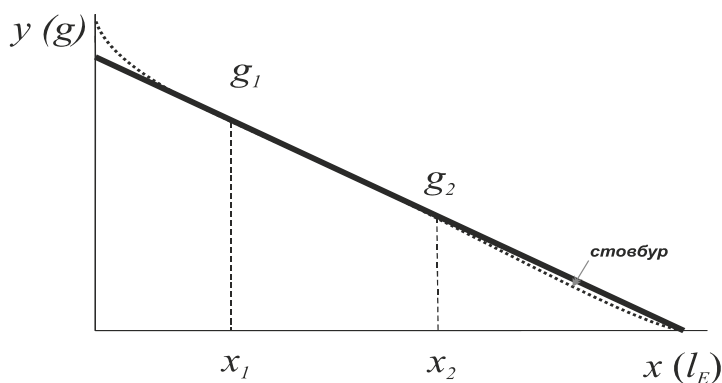


Рис. 3.2. Схема зміни площі перерізу стовбурів різної збіжистості

У двох вузлових точках на відстані x_1 і x_2 від основи стовбура визначаються відповідні площі перерізу. Потім будується система лінійних рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} g_1 = a_0 + a_1 \cdot x_1 \\ g_2 = a_0 + a_1 \cdot x_2 \end{cases}$$

Віднявши перше рівняння від другого, одержимо:

$$a_1 = \frac{g_2 - g_1}{x_2 - x_1}. \quad (3.12)$$

Підставимо це співвідношення у перше рівняння системи:

$$g_1 = a_0 + \frac{g_2 - g_1}{x_2 - x_1} \cdot x_1,$$

звідки

$$a_0 = g_1 - \frac{g_2 - g_1}{x_2 - x_1} \cdot x_1 = \frac{g_1 \cdot x_2 - g_2 \cdot x_1}{x_2 - x_1}. \quad (3.13)$$

Аналізуючи стовбур у системі відносних координат, можна вивести формулу його об'єму:

$$\begin{aligned} V &= \left(\int_0^1 g \cdot dx \right) \cdot L = \left[\int_0^1 (a_0 + a_1 \cdot x) \cdot dx \right] \cdot L = \\ &= \left[a_0 \cdot x + \frac{a_1 \cdot x^2}{2} \right]_0^1 \cdot L = \left(a_0 + \frac{a_1}{2} \right) \cdot L. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Підставимо в цю формулу розраховані раніше параметри a_0 і a_1 :

$$\begin{aligned} V &= \left(a_0 + \frac{a_1}{2} \right) \cdot L \\ &= \left[\frac{g_1 \cdot x_2 - g_2 \cdot x_1}{x_2 - x_1} + \frac{g_2 - g_1}{x_2 - x_1} \cdot 0,5 \right] \cdot L. \end{aligned}$$

Після перетворення остаточно отримаємо:

$$V = \frac{g_1 \cdot (x_2 - 0,5) + g_2(0,5 - x_1)}{x_2 - x_1} \cdot L. \quad (3.15)$$

Отримане рівняння використовується для обґрунтування простих (наближених) формул визначення об'єму стовбурів зрубаних дерев.

2. Прості та складні формули таксації об'єму стовбура. Співвідношення (3.15) дозволяє отримати низку так званих простих (наближених) формул для визначення об'єму стовбура та його частин. Розв'язок цієї задачі зводиться до того, що в рівняння замість g_1 і g_2 підставляють площі перерізу стовбура на певних базових відстанях від основи. Після спрощення виразу отримують відповідні формули.

Візьмемо на стовбурі кілька найпопулярніших поєднань базових відміток і виведемо формули для визначення його об'єму.

Формула Губера. Виберемо g_1 на середині, а g_2 – у верхньому відрізі зрізаної частини стовбура. У цьому випадку $x_1 = 0,5$ і $x_2 = 1,0$. Підставивши ці значення у формулу (3.15), отримаємо:

$$V = \frac{g_1 \cdot (1,0 - 0,5) + g_2(0,5 - 0,5)}{1,0 - 0,5} \cdot L = g_{0,5} \cdot L = \gamma \cdot L. \quad (3.16)$$

Площу перерізу на середині довжини дерева ($g_{0,5}$) в лісовій таксації прийнято позначати грецькою літерою γ . Вперше цю формулу в 1825 році застосував німецький лісівник Губер, в сучасній літературі вона також широко зустрічається під назвою «проста формула серединного перерізу».

Формула Шиффеля. Візьмемо на стовбурі дві площі перерізу g_1 і g_2 , визначені відповідно на відстані $x_1 = 0,25$ та $x_2 = 0,75$ від основи стовбура, тоді:

$$V = \frac{g_1 \cdot (0,75 - 0,5) + g_2(0,5 - 0,75)}{0,75 - 0,25} \cdot L = (g_{0,25} + g_{0,75}) \cdot \frac{L}{2}. \quad (3.17)$$

Формула Смаліана. Використаємо замість g_1 і g_2 площі перерізу зрізаної частини стовбура в точках $x_1 = 0$ та $x_2 = 1$, тобто, площі нижнього ($g_{\text{н}}$) і верхнього ($g_{\text{в}}$) відрізів. У цьому випадку отримаємо:

$$V = \frac{g_1 \cdot (1 - 0,5) + g_2(0,5 - 0)}{1 - 0} \cdot L = (g_{\text{н}} + g_{\text{в}}) \cdot \frac{L}{2}. \quad (3.18)$$

Формула Госфельда. Візьмемо замість g_1 площу перерізу стовбура на $1/3$ довжини, g_2 – у верхньому відрізі.

$$\begin{aligned} V &= \frac{g_1 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}\right) + g_2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right)}{1 - \frac{1}{3}} \cdot L = \frac{\frac{1}{2}g_1 + \frac{1}{6}g_2}{\frac{2}{3}} \cdot L = \\ &= \frac{\frac{3}{2}g_1 + \frac{1}{2}g_2}{2} \cdot L = \left(3g_{\frac{1}{3}} + g_{\text{в}}\right) \cdot \frac{L}{4}. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Ця формула є справедливою для зрізаної частини стовбура. Для всього стовбура за умови, що $g_{\text{в}} = 0$, вона має дещо інший вигляд:

$$V = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} \cdot L. \quad (3.20)$$

Формула Симпсона. Використання замість рівняння прямої лінії (3.10) параболи другого порядку дозволяє вивести ще одну дуже важливу для лісової таксації формулу. В цьому випадку об'єм стовбура буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} V &= \left(\int_0^1 g \cdot dx \right) \cdot L = \left[\int_0^1 (a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2) \cdot dx \right] \cdot L = \\ &= \left[a_0 \cdot x + \frac{a_1 \cdot x^2}{2} + \frac{a_2 \cdot x^3}{3} \right]_0^1 \cdot L = \left(a_0 + \frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{3} \right) \cdot L. \end{aligned} \quad (3.21)$$

Для визначення параметрів цього рівняння необхідно визначити площі перерізу стовбура в трьох точках і розв'язати відповідну систему лінійних рівнянь. Урешті-решт, якщо на деревному стовбурі або його частині виміряти площі перерізу в точках $x_1 = 0$, $x_2 = 0,5$ та $x_3 = 1$, то формула об'єму набуде такого вигляду:

$$V = \left(g_H + 4g_{\frac{1}{2}} + g_B \right) \cdot \frac{L}{6}. \quad (3.22)$$

У тих випадках, коли існує необхідність визначити об'єм стовбура з мінімальною помилкою, зазвичай використовують складні (секційні) формули. При цьому довжина секцій приймається рівною, як правило, 2 м, а об'єм кожної секції визначається за будь-якою із простих формул.

Складна формула серединних перерізів (Губера). Найпоширенішою є складна формула Губера. На рис. 3.3 зображено схему розмітки стовбура дерева,

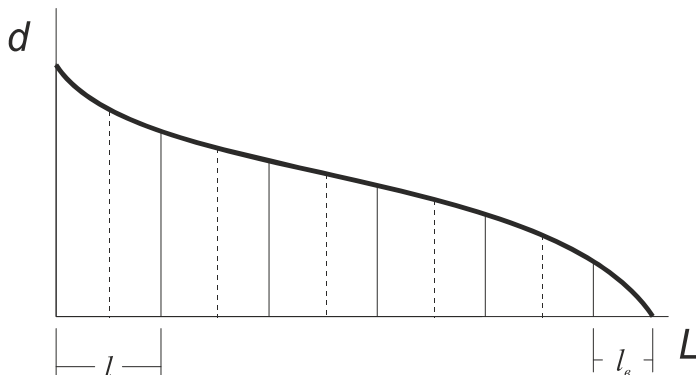


Рис. 3.3. Схема розмітки стовбура відповідно до складної формули Губера

яка використовується під час практичної реалізації цієї формули. Якщо довжина стовбура не кратна довжині секції l , останню неповну секцію вважають верхівкою завдовжки l_v . Об'єм кожної секції визначається за простою формулою серединного перерізу, а об'єм верхівки (V_v) – за формулою об'єму конуса. Загальний об'єм стовбура обчислюється так:

$$V = l \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i + V_v = l \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i + \frac{1}{3} g_{o.v.} \cdot l_v. \quad (3.23)$$

де $g_{o.v.}$ – площа перерізу основи верхівки;
 n – кількість секцій.

Існують й інші стереометричні способи таксації об'єму стовбурів. Певний час в лісовій таксації широко поширеним був інтегральний спосіб професора К.Є. Нікітіна (1966 р.). Його суть зводиться до вирівнювання за допомогою поліному другого порядку діаметрів дерева по зонах, які визначаються характером його збіжистості: окоренкова ($0-0,05L$); нижня ($0,05-0,25L$); середина ($0,25-0,75L$); верхівкова ($0,75-1L$). Розраховані параметри рівнянь дозволяють визначити об'єм стовбура шляхом інтегрування.

3. Фізичні методи визначення об'єму. В основу фізичних методів визначення об'єму деревини покладено закони фізики: закон Архімеда, закон рівноваги рідини в сполучених судинах. Вони переважно використовуються під час науково-дослідних робіт для визначення об'єму зразків деревини з неправильною формою, для яких не можна застосувати стереометричні підходи.

Існує три фізичних методи визначення об'єму деревини: *ксилومترичний*, *гідростатичний* і *ваговий*. Перші два безпосередньо на практиці не використовуються, але їхні результати у вигляді певних перевідних коефіцієнтів забезпечують реалізацію вагового методу.

В основу ксилметричного методу покладено відомий закон фізики: тіло, занурене в рідину, витісняє такий її об'єм, який відповідає об'єму тіла. Прилад для визначення об'єму деревини першим способом називається ксилметром. Найпростіший ксилметр з постійним рівнем води представляє собою ємність з краном, в яку наливається вода до рівня, поки вона не почне вилитися через відкритий кран. Зразки деревини занурюють у воду, після чого визначають, який об'єм води було витіснено. Отримане значення становить об'єм зразка деревини.

Більш точними є ксилметри зі змінним рівнем води. Вони оснащені скляною трубкою з відповідною шкалою. Після занурення деревини рівень води в ксилметрі підніметься. Різниця між рівнями води до і після занурення становить об'єм деревини. Об'єм свіжозрубаної деревини визначається ксилметром досить точно. Якщо деревина після рубки підсохла, то під час занурення деревина частково адсорбує воду. В таких випадках роблять поправку на кількість води, яку ввібрав у себе зразок деревини.

Гідростатичний метод опирається на ще один закон гідростатики – закон Архімеда: тіло, занурене в рідину втрачає у своїй масі стільки, скільки важить витіснена рідина. Зразок деревини спочатку зважують у повітрі, а потім у воді. Перед зануренням до нього прив'язують металевий вантаж, який також зважують у повітрі і воді. Різниця між масою деревини в різних середовищах (без урахування маси вантажу) становить масу води, витісненої деревиною. Оскільки 1 м^3 води за нормальних умов важить 1000 кг, то масу витісненої води треба прийняти за її об'єм, а отже і об'єм деревини.

Наприклад, зразок деревини має масу 12,03 кг на повітрі, а у воді – 9,81 кг. При цьому його об'єм становитиме:

$$V = \frac{12,03 - 9,81}{1000} = 0,00222 \text{ м}^3. \quad (3.25)$$

Якщо масу деревини (m) розділити на її об'єм (V), отримують щільність деревини (P). Таким чином, об'єм деревини може бути також встановлений зважуванням з урахуванням щільності деревини:

$$V = \frac{m}{P}. \quad (3.26)$$

Під час визначення об'єму деревини цим способом потрібно пам'ятати, що щільність деревини залежить від породи. Крім того, на її величину значний вплив має вологість деревини. Існують відповідні нормативи, які дозволяють встановити щільність деревини для окремих деревних порід за визначеного вмісту вологи. Проте, як свідчить практика, навіть ці коефіцієнти є нестійкими і залежать від пори року, строків зберігання, умов транспортування деревини, а тому їх іноді визначають експериментальним шляхом. В іншому разі необхідно в лабораторних умовах визначити рівень вологості деревини (ГОСТ 17231–78 «Лесоматериалы круглые. Методы определения влажности»).

Визначення об'єму деревини зважуванням використовується у тих випадках, коли необхідно провести облік великих партій деревної продукції, напри-

клад, під час перевезення залізничним і автомобільним транспортом (ОСТ 13–59–82 «Лесоматериалы круглые. Весовой метод определения объема и оценки качества»).

4. Точність способів визначення об'єму. Найточнішим способом таксації об'єму деревини прийнято вважати ксилметричний. Точність усіх інших виражається у відсотках порівняно з результатом, який забезпечує цей спосіб. Так, усі складні стереометричні формули дозволяють визначати об'єм стовбура з помилкою не більше 2–3 %. Загальновідомо, що складна формула серединних перерізів дещо занижує об'єм першої секції для стовбурів зі значними кореневими напливами.

Проста формула Смаліана і Симпсона завищує об'єм стовбурів, причиною чого також є кореневі напливи. Величина відхилень значна і може сягати 65 % для формули Смаліана і 25 % – для формули Симпсона. Помилки простих формул Губера, Госфельда і Шиффеля можуть набувати як від'ємних, так і додатних значень, які коливаються в межах ± 10 %.

Контрольні запитання та завдання

1. *На основі яких теоретичних положень можна вивести формули для визначення об'єму деревного стовбура?*

2. *Який вигляд має загальне рівняння твірної правильних тіл обертання? Для вирішення яких задач воно може застосовуватися в лісовій таксації?*

3. *Виведіть загальну формулу об'єму правильних тіл обертання.*

4. *Які Ви знаєте прості формули для визначення об'єму стовбура зрубного дерева? Які їхні недоліки і переваги, точність?*

5. *Виведіть будь-яку просту формулу визначення об'єму стовбура зрубного дерева.*

6. *Наведіть складні (секційні) формули визначення об'єму стовбура. Яка їхня точність? У яких випадках вони застосовуються?*

7. *Наведіть значення щільності деревини основних деревних порід. Як можна визначити об'єм деревини ваговим способом? Наведіть приклад.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн пром-сть, 1982. – 552 с.

2. Никитин К. Е. Теория определения объемов древесных стволов : Разработка для студентов и аспирантов лесохозяйственного факультета / К. Е. Никитин. – К. : УСХА, 1979. – 51 с.

ТЕМА 4. ТАКСАЦІЯ ДЕРЕВНОЇ ПРОДУКЦІЇ

1. Класифікація та методи обліку деревної продукції.
2. Визначення об'єму круглих ділових лісоматеріалів.
3. Таксація дров, хворосту і хмизу.
4. Таксація пиломатеріалів.
5. Система електронного обліку деревини.

1. Класифікація та методи обліку деревної продукції. Із деревини заготовлюють різні види продукції, яка знаходить своє використання в різних галузях народного господарства. У зв'язку з цим деревна продукція потребує стандартизації.

Так, у результаті поперечного поділу стовбура одержують *круглі лісоматеріали*. Лісоматеріал певного цільового призначення називається *сортиментом*. Частина лісоматеріалу, отримана шляхом поздовжнього пиляння крупномірною сортименту має назву *пиломатеріал*.

Залежно від технології отримання та призначення окремих сортиментів деревна продукція поділяється на такі види: круглі ділові лісоматеріали (пиловник, будівельний ліс, кряжі різного призначення тощо); сортименти, призначені для виробництва струганого шпону; сортименти, призначені для виробництва лущеного шпону; дрова паливні, технологічні; колоті лісоматеріали; пиляні лісоматеріали.

Деревина, що відповідає за розмірами і якістю вимогам ГОСТ 9462–88 і ГОСТ 9463–88, називається *діловою*. Облік ділової деревини, як правило, здійснюється поштучно без кори. Групові методи обліку в штабелях застосовуються для ділових сортиментів з діаметром у верхньому відрізі без кори 14 см і менше (за виключенням сортиментів цінних деревних порід: дуба, бука, ясена, береста, клена, каштана, горіха, яблуні, груші). Залежно від діаметра сортименту у верхньому відрізі без кори ділова деревина розподіляється на грубу ($d_e \geq 25,0$ см), середню ($13,5 \leq d_e < 25,0$ см) і дрібну ($5,5 \leq d_e < 13,5$ см).

Частини стовбура, непридатні для заготівлі ділової деревини, що мають товщину у верхньому відрізі в корі не менше 3 см і довжину, кратну 0,5, належать до *дров'яної деревини* (дрова). Основними нормативними документами, які регламентують таксацію дров, є ГОСТ 3243–88 і ТУ 56.196–95. Облік дров здійснюється з корою у штабелях, якщо їхня довжина не перевищує 3,0 м. Частина стовбура, що залишилась, і кора ділової деревини утворюють *відходи*.

2. Визначення об'єму круглих ділових лісоматеріалів. Для визначення об'єму круглих ділових лісоматеріалів можна використовувати загальновідомі у лісовій таксації методи, що застосовуються для оцінки об'єму стовбура зрубаного дерева, зокрема, різноманітні стереометричні формули. Проте у виробничих умовах, коли кількість таксованих колод досить велика, такий спосіб стає неприйнятним. У цьому випадку використовують таблиці об'єму круглих

лісоматеріалів ГОСТ 2708–75, входами до яких є довжина колоди і діаметр у верхньому відрізі без кори. Аналогічний норматив було розроблено кафедрою лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України (Лісотаксаційний довідник, 2013).

Через різну збіжистість колод і округлення діаметра табличний результат таксації може мати істотні помилки випадкового характеру, які при масових вимірах зменшуються пропорційно квадратному кореню з кількості таксованих колод.

Із метою узгодження методичних прийомів обліку заготовленої лісопродукції, які використовуються в Україні та більшості країн-імпортерів деревини, в 2001 році було введено в дію державний стандарт України ДСТУ 4020–2–2001. Вхідними параметрами до таблиць об'єму круглих лісоматеріалів указанного стандарту є деревна порода, довжина і діаметр у корі на середині колоди (Лісотаксаційний довідник, 2013).

Окрім зазначених нормативів, об'єм круглих лісоматеріалів можна обчислити за формулою Дементьєва, яка для колод, коротших ніж 8 м, має вигляд:

$$V = d_b^2 \cdot (L - 0,3) \cdot 10^{-4}, \quad (4.1)$$

де d_b – діаметр у верхньому відрізі без кори, см;

L – довжина колоди, м.

Для колод, довжина яких становить 8 м і більше, поправкою 0,3 у формулі можна нехтувати.

Довжина прямих круглих лісоматеріалів і колод з простою кривизною – це найкоротша відстань між двома паралельними площинами, що розташовані на кожному з торців колод і є перпендикулярними до її поздовжньої осі. Згідно з ДСТУ 4020–2–2001 вона вимірюється за допомогою вимірювального інструменту, який має бути калібрований та градуйований з точністю до одного сантиметра (рис. 4.1). Зазвичай – це рулетка або лінійка. Номінальна довжина лісоматеріалів заокруглюється до 0,01 м згідно з ГОСТами 9462–88 і 9463–88 до найближчої меншої величини.

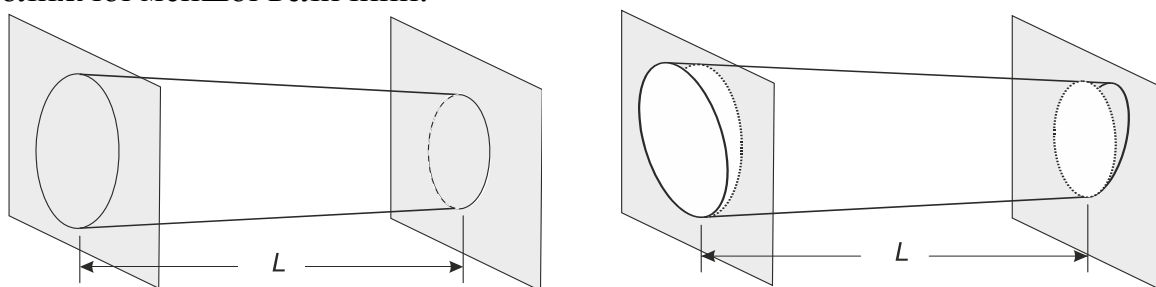


Рис. 4.1. Схема вимірювання довжини прямих круглих лісоматеріалів

Довжину круглих лісоматеріалів зі складною кривизною визначають як суму окремих прямих відрізків або відрізків з простою кривизною, на які колоди умовно поділяються. Довжина круглих лісоматеріалів з підпилом або зі скосом пропилю вимірюється з урахуванням указаних вище вимог від середини поверхні підпилю або скосу пропилю на відповідному торці колоди (рис. 4.2).

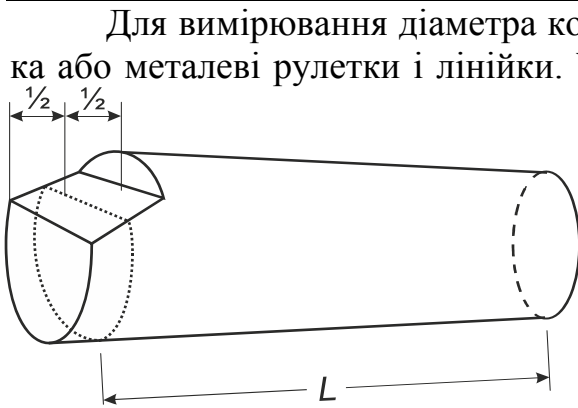


Рис. 4.2. Схема вимірювання довжини колод з підпилом

Для вимірювання діаметра колод використовуються, зазвичай, мірна вилка або металеві рулетки і лінійки. У випадку використання мірної вилки вимірювання діаметра на верхньому торці здійснюється на відстані 5–10 см від нього один раз для колод з верхнім діаметром не більше 20 см і двічі у взаємно перпендикулярних напрямках, якщо діаметр перевищує 20 см. Якщо колода у верхньому торці має круглу форму, то допускається робити лише одне вимірювання. Під час використання металевої лінійки вимірюється усереднений діаметр впоперек верхнього торця колоди таким чином, щоб лінійка проходила через геометричний центр.

Вимірювання мірною вилкою серединного діаметра у колод овальної форми здійснюється двічі взаємно перпендикулярних напрямках незалежно від його величини. Для колод круглої форми допускається робити одне вимірювання. Якщо посередині довжини колоди є вада форми, то діаметр вимірюється у двох місцях по обидва боки вади на однаковій відстані від середини довжини і обчислюється середнє значення.

Згідно із ДСТУ 4020–2–2001 встановлення розмірів круглих лісоматеріалів може здійснюватися також електронними та оптичними системами або іншим обладнанням для автоматичного вимірювання, які атестовані до використання.

3. Таксація дров, хворосту і хмизу. На відміну від ділової деревини таксацію дров здійснюють, переважно, не поштучно, а у стосах, складених у період заготівлі лісу, і обліковують у складових м³ з корою (рис. 4.3). Щільність укладання стосів залежить від деревної породи (листяні, хвойні), виду і форми полін (круглі, колоті, криві, рівні), їхньої довжини і товщини (товсті, середні, тонкі). Указані критерії є входами до таблиці коефіцієнтів повнодеревності (ГОСТ 3243–88) для переведення складових мір дров у щільні.

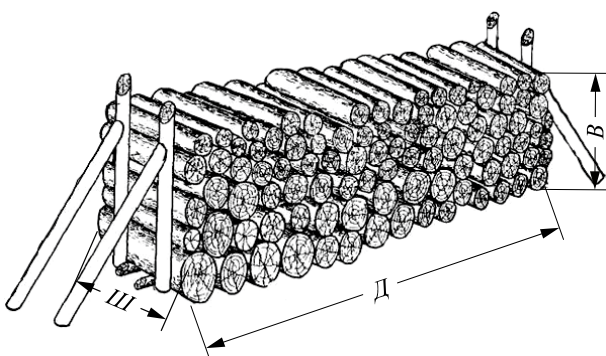


Рис. 4.3. Схема укладання дров у стоси

Складову кубічну міру (скл. м³) визначають шляхом множення довжини (D) стосу на його висоту (B) і ширину ($Ш$).

Шириною стосу є довжина полін. Оскільки у стосі завжди є пустоти, то для переведення об'єму стосу в щільну кубічну міру, складові кубометри перемножуються на коефіцієнт повнодеревності. Крім уніфікованих значень цього коефіцієнта, в окремих випадках розрахунковий (фактичний) коефіцієнт повноде-

ревності може встановлюватися, наприклад, як відношення суми довжин торців полін, виміряних на умовній діагоналі стосу, до її загальної довжини.

Облік дров завдовжки 3 м і більше згідно з вимогами ГОСТ 3243–88 здійснюють поштучно у щільних м³ за таблицями ГОСТ 2708–75. Хворост і хмиз обліковують у стосах (рис. 4.4) у складових м³ з переведенням об'єму стосу в щільну кубічну міру залежно від довжини і ступеня очищення хворосту. Варто пам'ятати, що для очищеного хворосту повнодеревність збільшується на 25 %.

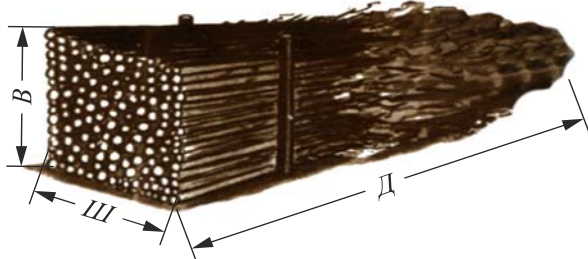


Рис. 4.4. Схема укладання хворосту

Хворост і хмиз укладається щільно між опорними кілками окоренковою частиною в один бік. Ширина і висота вимірюється в окоренковій частині стосу, а довжина – за середньою довжиною стовбурців чи гілок. Під час обміру складених хворосту і хмизу робиться поправка на осідання у розмірі 10 % – для хворосту і 20 % – для хмизу. Відзначимо, що коефіцієнти повнодеревності дров, хворосту і хмизу наведено у «Лісотаксаційному довіднику, (2013)».

4. Таксація пиломатеріалів. Пиляні лісоматеріали обліковують шляхом застосування загальновідомих геометричних формул об'єму. У виробничих умовах з цією метою використовуються спеціальні таблиці. Облік більшості видів пиломатеріалів здійснюється у щільних метрах кубічних. Обліку в складовій мірі з наступним переведенням у щільну підлягають обаполи.

Існують такі основні види пиломатеріалів: пластина, брус, брусочок, дошка, обапіл, шпала тощо. Пиломатеріали найчастіше мають правильну геометричну форму, а тому їхній об'єм визначається шляхом множення площі поперечного торця на довжину. Ширину необрізних дошок визначають як півсуму ширини верхньої та нижньої сторін, виміряних посередині дошки.

Відповідні стандарти визначають розміри та якість пиляних лісоматеріалів і заготовок різного призначення. Ними ж встановлені припуски на усушку в довжину, ширину і товщину, які є необхідними для виготовлення виробів певних розмірів.

5. Система електронного обліку деревини. Із 2013 року в лісах, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України, з метою підвищення точності обліку лісопродукції на всіх стадіях її переміщення, транспортування, реалізації та інвентаризації, автоматичного формування первинних облікових документів і звітності, оперативного отримання інформації про кількісні і якісні характеристики продукції лісозаготівель та рух деревини запроваджено систему її електронного обліку.

Комплект обладнання, за допомогою якого здійснюється електронний облік деревини (рис. 4.5), складається з кишенькового персонального комп'ютера (КПК), мобільного термопринтера та засобів маркування (молоток для маркування, пластикова бирка).

Для ефективної роботи системи використовується спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє здійснювати облік деревних хлестів, окремих ділових сортиментів і дров поштучно або у стосах безпосередньо на лісосіці, верхньому чи нижньому складах, автоматично формувати первинні й звітні облікові документи, оперативно передавати і приймати інформацію щодо кількісних і якісних параметрів заготовленої та реалізованої лісопродукції і, відповідно, ефективно приймати управлінські рішення.



Рис. 4.5. Комплект обладнання для електронного обліку деревини

За допомогою засобів маркування на заготовлену лісопродукцію встановлюється пластикова бирка, на якій зазначається індивідуальний номер хлеста, колоди або пакету ділової деревини чи дров в цифровому форматі та у форматі штрих-коду.

Мобільний принтер безпосередньо у польових умовах дозволяє автоматично друкувати специфікації приймання, вивезення, переміщення, реалізації та інвентаризації лісопродукції, а також товарно-транспортні накладні на відпуск та переміщення деревини.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте класифікацію основних сортиментів деревної лісопродукції.
2. Які існують стереометричні способи визначення об'єму колод?
3. Як визначають об'єм круглих лісоматеріалів у виробничих умовах?
4. Якими критеріями керуються для поділу ділової деревини на категорії крупності – груба, середня та дрібна?
5. Наведіть зміст стандартної таблиці для визначення коефіцієнтів повнодеревності стосів дров (ГОСТ 3243–88). Які поправки, зумовлені формою полін, слід врахувати при остаточному визначенні величини коефіцієнта? Як визначається фактичний коефіцієнт повнодеревності стосу дров?
6. Способи таксації хмизу.
7. Назвіть основні види пиломатеріалів і способи їхньої таксації.
8. Викладіть зміст системи електронного обліку деревини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вінченко, 2013. – 496 с.
3. Про затвердження тимчасової інструкції з електронного обліку продукції лісозаготівель, лісопиляння і деревообробки на підприємствах Державного агентства лісових ресурсів України : наказ Державного агентства лісових ресурсів України № 202, 26 червня 2012 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу : http://elobderev.blogspot.com/2013/03/blog-post_30.html . – Заголовок з екрану.

ТЕМА 5. СУЧАСНЕ ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІСОТАКСАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ

1. Прилади для вимірювання діаметра стовбурів і гілок дерев.
2. Особливості визначення діаметра дерев, що ростуть.
3. Прилади та методи вимірювання висоти дерев.
4. Інструментальне забезпечення таксації деревного приросту.

1. Прилади для вимірювання діаметра дерев. Діаметр стовбурів дерев у лісовій таксації вимірюється переважно за допомогою мірної вилки. За тривалий період розвитку лісотаксаційного обладнання розроблено багато різних за конструкцією мірних вилок. Найпоширенішими серед них є вилки, які складаються з трьох частин: лінійки, рухомої і нерухомої ніжок. Як правило, на лінійці з одного боку наносяться поділки через 0,1 см, а з іншого – через 4 см (рис. 5.1). Зворотний бік вимірювальної лінійки використовується під час переліку дерев у насадженні за ступенями товщини.



Рис. 5.1. Лінійка мірної вилки Mantax Precision Blue 4 cm

Найбільш сучасними є електронні мірні вилки. Вони обладнані комп'ютером, який здатний збирати, обробляти і передавати інформацію на ПК. Роботою всього апаратного комплексу вилки та інстальованого програмного забезпечення керує операційна система. Приклади різних за конструкцією сучасних мірних вилок наведено на рис. 5.2.

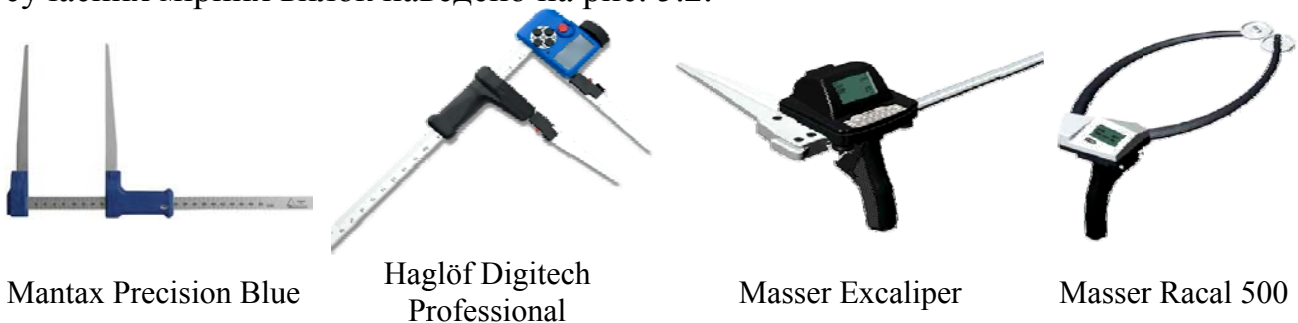


Рис. 5.2. Сучасні конструкції мірних вилок

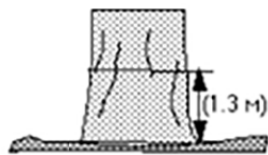
Сучасні лісотаксаційні прилади, наприклад, дендрометри, електронні мірні вилки з лазерними променями дозволяють здійснювати дистанційне вимірювання товщини стовбура на різних висотах або діаметра товстих гілок.

2. Особливості визначення діаметра дерев, що ростуть. Діаметр стовбура на висоті грудей (висоті 1,3 м) окремого дерева вимірюється зазвичай ме-

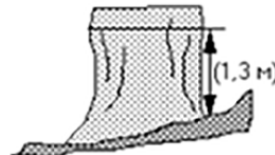
ханічною або електронною мірною вилкою із заокругленням до 0,1 см в одному або двох взаємно перпендикулярних напрямках з урахуванням наступних вимог:

- ніжки вилки повинні бути перпендикулярними до лінійки;
- площина, в якій знаходиться мірна вилка, повинна бути перпендикулярною до осі стовбура;
- довжина ніжок вилки повинна бути довшою, ніж $\frac{1}{2}$ діаметра дерева;
- мірна вилка повинна торкатися дерева у трьох точках;
- відлік треба робити тоді, коли вилка знаходиться на стовбурі.

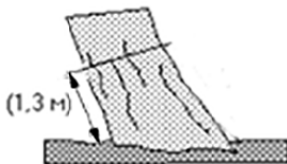
У дерев, розташованих на схилі або в гірських умовах, діаметр стовбура вимірюють на висоті 1,3 м з вищої сторони. Діаметр нахилоного дерева вимірюється на висоті 1,3 м із нижнього боку стовбура. У дерев, котрі на висоті 1,3 м мають дупла, мутовки, різні випуклості тощо, діаметр вимірюється вище вказаних вад. Якщо дерево розгалужене по серцевині до висоти 0,3 м від кореневої шийки на два окремих стовбури, то вимірюється діаметр кожного з них, вище висоти 1,3 м – один стовбур дерева. Дерев, розгалужені по серцевині на висоті між 0,3 і 1,3 м, обмірюють як два окремих стовбури, причому діаметр кожного з них вимірюється на висоті 1 м від початку розгалуження (рис. 5.3).



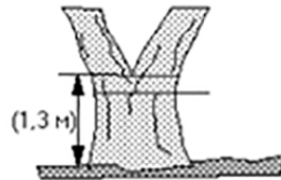
1. Дерево на рівній поверхні



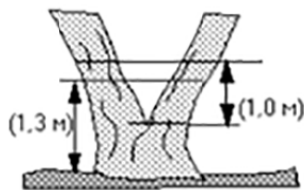
2. Дерево на схилі



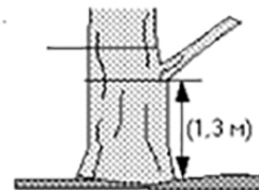
3. Похилене дерево



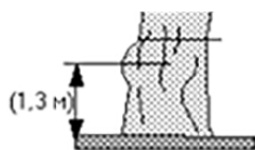
4. Дерево, розгалужене на висоті 1,3 м та більше



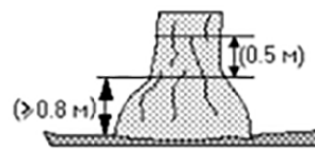
5. Дерево, розгалужене на висоті нижче 1,3 м



6. Дерево з гілкою



7. Дерево з випуклістю



8. Дерево з пляшковидним стовбуром

Рис. 5.3. Правила вимірювання діаметра дерев

Для вимірювання діаметра стовбура дуже товстих дерев використовуються мірна стрічка чи рулетка (для обміру довжини обхвату) або спеціальна мірна рейка з лазерним променем.

3. Прилади та методи вимірювання висоти дерев. Висота дерева, що росте, вимірюється, зазвичай, за допомогою висотомірів (рис. 5.4). Найсучаснішими є лазерні та ультразвукові висотоміри і дендрометри. З цією метою використовуються також мірна вилка, а для маломірних стовбурів – мірна стрічка.



Рис. 5.4. Механічні та електронні висотоміри тригонометричного принципу дії

За принципом дії всі висотоміри поділяються на геометричного й тригонометричного принципів дії та оптичні. Висотоміри тригонометричного принципу дії є базисними і дозволяють вимірювати висоту дерев шляхом фіксації певних кутів візування на основу дерева та його верхівку. Такими приладами є екліметр, висотоміри Блюме-Лейса, Макарова, Suunto, НЕС, Vertex IV, TruPulse 360 та інші. Під час вимірювання висоти цими приладами можливі три випадки (рис. 5.5).

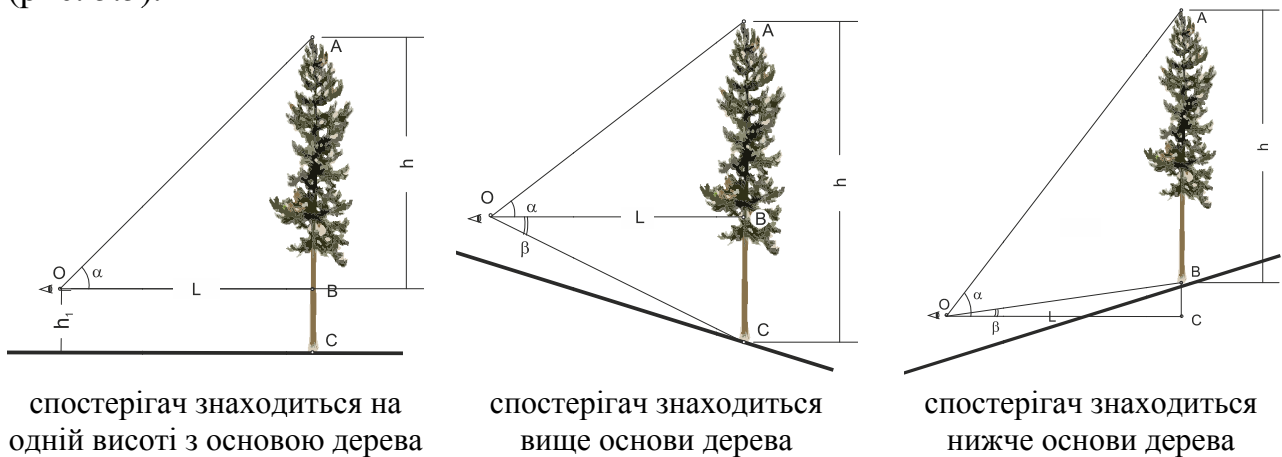


Рис. 5.5. Методика вимірювання висоти дерева

При цьому висота дерева (h) буде визначатися як:

горизонтальна місцевість

$$h = AB + BC = L \cdot \operatorname{tg} \alpha + h_1, \quad (5.1)$$

вимірювання по схилу вниз

$$h = AB + BC = L \cdot \operatorname{tg} \alpha + L \cdot \operatorname{tg} \beta = L \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta), \quad (5.2)$$

вимірювання по схилу вверх

$$h = AC - BC = L \cdot tg\alpha - L \cdot tg\beta = L \cdot (tg\alpha - tg\beta), \quad (5.3)$$

де L – базис вимірювання (відстань від дерева до спостерігача);

α, β – кути візування відповідно на верхівку та основу дерева;

h_1 – відстань від земної поверхні до очей спостерігача.

Геометричний принцип вимірювання висоти дерев ґрунтується на правилах подібності трикутників (рис. 5.6). Прикладом безбазисного висотоміра геометричного принципу дії є висотомір Христенена.

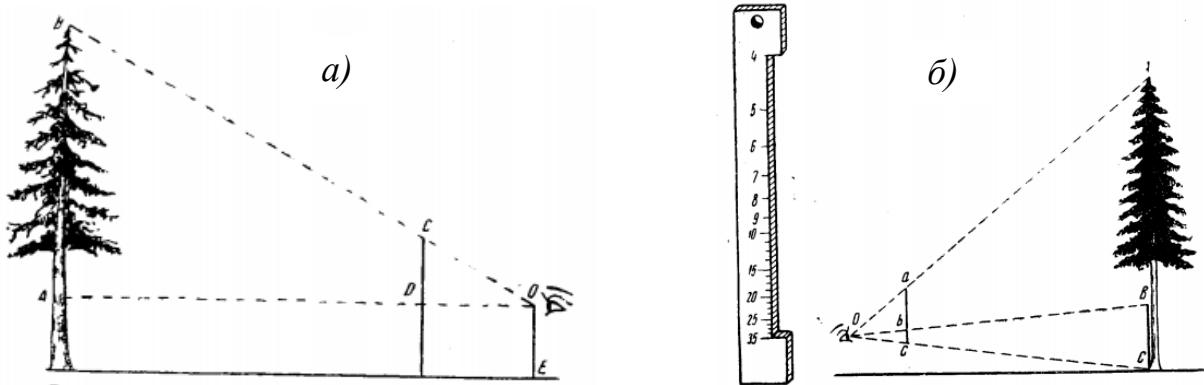


Рис. 5.6. Вимірювання висоти дерев за допомогою кілків (а) і висотоміром Христенена (б)

Базисним висотоміром такого ж принципу дії є мірна вилка. Із рис. 5.7 видно, що $\triangle OAB$ і $\triangle oab$ подібні. З подібності цих трикутників і за умови, що $OB = 100 \cdot ob$, випливає:

$$\frac{OB}{ob} = \frac{AB}{ab}, \text{ звідки } AB = \frac{OB \cdot ab}{ob} = 100 \cdot ab.$$

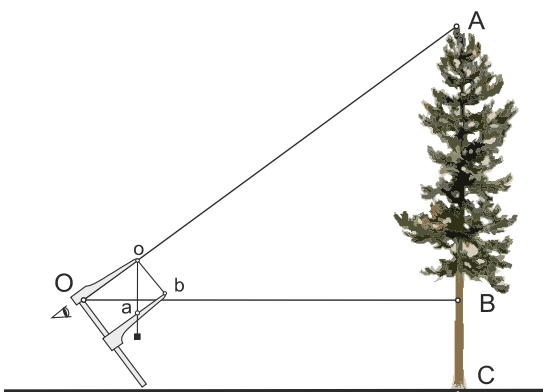


Рис. 5.7. Мірна вилка як висотомір

Оптичні висотоміри побудовані на основі законів оптики. До цих висотомірів належить, зокрема, висотомір Анучина. Він складається з лінзи-окуляра та лінзи-об'єктива, що вмонтовані в трубку. Промені світла, які йдуть від дерева після проходження через систему лінз, потрапляють в око. Зменшене зображення дерева, яке бачить спостерігач, показує висоту дерева на вмонтованій у висотомір шкалі.

Необхідно усвідомити, що всі висотоміри дають можливість визначити висоту дерева, що росте, лише з певним наближенням.

4. Інструментальне забезпечення таксації деревного приросту. Для визначення віку дерева та інтенсивності росту дерева у товщину використовуються вікові та прирісні свердлики, прирісні молотки (рис. 5.8). Прирісний свердлик являє собою трубку, яка має на одному з кінців різьбу. З іншого кінця

трубка має чотиригранний хвостовик, який вставляється в отвір іншої трубки. Таким чином вона використовується як ручка і одночасно слугує футляром.



Рис. 5.8. Інструменти для таксації деревного приросту

Під час вкручування свердлика в стовбур дерева в середину трубки потрапляє циліндрок деревини – керн. Далі між керном і внутрішньою стінкою трубки вставляється спеціальна вузька пластина з насічкою. Після викручування свердлика зі стовбура керн залишається на цій пластині, а потім виймається зі свердлика. Значно швидше неглибокі зразки деревини можна відбирати за допомогою прирісного молотка. Для взяття глибоких проб використовують віковий свердлик. Аналіз прирісних кернів виконують з використанням звичайної лінійки і лупи або сучасних вимірювачів (рис. 5.9).

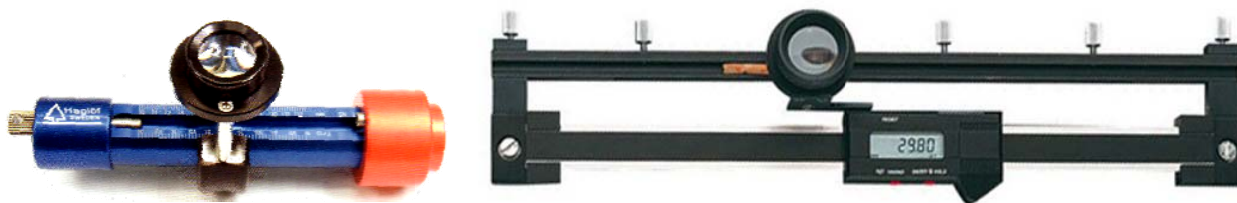


Рис. 5.9. Вимірювачі прирісних кернів від Haglöf

Контрольні запитання та завдання

1. Які прилади та інструменти використовуються в лісотаксаційних вимірюваннях? Яке їхнє цільове призначення?
2. Опишіть основні конструкції мірних вилок.
3. Розкрийте зміст тригонометричного та геометричного принципів вимірювання висоти дерев.
4. Наведіть схему визначення висоти дерева за допомогою мірної вилки.
5. Які прилади використовуються для таксації деревного приросту? Які особливості їхнього використання?

ЛІТЕРАТУРА

1. Гром М. М. Лісова таксація : підручник / М. М. Гром. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Вид-во НЛТУ України, 2007. – 416 с.
2. Методичні рекомендації з моніторингу лісів України I рівня. – Харків, 2009. – 48 с.
3. Haglof Sweden AB. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://www.haglofcg.com> . – Заголовок з екрану.

ТЕМА 6. ТАКСАЦІЯ ОБ'ЄМУ СТОВБУРІВ ДЕРЕВ, ЩО РОСТУТЬ

1. Поняття про показники форми і повнодеревності стовбурів.
2. Взаємозв'язок між видовими числами, коефіцієнтами форми та іншими біометричними показниками дерев.
3. Основні формули для визначення об'єму стовбурів дерев, що ростуть.

1. Поняття про показники форми і повнодеревності стовбурів. Під час вивчення форми деревних стовбурів як одного із визначальних факторів, що впливає на об'єм і розмірно-якісні параметри стовбурової деревини, застовуються різні підходи. Однією з найбільш вичерпних характеристик форми стовбура є його твірна. Проте під час опрацювання практичних прийомів таксації об'єму стовбурів дерев, що ростуть, більш поширеним став аналіз показників форми і повнодеревності: коефіцієнтів і класів форми, видових чисел.

Для числової характеристики форми і збіжистості стовбурів дерев можна використовувати співвідношення діаметрів, визначених на певних висотах. З цією метою було запропоновано характеризувати форму стовбурів відношенням діаметрів, визначених на пеньку, 1/4, 1/2 і 3/4 висоти дерева, до діаметра на висоті 1,3 м. Ці відношення отримали назву *коефіцієнтів форми*. Зазвичай обчислюють такі коефіцієнти:

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{1,3}}, \quad q_1 = \frac{d_{0,25}}{d_{1,3}}, \quad q_2 = \frac{d_{0,5}}{d_{1,3}}, \quad q_3 = \frac{d_{0,75}}{d_{1,3}}, \quad (6.1)$$

де $d_0, d_{1,3}$ – діаметри стовбура на пеньку і висоті 1,3 м, см;

$d_{0,25}, d_{0,5}, d_{0,75}$ – діаметри стовбура на відповідних відносних висотах, см.

Найбільш важливим для практики є другий коефіцієнт форми q_2 . Особливістю коефіцієнтів форми є їхня залежність від висоти стовбура, зі зростанням якої в межах однорідної сукупності дерев коефіцієнти форми зменшуються. Цю особливість можна підтвердити на основі відповідних теоретичних міркувань.

Якщо за модель твірної стовбура прийняти рівняння $y = a \cdot (L - x)^{m/2}$, коефіцієнти форми можна розрахувати за таким співвідношенням:

$$q_i = \left(\frac{d_i}{d_{1,3}} \right)^{\frac{m}{2}} = \left(\frac{h - h_i}{h - 1,3} \right)^{\frac{m}{2}} = \left(\frac{1 - h_{E_i}}{1 - \frac{1,3}{h}} \right)^{\frac{m}{2}}, \quad (6.2)$$

де h – висота дерева, м;

h_i, h_{E_i} – абсолютне і відносне значення відстані від нижнього перерізу дерева до точки вимірювання діаметра d_i .

Із співвідношення (6.2) випливає, що коефіцієнти форми за однакової величини m залежать лише від висоти дерева. Зі збільшенням висоти, незалежно від форми стовбура, коефіцієнти форми будуть зменшуватися.

Пошук показників форми, що не залежать від висоти дерева, призвів до появи *класів форми* – частки від ділення діаметрів, виміряних на відносних висотах $0,0h$, $0,25h$, $0,5h$, і $0,75h$ на діаметр, визначений на відносній висоті $0,1h$:

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{0,1}}, \quad q_1 = \frac{d_{0,25}}{d_{0,1}}, \quad q_2 = \frac{d_{0,5}}{d_{0,1}}, \quad q_3 = \frac{d_{0,75}}{d_{0,1}}, \quad (6.3)$$

де $d_{0,1}$ – діаметр стовбура на $1/10$ висоти стовбура, см.

При базовому діаметрі $d_{0,1}$, класи форми визначаються за формулою:

$$q_j = \left(\frac{d_j}{d_{0,1}} \right)^{\frac{m}{2}} = \left(\frac{h - h_j}{h - 0,1h} \right)^{\frac{m}{2}} = \left(\frac{1 - h_{Ej}}{0,9} \right)^{\frac{m}{2}} = \left[1,111 \cdot (1 - h_{Ej}) \right]^{\frac{m}{2}}. \quad (6.4)$$

На основі наведеного рівняння можна констатувати відсутність зв'язку класів форми з висотою. Однак на практиці помітних переваг класи форми не отримали, оскільки їхні величина і мінливість виявилися залежними від інших біометричних показників деревного стовбура.

Проблема визначення об'єму стовбурів дерев виникла в середині ХІХ століття як прикладна задача. При цьому зусилля значною мірою були сконцентровані на отриманні достатньо точних і зручних формул. Однією з найбільш ефективних виявилася концепція видових чисел.

Видове число (показник повнодеревності) – це відношення об'єму стовбура (V_{cm}) до об'єму циліндра, висота якого дорівнює висоті дерева, а діаметр – діаметру стовбура на певній висоті (рис. 6.1). Якщо діаметр основи циліндра відповідає діаметру стовбура на висоті $1,3$ м, то такий показник має назву старого видового числа (f). У випадку, коли за діаметр циліндра приймають діаметр стовбура, виміряний на відносній висоті $0,1h$, видове число називають нормальним (f_n):

$$f = \frac{V_{cm}}{g_{1,3} \cdot h}, \quad f_n = \frac{V_{cm}}{g_{0,1} \cdot h}, \quad (6.5)$$

де $g_{1,3}$, $g_{0,1}$ – площа перерізу стовбура на висоті $1,3$ м і $0,1h$, m^2 ;

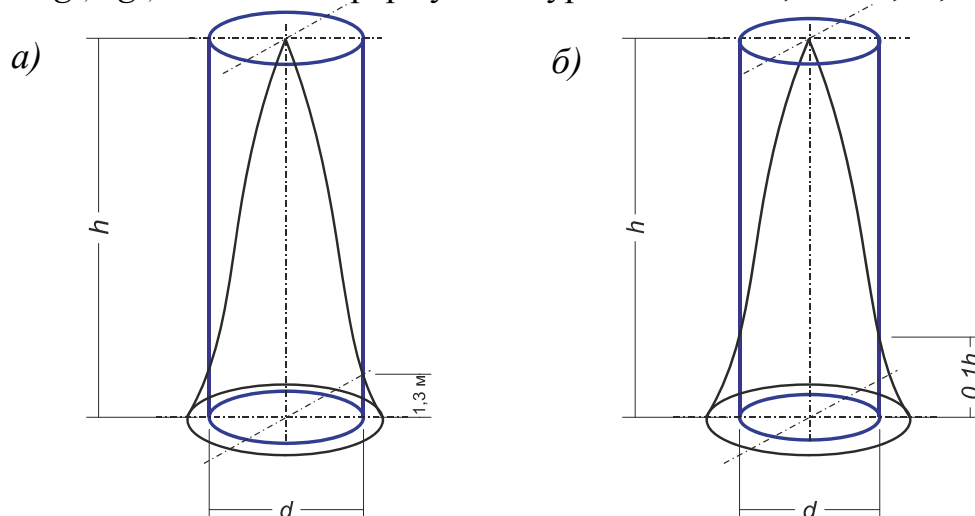


Рис. 6.1. Фізичний зміст старого (а) і нормального (б) видових чисел

Аналогічно до коефіцієнтів форми, старі видові числа також залежать від висоти стовбура:

$$f = \frac{V_{cm}}{g_{1,3} \cdot h} = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{d_0^2 \cdot h \cdot \pi/4}{d_{1,3}^2 \cdot h \cdot \pi/4} = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{d_0}{d_{1,3}}\right)^2. \quad (6.6)$$

Беручи до уваги, що $\left(\frac{d_0}{d_{1,3}}\right)^2 = \left(\frac{h}{h-1,3}\right)^m$, формула (6.6) набуде вигляду:

$$f = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{d_0}{d_{1,3}}\right)^2 = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{1,3}{h}}\right)^m. \quad (6.7)$$

На основі таких міркувань можна одержати рівняння для розрахунку нормальних видових чисел:

$$f = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{d_0}{d_{0,1}}\right)^2 = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{1}{0,9}\right)^m = \frac{1}{m+1} \cdot 1,111^m. \quad (6.8)$$

Отримане співвідношення підтверджує одну з важливих теоретичних переваг нормального видового числа – цей показник не залежить від висоти дерева. Проте численні дослідження засвідчили, що у зв'язку зі складнощами вимірювання на практиці діаметра на $0,1h$, перевагами нормальних видових чисел скористатися не вдається.

Існують й інші видові числа, проте, в лісовій таксації донині найпоширенішими залишаються старі видові числа. Середні значення старих видових чисел для окремих деревних порід такі: сосна – $0,45 \div 0,46$; дуб – $0,47 \div 0,48$; ялина – $0,49 \div 0,50$.

2. Взаємозв'язок між видовими числами, коефіцієнтами форми та іншими біометричними показниками дерев. Наявність зв'язку показників форми і повнодеревності (коефіцієнтів і класів форми, видових чисел) із біометричними параметрами деревного стовбура вказує на існування певного взаємозв'язку між ними. Найпростішими формулами, що відображають зв'язок між видовим числом і коефіцієнтом форми q_2 , є:

– формула Вейзе-Шиффеля

$$f = \frac{V_{ст}}{g_{1,3} \cdot h} = \frac{\pi/4 \cdot d_{0,5}^2 \cdot h}{\pi/4 \cdot d_{1,3}^2 \cdot h} = \left(\frac{d_{0,5}}{d_{1,3}}\right)^2 = q_2^2. \quad (6.9)$$

– формула Кунце

$$f = q_2 - c, \quad (6.10)$$

де c – стала в межах деревної породи величина (для сосни – $0,20$; для ялини і дуба – $0,21$; бука, осики – $0,22$).

На початку ХХ століття А. Шиффель опублікував низку робіт, які стали класичними з питань вивчення форми і повнодеревності стовбурів дерев. Отримані ним висновки істотно визначили подальші підходи і шляхи аналізу цього питання і не втрачають своєї актуальності до цього часу. Серед багатьох важливих питань, які були розглянуті Шиффелем, найбільш відомими стали залежності між видовим числом, другим коефіцієнтом форми і висотою дерев:

$$f = 0,66 \cdot q_2^2 + 0,14 + \frac{0,32}{q_2 \cdot h}. \quad (6.11)$$

Слід сказати про певний внесок у вивчення теорії видових чисел і показників форми проф. М.Є. Ткаченка. На основі аналізу формули Шиффеля (6.11) ним було запропоновано відповідну таблицю для визначення видових чисел залежно від h і q_2 .

Класичні дослідження форми й повнодеревності сприяли більш детальному вивченню взаємозв'язку коефіцієнтів форми і видових чисел із іншими біометричними показниками деревних стовбурів. Нині математичне моделювання видових чисел у лісовій таксації відіграє надзвичайно важливу роль під час опрацювання відповідних нормативів для визначення об'єму деревних стовбурів. Загальновизнаною є залежність видових чисел від діаметра і висоти дерев. У окремих випадках відзначається також статистично значущий зв'язок видових чисел з іншими таксаційними показниками, наприклад, протяжністю крони, віком тощо. Проте, найчастіше ускладнення регресійних рівнянь додатковими параметрами суттєво не позначається на їхній точності. Саме тому під час визначення об'єму дерев, що ростуть, у лісовій таксації прийнято визначати лише два показники – діаметр і висоту.

3. Основні формули для визначення об'єму стовбурів дерев, що ростуть. Значна увага до теорії повнодеревності в лісовій таксації пояснюється прагненням отримати достатньо прості формули для визначення об'єму деревних стовбурів. Якщо розглядати видове число як певний перевідний коефіцієнт між об'ємом стовбура і об'ємом рівновеликого циліндра, то об'єм деревного стовбура може бути визначеним за **класичною формулою лісової таксації**:

$$V = g \cdot h \cdot f. \quad (6.12)$$

Це співвідношення покладено в основу більшості формул визначення об'єму дерев, що ростуть.

Формула Денцина. Німецький лісівник Денцин для визначення об'єму стовбурів ялини висотою 25–26 м, видові числа яких приблизно становлять 0,5, запропонував надзвичайно просту формулу:

$$V = g \cdot h \cdot f = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot 25,5 \cdot 0,5 = 0,001 \cdot d^2. \quad (6.13)$$

Подальший аналіз цієї формули засвідчив, що вона забезпечує достатню точність для стовбурів сосни заввишки 30 м, дуба і ялини – 26 м. Цю висоту

називають базовою (h_6). Безпосереднє використання формули Денцина для зазначених деревних порід потребує внесення поправки (p) на висоту стовбура:

$$\Delta V = V \cdot (h - h_6) \cdot 0,0p. \quad (6.14)$$

Величина поправки становить: для сосни – 3 %, ялини – 4 %, дуба – 5 %. Скориговане значення об'єму стовбура розраховується за формулою (6.15):

$$V' = V + \Delta V. \quad (6.15)$$

Формула Нікітіна. За результатами детального вивчення показників повнодеревності низки деревних порід К.Є. Нікітін встановив тісну лінійну залежність видової висоти hf від висоти деревних стовбурів. Це дозволило узагальнити одержані результати у вигляді формули:

$$V = d^2 \cdot (b \cdot h + a), \quad (6.16)$$

де a і b – параметри рівняння (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Параметри рівняння (6.16)

Параметр	Порода				
	сосна	береза	дуб, граб, ясен	осика, бук, клен	ялина, ялиця, липа
b	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34
a	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9

Пізніше К.Є. Нікітін узагальнив свої висновки у вигляді двох формул, які запропонував використовувати на практиці для визначення об'єму стовбурів дерев, що ростуть:

сосна, береза, вільха

$$V = d^2 \cdot \left(\frac{h}{3} + 0,5 \right), \quad (6.17)$$

інші деревні породи

$$V = d^2 \cdot \left(\frac{h}{3} + 1 \right). \quad (6.18)$$

Формула Анучина. В унісон К.Є. Нікітіну свої формули запропонував М.П. Анучин:

сосна, модрина, м'яколистяні деревні породи

$$V = d^2 \cdot (0,31 \cdot h + 1), \quad (6.19)$$

ялина, ялиця, твердолистяні деревні породи

$$V = d^2 \cdot (0,31 \cdot h + 1,4). \quad (6.20)$$

У виробничих умовах для визначення об'ємів стовбурів дерев, що ростуть, прийнято використовувати відповідні нормативи. Як правило, це таблиці з двома входами – діаметром дерева на висоті 1,3 м і висотою. За необхідності можуть також використовуватися розрядні об'ємні таблиці, які є частиною сортиментних таблиць (Лісотаксаційний довідник, 2013). Під час застосування таких нормативів на практиці враховується деревна порода, належність дерев до вікової групи (молодняки, середньовікові і т. д.), лісорослинна зона тощо.

Контрольні запитання та завдання

1. У чому полягають особливості таксації об'єму стовбура дерева, що росте?
2. Дайте визначення поняття «видове число» стовбура. Яка різниця між старими і нормальними видовими числами?
3. Дайте визначення понять «коефіцієнти і класи форми».
4. Наведіть середні значення старого видового числа і другого коефіцієнта форми для стовбурів головних деревних порід.
5. Наведіть формули, що вказують на залежність між видовими числами і коефіцієнтами форми. Виведіть формулу $f = q_2^2$.
6. Як впливає висота на видове число (старе і нормальне) правильних тіл обертання? Дайте теоретичний виклад питання і зробіть висновок.
7. Виведіть формулу Денцина для визначення об'єму стовбура дерева, що росте. Які поправки необхідно вносити в об'єм під час практичного використання цієї формули?
8. Наведіть формули К.Є. Нікітіна та М.П. Анучина для визначення об'єму стовбура дерева, що росте? Наведіть приклади їхнього практичного застосування.
9. Дайте характеристику основних об'ємних таблиць, що використовуються під час таксації окремих дерев та їхніх сукупностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Кофман Г. Б. Рост и форма деревьев / Г. Б. Кофман. – Новосибирск : Наука, 1986. – 211 с.
3. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
4. Никитин К. Е. Лиственница на Украине / К. Е. Никитин. – К. : Урожай, 1966. – 332 с.

ТЕМА 7. ОСНОВНІ ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ НАСАДЖЕНЬ

1. Визначення понять «ліс» і «лісове насадження».
2. Особливості таксації насаджень за елементами лісу.
3. Таксаційні показники насаджень та способи визначення їх.

1. Визначення понять «ліс» і «лісове насадження». Визначення лісу як екологічної системи почало формуватися із середини XIX століття. Наукове визначення цього поняття давали багато відомих учених, серед яких Г.Ф. Морозов, П.С. Погребняк, Г.М. Висоцький, М.Є. Ткаченко та ін. Відповідно до Лісового кодексу України *ліс* – це тип природних комплексів, у якому поєднуються переважно деревна та чагарникова рослинність з відповідними ґрунтами, трав'яною рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами та іншими природними компонентами, що взаємопов'язані у своєму розвитку, впливають один на одного і на навколишнє природне середовище.

Лісовий покрив достатньо різноманітний за походженням, складом деревних порід, віком дерев, запасом деревини та іншими показниками. Одне із завдань лісової таксації полягає у виділенні лісових насаджень – однорідних лісових ділянок, які суттєво відрізняються від інших за комплексом таксаційних показників.

Ліс, як складне рослинне угруповання, навіть на незначній площі не буває цілком однорідним. У зв'язку з цим, для вирішення різних практичних питань у лісовій справі прийнято виділяти такі компоненти лісу: *деревостан*, тобто сукупність дерев, які складають основу лісового насадження; *підріст*, який згодом може замінити материнське насадження; *підлісок*, представлений деревною рослинністю переважно у формі кущів; *живий надґрунтовий покрив* – напівкущі, трав'яні рослини; *опад* і *лісова підстилка*. Іноді у насадженні існує позаярусна рослинність у вигляді ліан, лишайників.

Деревостан виступає не лише основним компонентом лісу, а й головним об'єктом господарювання. Тому його прийнято характеризувати за комплексом лісівничо-таксаційних показників.

2. Особливості таксації насаджень за елементами лісу. Вивчаючи структуру насаджень, проф. М.В. Третяков запропонував ділити їх на елементи лісу. В широкому розумінні *елемент лісу* – це однорідна частина деревостану, яка складається з дерев однієї породи, що ростуть в одному ярусі, за віком належать до одного покоління і мають однорідні умови росту. Найбільш наочним прикладом окремого елемента лісу є чисте одновікове насадження. В мішаних насадженнях елементами лісу виступають окремі деревні породи, у різновікових – різні покоління віку однієї деревної породи.

Поділ деревостану на елементи лісу спрощує його таксацію. Закономірності таксаційної будови насаджень, які покладені в основу сучасних методів

лісової таксації, найповніше проявляються і вивчаються саме за елементами лісу.

3. Таксаційні показники насаджень та способи визначення їх. В основу виділення лісових насаджень покладено наявність різниці між основними лісівничо-таксаційними показниками. У табл. 7.1 наведено перелік показників, які використовуються для характеристики лісових насаджень у цілому та окремих елементів лісу.

Таблиця 7.1

Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень

Деревостан		Насадження	
Порода	Середній діаметр	Склад	Повнота
Походження	Середня висота	Походження	Середній діаметр
Вік	Товарність	Форма	Середня висота
Бонітет	Запас	Клас віку	Товарність
Повнота		Бонітет	Запас

Походження. За походженням насадження поділяються на *природні* (насінневі або паросткові) та *штучні* (лісові культури).

Форма. За формою насадження є *прості* (однорусні) та *складні* (багато-ярусні). Виділення ярусів у деревостанах проводиться за таких умов: повнота дерев кожного ярусу має бути не менше 0,3, різниця середніх висот ярусів – не менше 20 %. Якщо висота деревостану становить від 4 до 8 м, то ярус виділяється за умови, що його висота становить не менше 1/4 висоти верхнього ярусу.

Склад. За складом насадження поділяють на *чисті* та *мішані*. Склад простого насадження або ярусу складного встановлюється за часткою запасів деревних порід і виражається формулою, що містить коефіцієнти (цілі числа, кожна одиниця якого відповідає 10 % частки тієї чи іншої деревної породи в загальному запасі) та скорочене позначення цих порід (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Скорочені назви основних лісоутворювальних деревних порід України

Назва роду та виду породи	Скорочена назва	Назва роду та виду породи	Скорочена назва
Основні хвойні породи			
Сосна звичайна	Сз	Ялина європейська	Яле
Модрина європейська	Мде	Ялиця біла	Яцб
Основні твердолистяні породи			
Дуб звичайний	Дз	Клен гостролистий	Клг
Бук лісовий	Бкл	Ясен звичайний	Яз
Граб звичайний	Гз	Біла акація	Акб
Основні м'яколистяні породи			
Береза повисла	Бп	Вільха чорна	Влч
Осика	Ос	Липа дрібнолиста	Лпд

Деревні породи, запас яких становить до 5 % від загальної його величини, записуються у формулі складу зі знаком «+». У молодняках до 10 років склад визначається за співвідношенням кількості дерев.

У насадженні розрізняють головну породу, яка найбільше відповідає меті ведення господарства, та породу, що переважає. Незважаючи на частку породи в загальному запасі насадження, на першому місці у формулі його складу записується головна порода, наприклад, 4Сз6Бп, 4Дз5Лпд1Гз+Клг.

Вік. Під час визначення цього показника може вказуватися не тільки вік насадження в роках, а й вікова група та клас віку. Клас віку – це той віковий інтервал (найчастіше десятиріччя), в який потрапляє вік насадження. Для швидкорослих деревних порід, наприклад, верби чи акації, встановлюються п'ятирічні класи віку. Розподіл насаджень за групами віку здійснюється відповідно до встановлених в системі лісовпорядкування вимог. При цьому виділяють такі вікові групи: молодняки, середньовікові, пристиглі, стиглі, перестійні.

Залежно від величини мінливості віку дерев у насадженні їх поділяють на *одновікові* та *різновікові*. До одновікових належать насадження, в яких вік дерев коливається в межах прийнятої величини класу. Крім того, в лісовій таксації існує й більш складна класифікація насаджень за віком: *одновікові* (коефіцієнт мінливості (V) віку дерев не перевищує 4 %), *умовно одновікові* ($V = 4\text{--}12\%$), *умовно різновікові* ($V = 12\text{--}24\%$), *різновікові* ($V > 24\%$).

Бонітет. Це опосередкований показник продуктивності насаджень, що визначається за шкалами (Лісотаксаційний довідник, 2013), які проф. М.М. Орлов ще на початку ХХ століття запропонував на основі походження (насіннєве і паросткове), віку та середньої висоти насадження. Спочатку деревостани поділялися на п'ять основних класів бонітету (I, II, III, IV, V). Згодом виявилось, що існують більш (I^a, I^b, I^c і т. д.) та менш (V^a, V^b, V^c і т. д.) продуктивні насадження.

Повнота. Це відносний показник, який характеризує ступінь використання насадженням займаного простору при відповідності деревної породи типу лісорослинних умов. У лісовій таксації повнота насаджень визначається шляхом порівняння фактичного насадження з нормальним насадженням тієї ж форми, породи, віку і лісорослинних умов. Нормальним (повним) вважається таке насадження, яке за даних умов є найбільш «досконалим», тобто, в якому всі сили природи використовуються найповніше. М.М. Орлов відзначав, що «...нормальное насаждение должно быть идеально полным, в нем нет ни одного лишнего дерева, но нет и ни одного недостающего, т. е. нельзя ни выкинуть, ни поместить уже ни одного дерева данной породы и возраста».

Особливості ведення догляду за насадженням та його природний розвиток викликають зміну кількості дерев на одиниці площі та ступеня зімкнутості крон; найбільш постійним показником при цьому залишається сума площ поперечних перерізів дерев на висоті грудей (її ще називають абсолютною повнотою), яка й використовується для визначення відносної повноти (П):

$$П = \frac{G}{G_{1,0}}, \quad (7.1)$$

де G – сума площ поперечних перерізів дерев деревостану, $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$;

$G_{1,0}$ – сума площ поперечних перерізів деревостану з повнотою 1,0, $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$.

Величина $G_{1,0}$ визначається за т. зв. стандартними таблицями сум площ перерізів і запасів або за таблицями ходу росту повних насаджень (Лісотаксаційний довідник, 2013).

Фактична сума площ перерізів дерев у насадженні може визначатися двома шляхами: на основі суцільного чи вибіркового переліку дерев (табл. 7.3) або інструментально з використанням методів реласкопічної таксації (повнотомір Біттерліха, клиновидна призма).

Середній діаметр. Приймається середнє квадратичне значення діаметрів дерев насадження, яке відповідає площі поперечного перерізу середнього дерева (середньому арифметичному значенню площі поперечних перерізів дерев). У лісовій таксації цей показник визначається за результатами переліку дерев (табл. 7.3) за наступною формулою:

$$D = 200 \cdot \sqrt{\frac{G}{\pi \cdot N}} = 200 \cdot \sqrt{\frac{g_{\text{ср}}}{\pi}} = 200 \cdot \sqrt{\frac{10,51}{3,1416 \cdot 270}} = 22,3 \text{ см}, \quad (7.2)$$

де N – кількість дерев на пробі (у насадженні);

$g_{\text{ср}}$ – площа поперечного перерізу середнього дерева, м^2 .

Середня висота. Цей показник прийнято визначати графічним шляхом за кривою висот. Для побудови цього графіка в насадженні необхідно виконати перелік дерев за ступенями товщини і виміряти висоти 12–15 модельних дерев, які підбирають пропорційно кількості дерев у відповідних ступенях. Після графічного вирівнювання нанесених на графік фактичних даних одержують випуклу суцільну лінію, яка називається кривою висот. Середня висота (H) основного елемента лісу визначається (рис. 7.1) як висота дерева, діаметр якого відповідає середньому діаметру деревостану.

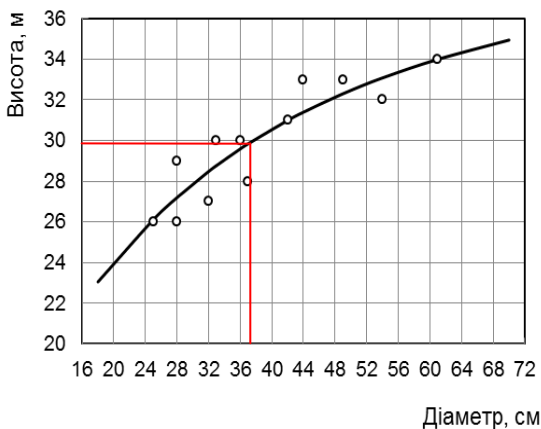


Рис. 7.1. Крива висот

Описаний спосіб є основним на практиці, хоча більш науково обґрунтованою вважається середня висота, обчислена за формулою Лорея (H_L):

$$H_L = \frac{\sum G_i \cdot h_i}{G}, \quad (7.3)$$

де G_i – сума площ перерізів дерев i -го ступеня товщини, м^2 ;

h_i – висоти, зняті з графіка кривої висот для i -го ступеня товщини, м.

Запас. Як правило, запас деревостану (M) характеризує суму об'ємів стовбурової деревини в м^3 на 1 га. В лісовій таксації існує багато методів визна-

Таблиця 7.3
Результати переліку дерев на пробі

$d, \text{см}$	n_i	$G_i, \text{м}^2$
12	4	0,045
16	36	0,724
20	110	3,456
24	70	3,167
28	48	2,956
32	2	0,161
Σ	270	10,51

чення запасу (точних і наближених). Ці методи будуть розглядатися в наступних лекціях.

Товарність. Характеризує товарну цінність деревного запасу. Визначається в пристиглих, стиглих і перестійних насадженнях відповідно до частки ділових дерев у них і визначається у відсотках.

Тип лісорослинних умов. Важливий лісівничий показник, який характеризує однорідні лісорослинні умови на вкритих і неvkритих лісовою рослинністю лісових ділянках. Для їхньої класифікації використовується едафічна сітка Алексеєва-Погребняка, побудована на основі вологості та багатства ґрунту. Типи лісорослинних умов (ТЛУ) позначаються великими латинськими літерами, які вказують на групи едатоїв (А – бори, В – субори, С – складні субори, сугрудки, судіброви, D – діброви, груди) та індексами, що характеризують ступінь зволоження (0 – дуже сухі, 1 – сухі, 2 – свіжі, 3 – вологі, 4 – сирі, 5 – мокрі). Наприклад, А₂ – свіжий бір, С₂ – свіжий складний суббір, D₃ – волога діброва тощо. Основним критерієм встановлення едатою є склад і бонітет деревостану.

Складнішою типологічною одиницею є тип лісу, який об'єднує різні ділянки за однорідністю кліматичних і ґрунтових умов. У назві типу лісу крім едатою зазначаються породи, які утворюють корінний тип деревостану. Наприклад, свіжий дубовий суббір – у корінному деревостані верхній ярус складає сосна, а другий – дуб.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення понять «насадження», «деревостан», «елемент лісу». Наведіть приклади.
2. Які бувають насадження за походженням?
3. Що таке форма насадження? Які існують критерії виділення ярусів?
4. Як визначається склад насадження? Що таке головна деревна порода насадження і порода, яка переважає? Наведіть конкретні приклади.
5. Як визначається вік насадження? Які показники обумовлюють особливості розподілу насаджень за віковими групами?
6. Що таке бонітет насадження? Як він визначається?
7. Як можна встановити середній діаметр деревостану?
8. Як визначається середня висота деревостану?
9. Що таке повнота насадження? Як вона визначається?
10. Що характеризує товарність деревостану?

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. Лісовий кодекс України [із змінами, внесеними згідно із Законом № 1483-VI (1483-17), 9 черв. 2009] // Відом. Верховної Ради України. – 2009. – № 45. – С. 684.
3. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
4. Свириденко В. Є. Лісівництво : Підручник / В. Є. Свириденко, О. Г. Бабіч, Л. С. Киричок. – К. : Арістей, 2008. – 544 с.

ТЕМА 8. ТАКСАЦІЙНА БУДОВА НАСАДЖЕНЬ

1. Мінливість і характер розподілу таксаційних показників дерев у однорідних насадженнях.
2. Ранги і редуційні числа дерев.
3. Природні ступені товщини та їхнє значення у вивченні таксаційної будови насаджень.
4. Закономірності таксаційної будови насаджень за висотою.
5. Моделювання товарної структури деревостанів на основі закономірностей розподілу діаметра.

1. Мінливість і характер розподілу таксаційних показників дерев у однорідних насадженнях. Під час вивчення природи лісу необхідно враховувати, що кожен його компонент не є самостійним, ізольованим, а знаходиться в тісному взаємозв'язку з іншими. Результати численних досліджень свідчать, що характер мінливості таксаційних показників дерев в насадженні (табл. 8.1) підкоряється загальним закономірностям.

Таблиця 8.1

Мінливість таксаційних показників у чистих одновікових насадженнях

Показник	Коефіцієнт мінливості, %	Показник	Коефіцієнт мінливості, %
Діаметр	20–25	Коефіцієнт форми	6–8
Висота	6–8	Об'єм	40–50
Видове число	9–11	Запас на пробі	3–10

Під *таксаційною будовою* розуміють закономірності розподілу та взаємозв'язку таксаційних показників насадження: діаметра, висоти, об'єму, видового числа тощо. Інформація про особливості таксаційної будови насаджень є основою для розробки раціональних способів обліку лісу.

У лісовій таксації найбільша увага приділяється вивченню особливостей таксаційної будови за діаметром дерев, адже цей показник найбільш просто і надійно визначається в натурі та значною мірою визначає товарну структуру лісостанів. Крім того, за характером розподілу діаметра опосередковано можна оцінити інші таксаційні показники дерев.

Перші дослідження з таксаційної будови насаджень були виконані в Німеччині проф. В. Вейзе в 1880 р. Аналізуючи зміну середніх діаметрів насаджень з віком, автор вперше встановив, що загальна кількість дерев в чистих одновікових насадженнях розподіляється відносно середнього дерева нерівномірно, а саме: дерев з діаметром меншим від середнього в насадженні приблизно 55–60 %, а завтовшки більше від середнього – 40–45 %. Пізніше питання таксаційної будови деревостанів детально вивчалися угорським проф. Фекете й австрійським лісівником А. Шиффелем. Значний внесок у розробку і розуміння

цієї проблеми зробили професори М.В. Третьяков, О.В. Тюрін, М.В. Давидов, К.Є. Нікітін. Роботи останніх років відрізняє широке використання сучасних методів математичної статистики та математичного моделювання. За даними К.Є. Нікітіна мінливість діаметра становить в стиглих деревостанах 20–25 %, з віком цей показник має чітку тенденцію до зменшення. Однак, залежно від просторово-параметричної структури насаджень, варіювання діаметра в межах навіть однієї деревної породи має суттєві відмінності. Результати досліджень багатьох авторів засвідчили, що таксаційна будова залежить не лише від породи і середнього діаметра, а й від складу, віку, повноти, густоти, типу лісорослинних умов та інших показників.

Як свідчать результати переважної більшості досліджень таксаційної будови деревостанів другої половини ХХ століття, розподіл кількості стовбурів за діаметром у насадженні лише зрідка підпорядковується нормальному закону. Тому, з метою апроксимації рядів розподілу діаметра чи іншого таксаційного показника застосовувались інші теоретичні закони: узагальнений і логарифмічно нормальний розподіли, розподіл Вейбулла і β -розподіл.

2. Ранги і редуційні числа дерев. Змістовні висновки щодо таксаційної будови насаджень були зроблені в роботах угорського вченого проф. Фекете. Упорядкувавши дерева в зростаючому порядку, автор визначив значення діаметрів тих стовбурів, які знаходяться від найтоншого дерева на відстані: 0, 10, 20, ... 100 % від загальної кількості дерев у насадженні. За отриманими даними Фекете зробив висновок, що діаметри дерев, які займають визначене місце в ряду їхнього відсоткового розподілу, за однакового середнього діаметра деревостанів є однаковими. У сучасній теорії таксаційної будови насаджень встановлену закономірність дозволяє узагальнити поняття «*ранг дерева*», як його місце в ряду послідовного збільшення таксаційного показника, виражене у відсотках від загальної кількості дерев.

Ще більше узагальнив розподіл дерев у насадженні за діаметром австрійський лісівник Шиффель.

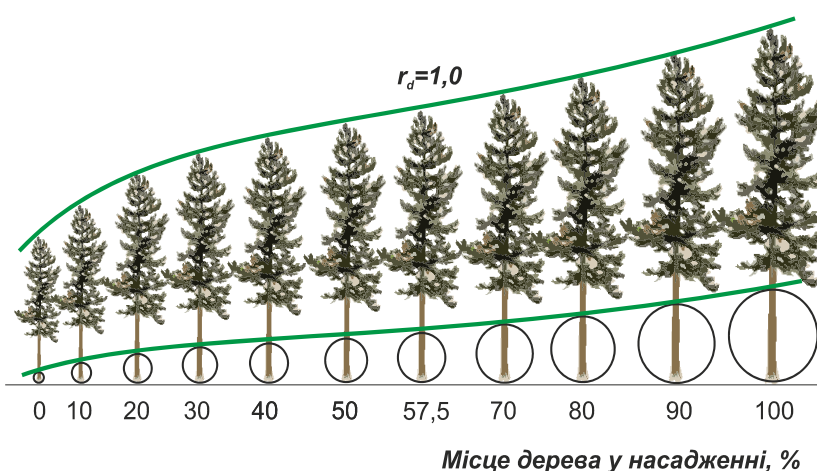


Рис. 8.1. Розміщення дерев насаджень у порядку збільшення їхнього діаметра

Учений виразив значення діаметрів стовбурів, одержані Фекете, як частки від середнього діаметра насаджень (рис. 8.1). Обчислені таким чином відносні діаметри стовбурів виявилися практично однаковими і не залежали від середнього діаметра насаджень (табл. 8.2). Ці показники отримали назву *редукційних чисел* (r_d).

Таблиця 8.2

**Співвідношення між рангами і редукційними числами
(за А. Шиффелем)**

$D, \text{ см}$	Ранг, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	редукційні числа за діаметром										
20	0,55	0,70	0,77	0,83	0,86	0,94	1,01	1,07	1,17	1,29	1,67
25	0,55	0,69	0,77	0,83	0,89	0,95	1,01	1,08	1,17	1,28	1,61
40	0,56	0,69	0,77	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08	1,17	1,28	1,52
50	0,56	0,69	0,77	0,84	0,90	0,96	1,02	1,09	1,17	1,28	1,49
У середньому	0,56	0,69	0,77	0,84	0,90	0,96	1,01	1,08	1,17	1,28	1,56

Таблиця 8.3

**Розрахунок рангів і редукційних
чисел дерев**

$d_i, \text{ см}$	n_i	Σn_i	Ранг, %	r_d
12	4	4	1,5	0,63
16	36	40	14,8	0,81
20	110	150	55,6	0,99
24	70	220	81,5	1,17
28	48	268	99,3	1,35
32	2	270	100	1,52
Σ	270	—	—	—

Приклад розрахунку рангів і редукційних чисел дерев для верхніх границь ступенів товщини у насадженні наведено в табл. 8.3.

Знайти ранг будь-якого дерева, зокрема середнього, можна за допомогою *кумуляти* (рис. 8.2). Співвідношення між рангами і редукційними числами характеризує крива, що має назву *огіва* (рис. 8.3). Для побудови цього графіка на осі абсцис відкладається ряд послідовного підсумовування дерев у відсотках, а на осі ординат – редукційні числа.

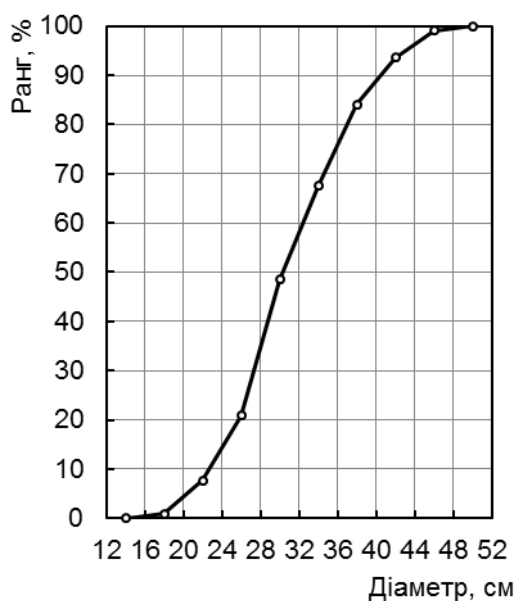


Рис. 8.2. Кумулята

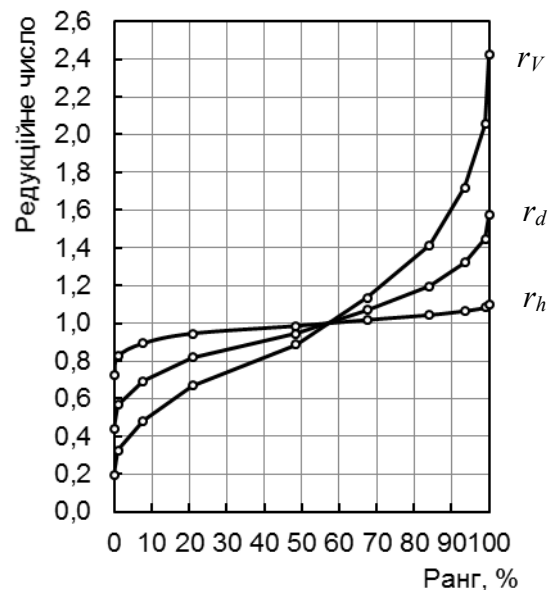


Рис. 8.3. Співвідношення між рангами і редукційними числами

У сучасному розумінні *редукційне число дерева* (r_t) – це відношення величини таксаційного показника (t_i) до його середнього значення (T) у насадженні:

$$r_t = \frac{t_i}{T}. \quad (8.1)$$

Заміна абсолютних значень діаметрів відносними величинами дозволяє порівнювати таксаційні показники насаджень з різними середніми діаметрами. На основі редукційних чисел можна також знайти дерево, що займає у насадженні визначене положення. Діапазон мінливості редукційних чисел для різних таксаційних показників наведено в табл. 8.4.

Таблиця 8.4

**Найбільші і найменші розміри дерев у однорідних насадженнях
(за даними К.Є. Нікітіна)**

Вікові групи	Молодняки	Середньовікові	Стиглі	Молодняки	Середньовікові	Стиглі
	за діаметром			за висотою		
<i>min</i>	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85
<i>max</i>	1,90	1,70	1,50	1,20	1,17	1,12
	за об'ємом			за видовим числом		
<i>min</i>	0,11	0,20	0,30	0,70	0,75	0,80
<i>max</i>	4,30	3,40	2,50	1,40	1,30	1,20

Знання теоретичних основ таксаційної будови насаджень має велике значення під час розроблення практичних методів їхньої матеріальної оцінки і, зокрема, під час опрацювання різних нормативних лісооблікових матеріалів.

3. Природні ступені товщини та їхнє значення у вивченні таксаційної будови насаджень. Розподіляючи дерева за ступенями товщини, виражених у частках середнього діаметра, проф. О.В. Тюрін дійшов висновку, що таксаційна будова нормальних насаджень за діаметром не залежить ні від породи, ні від бонітету, ні від повноти деревостану. На неї певний вплив має лише вік насаджень та інтенсивність рубок догляду. В лісовій таксації такі ступені товщини одержали назву природних. Розподіл дерев за ними характеризує мінливість і ступінь накопичення дерев у окремих ступенях товщини. Природні ступені дозволяють зіставляти деревостани з різним середнім діаметром.

На основі ряду розподілу дерев за природними ступенями товщини можна отримати диференціацію дерев за товщиною незалежно від величини середнього діаметра деревостану. Для цього спочатку будують кумулятивну криву накопичення дерев за природними ступенями товщини (рис. 8.4). Далі здійснюється розрахунок діаметрів найтоншого (d_{min}) і найтовщого (d_{max}) дерев. Так, за середнього діаметра деревостану 20 см вони дорівнюють:

$$d_{min} = 20 \cdot 0,45 = 9 \text{ см}, \quad d_{max} = 20 \cdot 1,75 = 35 \text{ см}. \quad (8.2)$$

На основі одержаних значень можна визначити розмах діаметра дерев і ціну поділки шкали природних ступенів товщини, що відповідає 1 см. Наступним етапом є визначення на графіку положень верхніх границь ступенів товщини (відповідно 18, 22, 26 см і т.д.). За різницею значень кількості дерев, які отримують у верхніх границях ступенів товщини одержують спочатку розподіл дерев за ступенями товщини у відсотках від їх загальної кількості у насадженні, а потім – і в абсолютних величинах.

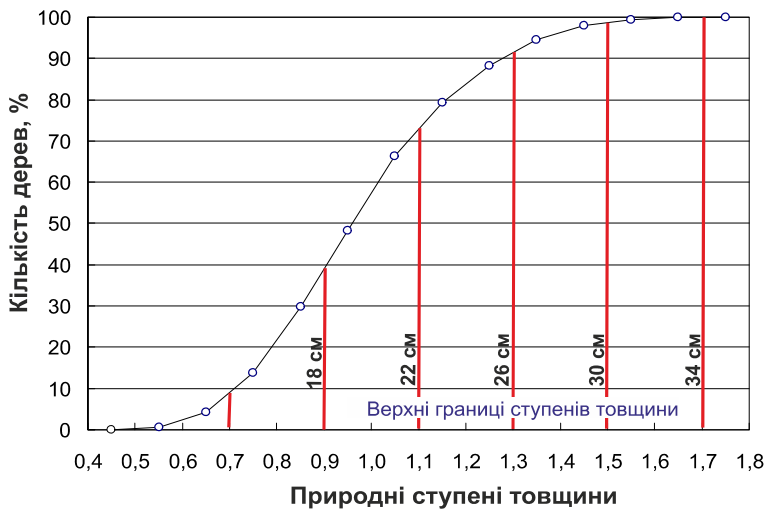


Рис. 8.4. Графік накопичення кількості дерев за природними ступенями товщини

не практичне застосування. Він є загальним для всіх насаджень і дозволяє перейти до будь-яких за величиною ступенів товщини.

4. Закономірності таксаційної будови насаджень за висотою. У таксаційній будові насаджень за висотою також існують статистично стійкі закономірності, які спостерігаються під час масових спостережень.

Висоту дерев у насадженні можна розглядати як функцію діаметра. У зв'язку з цим, чим більшою буде варіація діаметра дерев, тим більше змінюватиметься висота. Оскільки на мінливість діаметра дерев впливає вік насаджень, інтенсивність і характер рубок догляду, мінливість висот дерев у насадженні також буде залежати від цих факторів, а, відповідно, будуть змінюватися редуційні числа.

На основі аналізу співвідношення рангів і редуційних чисел за висотою встановлено, що дерева однакових рангів залежно від віку дерев мають різні редуційні числа за висотою: чим старше насадження, тим пологішою стає огіва рангів. У дерев низьких рангів з віком редуційні числа зростають, більш високих – навпаки, зменшуються. Інакше кажучи, дерева з однаковим рангом в насадженнях різного віку мають різні редуційні числа.

Отже, в молодому віці, висоти дерев, як і діаметри, змінюються в ширшому діапазоні порівняно з насадженнями стиглого віку. Під час дослідження модринових деревостанів К.Є. Нікітіним було встановлено, що в насадженнях віком 150 років середні висоти дерев за ступенями товщини практично не змінювалися, тобто крива висот, по суті, перетворилась у пряму, паралельну до осі абсцис. У молодих насадженнях криві висот, навпаки, мають помітну опуклість.

5. Моделювання товарної структури деревостанів на основі закономірностей розподілу діаметра. В системі лісовпорядкування для встановлення розмірно-якісної структури запасу деревостанів прийнято використовувати товарні таблиці (Лісотаксаційний довідник, 2013). Вони застосовуються також у виробничих умовах під час таксації великих лісових масивів. Ці нормативи принципово відрізняються від сортиментних таблиць, оскільки дозволяють встановити розподіл деревного запасу на окремі розмірно-якісні категорії залежно від деревної породи, середнього діаметра та відсотка ділових дерев. Як наслідок, застосування товарних таблиць не потребує переліку дерев і суттєво скорочує витрати часу на таксацію деревостанів. В основу методики розроб-

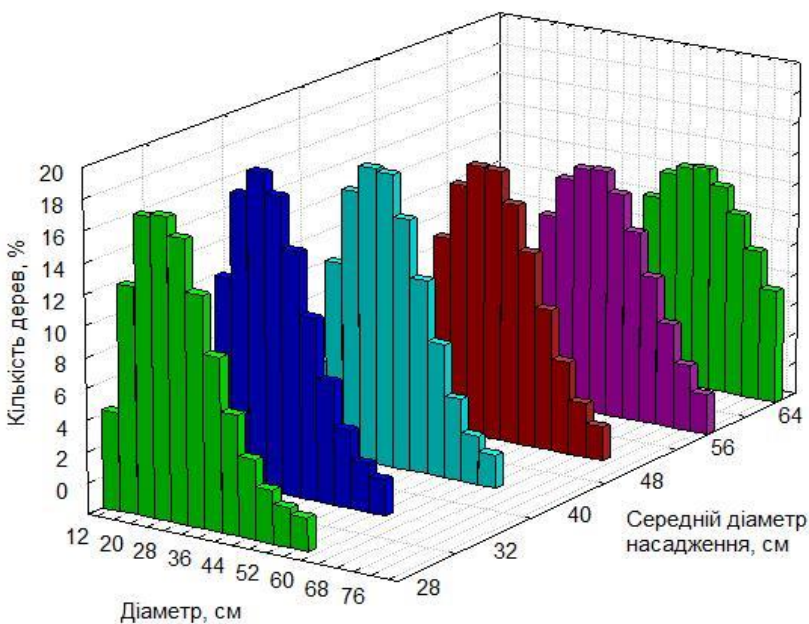


Рис. 8.5. Модель узагальнених рядів розподілу дерев за ступенями товщини

станів із різним середнім діаметром (рис. 8.5).

Значно складніше здійснити розподіл дерев за категоріями технічної придатності. З цією метою зазвичай вирівнювався діаметр дерев тієї якісної категорії, що переважає, за допомогою прийнятої для деревостану в цілому кривої розподілу. Враховуючи, що інтервал значень діаметрів дерев обмежений з обох боків, значні переваги над іншими типами розподілів має β -розподіл, оскільки початкове і кінцеве значення є його параметрами. Різниця між вирівняними частотами загальної кількості дерев та їхньої панівної частки приймається за найімовірнішу кількість у певному ступені товщини дерев протилежної якісної категорії.

Суть іншого методу, розробленого С.М. Кашпором, полягає в дослідженні співвідношень V'/V та V''/V (де V' , V'' та V – відносні мінливості діаметра відповідно ділових, дров'яних та загальної кількості стовбурів), які можуть залежати лише від частки ділових (p') чи дров'яних (p'') дерев. Наявність вирівняних значень V' та V'' дозволяє для частини деревостану визначити інший пара-

лення таких нормативів покладено математичне моделювання закономірностей розподілу дерев за діаметром та категоріями технічної придатності.

Одним із найсучасніших методів вивчення таксаційної будови деревостанів є апроксимація емпіричних розподілів таксаційних ознак за допомогою теоретичних законів. Таким чином отримують узагальнені ряди розподілу теоретичних частот за ступенями товщини для дерево-

метр розподілу – середні значення діаметра ділових (\bar{D}') та дров'яних (\bar{D}'') стовбурів. На основі змодельованих залежно від середнього діаметра деревостану початкового і кінцевого значень кривої β -розподілу (відповідно мінімального і максимального редуційних чисел дерев за діаметром) вдається перейти до узагальнених рядів розподілу дерев за ступенями товщини та категоріями технічної придатності.

Контрольні запитання та завдання

1. Як визначається редуційне число дерева? Наведіть значення мінімальних і максимальних редуційних чисел стовбурів за висотою, діаметром, об'ємом у однорідному деревостані. Яке практичне значення редуційних чисел?

2. Що таке природні ступені товщини? Наведіть приклад із літератури розподілу кількості дерев за природними ступенями товщини. До якого висновку прийшов проф. О.В. Тюрін щодо розподілу дерев за природними ступенями товщини?

3. Як визначається ранг дерева? Що характеризує цей показник? Наведіть приклад визначення рангу середнього дерева за діаметром.

4. Покажіть графічне зображення розподілу дерев у деревостані за ступенями товщини. До яких теоретичних моделей розподілу випадкових величин наближається цей графік? Наведіть значення коефіцієнта мінливості діаметра дерев у насадженнях різного віку.

5. Які існують закономірності таксаційної будови деревостанів за висотою?

6. У чому полягає практичне значення теорії таксаційної будови деревостанів?

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.

2. Кашпор С. М. Методичні основи складання нормативів динаміки товарної структури насаджень / С. М. Кашпор // Наук. вісн. НАУ. – 1999. – Вип. 17 : Лісівництво. – С. 265–268.

3. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.

4. Никитин К. Є. Лиственница на Украине / К. Е. Никитин. – К. : Урожай, 1966. – 332 с.

5. Тюрин А. В. Таксация леса / А. В. Тюрин. – М. : Государственное лесотехническое издательство. – 1938. – 300 с.

ТЕМА 9. МЕТОДИ ТАКСАЦІЇ ЗАПАСУ НАСАДЖЕНЬ З РУБКОЮ МОДЕЛЬНИХ ДЕРЕВ

1. Поняття про запас насадження. Класифікація методів таксації запасу.
2. Вимоги до закладання пробних площ.
3. Метод середньої моделі.
4. Метод пропорціонального ступінчастого представництва.
5. Графічні методи визначення запасу.

1. Поняття про запас насадження. Класифікація методів таксації запасу. Під поняттям «запас насадження» розуміють суму об'ємів дерев на одиниці площі насадження. Запас – це ключовий показник, що дозволяє визначати продуктивність насаджень та обсяги використання деревинних ресурсів у межах затверджених лімітів. У зв'язку з цим майбутнім фахівцям лісового господарства необхідно знати систему наявних методів визначення запасу і навчитися їх використовувати відповідно до конкретних цілей і завдань.

Залежно від точності визначення запасу, технології виконання робіт та обробки даних усі методи таксації запасу деревостану поділяються на:

- перелічувальні (вимагають переліку дерев – суцільного, вибіркового);
- вимірювальні (передбачають визначення окремих таксаційних ознак насадження, зокрема, суми площ поперечних перерізів дерев, середньої висоти тощо інструментальним шляхом на КПП; можливою є реласкопічна таксація);
- окомірні (з частковим застосуванням перелічувально-вимірювальної (реласкопічної) таксації та дешифруванням аерокосмічних знімків);
- дешифрувальні (ґрунтуються на спектрально-відбивних властивостях деревостанів, знаходяться на стадії розроблення).

Більш детальну характеристику перелічувальних і вимірювальних методів визначення запасу насаджень наведено на рис. 9.1.

Перелічувальні	вимагають рубки модельних дерев	метод середньої моделі метод пропорціонального ступінчастого представництва графічні методи
	без рубки модельних дерев	за розрядними об'ємними таблицями
Вимірювальні	за таблицями	ходу росту повних насаджень стандартними таблицями видових чисел і видових висот
	за наближеними формулами	К.Є. Нікітіна М.П. Анучина М.В. Третьякова

Рис. 9.1. Класифікація перелічувальних і вимірювальних методів таксації запасу насаджень

2. Вимоги до закладання пробних площ. Суцільний перелік дерев під час таксації запасу доречно виконувати на невеликих площах. У більшості випадків для визначення запасу та інших таксаційних показників насадження доцільнішою є вибірково-перелічувальна таксація, яка здійснюється шляхом закладання пробних площ (проб).

Пробна площа – найтипівіша частина лісового насадження, яка використовується для детального його вивчення. Проби можуть закладатися як для одноразової таксації (тимчасові пробні площі), так і для проведення періодичних спостережень (постійні пробні площі). В другому випадку обов'язковою є нумерація дерев із нанесенням їхнього положення на відповідні картографічні матеріали.

Залежно від форми та способу закладання пробні площі поділяються на такі різновиди: прямокутні, кругові (постійного і змінного радіусів), стрічкові, реласкопічні.

Вимоги до закладання пробних площ визначені чинним стандартом СОУ 02.02-37-476: 2006 і полягають у наступному:

- пробні площі закладаються на відстані не ближче ніж 30 м від кварталних просік, доріг, меж лісу, зрубів та інших категорій лісових ділянок, некритих лісовою рослинністю, та нелісових земель;

- проба повинна нараховувати, як правило, щонайменше 200 дерев основного елемента лісу; в молодняках пробні площі повинні бути розміром не менше 0,25 га і нараховувати не менше 400 дерев, в перестійних або низькоповнотних насадженнях – не менше 150 дерев, а за умови наявності чотирьох і більше деревних порід у складі насадження та середнього діаметра понад 50 см – не менше 100 дерев основного елемента лісу;

- площа проби повинна бути кратною 0,05 га, а співвідношення сторін прямокутної проби не повинно перевищувати 1 : 2;

- у гірських умовах пробу орієнтують поперек схилу;

- закріплення пробних площ в натурі здійснюється відповідно до ДСТУ 3534–97 «Знаки натурні лісовпорядні і лісогосподарські».

Кругові пробні площі постійного радіуса закладають у неоднорідних з таксаційної точки зору та значних за площею виділах, коли закладання однієї прямокутної пробної площі може суттєво вплинути на точність визначення його таксаційної характеристики. Такі проби повинні мати розміри 0,01; 0,02; 0,03; 0,05 га, а облікові площадки – 5, 10, 20 м². Кількість кругових пробних площ залежить від площі виділу та його однорідності відповідно до нормативів вибіркової таксації.

З метою точного визначення запасу на пробі виконується рубка певної кількості модельних дерев. Модельне дерево (модель) – це дерево, яке вибирається із насадження і слугує типовим зразком, що характеризує решту дерев, котрі залишаються (деревостан, ступінь товщини, клас товщини).

3. Метод середньої моделі. В лісовій таксації дерево, у якого основні таксаційні показники відповідають середнім значенням для насадження, назива-

ється середнім модельним деревом. Методично завдання визначення запасу деревостану методом середньої моделі складається з кількох етапів.

У насадженні необхідно закласти пробну площу відповідно до зазначених вище вимог та виконати перелік дерев. Перелік дерев здійснюється в межах деревної породи за ступенями товщини. Його величина залежить від середнього діаметра відповідного елемента лісу:

- за середнього діаметра деревостану від 4 до 8 см включно – 1 см;
- за середнього діаметра деревостану від 9 до 16 см включно – 2 см;
- за середнього діаметра деревостану понад 16 см – 4 см.

Варто зазначити, що вказані польові роботи обов'язково виконуються й під час реалізації решти перелічувальних методів таксації запасу, які вимагають рубки модельних дерев.

Після здійснення переліку дерев на пробі, вимірюються діаметра і висоти 9–15 модельних дерев, необхідних для побудови кривої висот. Далі розраховуються теоретичні розміри модельного дерева: діаметр відповідає середньому діаметру, а висота – середній висоті деревостану, яка визначається за відповідним графіком (кривою висот). На основі цих значень необхідно відшукати в насадженні відповідне модельне дерево, зрубати його та визначити об'єм за складною формулою серединних перерізів. Однак підібрати в насадженні дерево, в якого діаметр, висота та повнодеревність точно відповідає розрахунковим даним, достатньо складно. У зв'язку з цим на практиці відбирають кілька (найчастіше три) модельних дерев зі значеннями таксаційних показників, максимально наближених до теоретичних розмірів.

Розрахунок запасу здійснюється шляхом множення об'єму середньої моделі на скориговану через суму площ поперечних перерізів (G) кількість дерев елемента лісу:

якщо в насадженні рубається одне модельне дерево

$$M = V_{\text{мод}} \cdot \frac{G}{g_{\text{мод}}}, \quad (9.1)$$

якщо в насадженні рубається кілька модельних дерев

$$M = \sum V_{\text{мод}} \cdot \frac{G}{\sum g_{\text{мод}}}, \quad (9.2)$$

де $V_{\text{мод}}$ – об'єм середнього модельного дерева, м³;

$g_{\text{мод}}$ – площа поперечного перерізу середнього модельного дерева, м².

Таким чином, помилка визначення запасу, що виникає за рахунок невідповідності теоретично розрахованих і фактичних біометричних параметрів дерев, буде пропорційною $G/\sum g_{\text{мод}}$. Використання цього співвідношення замість кількості дерев (N) під час розрахунку запасу є теоретично обґрунтованим.

4. Метод пропорціонального ступінчастого представництва. Беручи до уваги особливості таксаційної будови насаджень за діаметром, модельні дерева з центральних ступенів товщини виявляються нехарактерними за виходом

сортиментів для всього деревостану. У зв'язку з цим, для врахування особливостей розмірно-якісної структури запасу та поточного приросту деревостану, модельні дерева відбирають пропорційно їхній кількості за ступенями товщини. Результатом є такий розподіл кількості моделей за ступенями товщини, який у відсотковому співвідношенні відтворює розподіл усіх дерев насадження. Ступені, в яких розрахункова кількість модельних дерев виявиться меншою одиниці, об'єднують із сусідніми, унаслідок чого утворюються класи товщини.

Після закладання проби і виконання переліку визначається відсоток модельних дерев (p), які необхідно відібрати в насадженні. Співвідношення кількості моделей (k_1, k_2, \dots, k_i) і загальної кількості дерев (n_1, n_2, \dots, n_i) в кожному ступені товщини повинно відповідати співвідношенню їхньої загальної кількості у насадженні (відповідно K та N) і становити однаковий відсоток p :

$$\frac{k_1}{n_1} = \frac{k_2}{n_2} = \dots = \frac{k_i}{n_i} = \frac{K}{N} = \frac{p}{100}. \quad (9.3)$$

Запас деревостану може бути розрахований як сума добутків об'ємів середніх дерев (V_1, V_2, \dots, V_i) на їхню загальну кількість у відповідних ступенях товщини:

$$M = V_1 \cdot n_1 + V_2 \cdot n_2 + \dots + V_i \cdot n_i. \quad (9.4)$$

Для різних ступенів товщини значення запасу обчислюються з неоднаковою точністю. На крайні ступені, які представлені в насадженні незначною кількістю дерев, відповідно до способу пропорціонального ступінчастого представництва припадають десяті частки моделі, центральні ж ступені товщини представлені кількома модельними деревами. При цьому формула (9.4) може бути представлена у такому вигляді:

$$M = V_1 \cdot \frac{k_1 \cdot 100}{p} + V_2 \cdot \frac{k_2 \cdot 100}{p} + \dots + V_i \cdot \frac{k_i \cdot 100}{p} = \frac{100}{p} \cdot \sum V_{\text{мод}}, \quad (9.5)$$

де $\sum V_{\text{мод}}$ – сума об'ємів модельних дерев у насадженні, м^3 .

Із наведеного співвідношення випливає, що запас насадження є добутком суми об'ємів усіх модельних дерев на $100/p$. Проте, через необхідність заокруглення дробових чисел під час розрахунку кількості моделей за ступенями товщини та об'єднання крайніх ступенів у класи товщини, формула (9.5) на практиці не використовується.

Сума площ поперечних перерізів дерев у насадженні (G) може бути розрахована аналогічно до запасу:

$$G = g_1 \cdot n_1 + g_2 \cdot n_2 + \dots + g_i \cdot n_i, \quad (9.6)$$

або

$$G = g_1 \cdot \frac{k_1 \cdot 100}{p} + g_2 \cdot \frac{k_2 \cdot 100}{p} + \dots + g_i \cdot \frac{k_i \cdot 100}{p} = \frac{100}{p} \cdot \sum g_{\text{мод}}, \quad (9.7)$$

де g_1, g_2, \dots, g_i – площі перерізу середніх дерев у ступенях товщини, м^2 .

$\sum g_{\text{мод}}$ – сума площ перерізів модельних дерев у насадженні, м².

Беручи до уваги, що $100/p = G/\sum g_{\text{мод}}$, запас насадження за способом пропорціонального ступінчастого представництва дорівнює:

$$M = \frac{G}{\sum g_{\text{мод}}} \cdot \sum V_{\text{мод}} \quad (9.8)$$

На практиці розрахунок прийнято виконувати за ступенями (класами) товщини. У цьому випадку використовуються такі формули:

$$M = \sum_{i=1}^m M_i \quad (9.9)$$

$$M_i = \frac{G_i}{\sum g_{i(\text{мод})}} \cdot \sum V_{i(\text{мод})} \quad (9.10)$$

де M_i – запас i -го ступеня (класу) товщини, м³;

G_i – сума площ перерізів дерев i -го ступеня (класу) товщини, м²;

$\sum g_{i(\text{мод})}$ – сума площ перерізів модельних дерев в i -му ступені (класі) товщини, м²;

$\sum V_{i(\text{мод})}$ – сума об'ємів моделей в i -му ступені (класі) товщини, м³;

m – кількість ступенів (класів) товщини.

Цей метод був теоретично обґрунтований німецьким лісівником Драудтом і введений у вітчизняну практику лісової таксації під назвою методу пропорціонального ступінчастого представництва проф. М.М. Орловим.

5. Графічні методи визначення запасу. Іноді забезпечити достатню кількість модельних дерев за ступенями товщини для визначення запасу неможливо. У цьому випадку більш ефективними будуть графічні методи – кривої або прямої об'ємів.

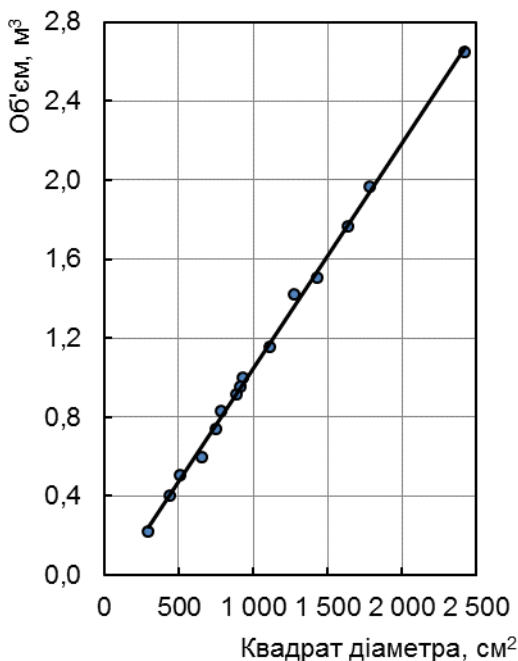


Рис. 9.2. Прямі об'ємів

У цьому випадку більш ефективними будуть графічні методи – кривої або прямої об'ємів.

Методи кривої і прямої об'ємів мають певні переваги, оскільки спрощують вибір моделей в природі та не потребують попередніх розрахунків їхніх розмірів. Моделі відбираються таким чином, щоб вони представляли різні ступені товщини насадження. Для визначення запасу будуються графіки, які відображають зв'язок об'єму і діаметра дерев (крива об'ємів) або об'єму і площі перерізу дерев (пряма об'ємів). Під час побудови прямої об'ємів (рис. 9.2) по осі абсцис зручніше відкладати квадрати діаметрів. На основі вирівняних значень об'ємів дерев (V_i) та їхньої кількості у ступенях товщини (n_i) визначають запаси деревини у ступенях товщини та загаль-

ний запас насадження відповідно до наведеної формули:

$$M = \sum_{i=1}^m V_i \cdot n_i, \quad (9.11)$$

Визначення запасу насаджень із рубкою моделей – завдання достатньо складне. Всі такі методи мають приблизно однакову точність, яка коливається в межах $\pm 3-4\%$. Зазвичай, вони застосовуються під час виконання різноманітних науково-дослідних робіт та тренувальної таксації.

Контрольні запитання та завдання

1. Які методи визначення запасу насаджень існують у лісовій таксації?
2. Наведіть класифікацію перелічувальних і вимірювальних методів таксації запасу.
3. В яких випадках використовуються перелічувальні методи таксації запасу з рубкою модельних дерев?
4. Які особливості мають вимірювальні методи таксації запасу? Які показники насаджень при цьому визначаються?
5. Опишіть техніку суцільного переліку дерев. Які ступені товщини використовують під час вимірювання діаметрів дерев? Від чого залежить величина цих ступенів?
6. Що таке пробна площа? В яких випадках закладаються постійні та тимчасові пробні площі?
7. Які бувають пробні площі за формою?
8. Що розуміють під поняттям «модельне дерево»? Якими вимогами слід керуватися під час їхнього вибору в насадженні?
9. Спосіб визначення запасу деревостану за середньою моделлю. Опишіть послідовність розрахунку теоретичних розмірів модельних дерев.
10. У яких випадках для визначення запасу деревостанів застосовується спосіб пропорціонального ступінчастого представництва? Які особливості цього методу?
11. Опишіть спосіб визначення запасу деревостану з використанням прямої об'ємів? За яким принципом відбираються модельні дерева у разі застосування цього способу?
12. Яка точність перелічувальних методів таксації запасу насаджень із рубкою модельних дерев?

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. СОУ 02.02-37-476: 2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. – [Чинний від 2007]. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 32 с.

ТЕМА 10. ТАКСАЦІЯ ЛІСОСІЧНОГО ФОНДУ

1. Історичні передумови розвитку методів матеріальної оцінки деревини.
2. Види обліку деревини. Особливості переліку дерев на лісосіці.
3. Зміст та форма сортиментних таблиць. Визначення розряду висот деревостану.
4. Техніка використання сортиментних таблиць.
5. Грошова оцінка деревного запасу.

1. Історичні передумови розвитку методів матеріальної оцінки деревини. Розробка методів таксації запасу лісостанів без зрубання дерев має досить тривалу історію. Одними з перших нормативів, які широко використовувалися на практиці, стали баварські безрозрядні масові таблиці. Ці нормативи були розроблені для 7 деревних порід (сосна, ялина, ялиця, модрина, бук, дуб, береза) і в 1878 р. введені у практику. Вони дозволяли визначати об'єм на підставі даних про висоту та діаметр кожного дерева.

Протягом 1890–1900 рр. були опубліковані таблиці австрійського лісівника А. Шиффеля (ялиця, сосна, ялина і модрина). Вони стали першими нормативами, які враховували форму стовбурів і були розроблені за новими методичними підходами. Об'єми дерев у цих нормативах залежали не тільки від діаметра і висоти, а й від форми стовбурів, яку характеризував другий коефіцієнт форми. У таблицях А. Шиффеля залежно від повноти насаджень виділялося п'ять класів форми стовбурів. До I класу відносилися дерева на відкритому просторі, які мали велику збіжистість стовбурів і найменший коефіцієнт форми, до II класу – зріджені насадження, в яких стовбури характеризувалися значною збіжистістю, до III класу – насадження із середньою зімкнутістю і середньою повнодеревністю стовбурів, до IV класу – зімкнуті насадження, які складаються із повнодеревних стовбурів, і, нарешті, до V класу – насадження з деревами максимальної повнодеревності стовбурів. Кожна таблиця включала об'єми стовбурів визначеної висоти, але різного діаметра на висоті 1,3 м, різної повноти і відповідно до цього різними коефіцієнтами форми. Через надмірну детальність та складність використання таблиці А. Шиффеля практичного застосування не одержали.

Масштабні дослідження із розробки перших російських об'ємних таблиць провів А.А. Крюденер – управитель лісами імператорської родини. Спеціальна партія під його керівництвом заклала понад 6 тис. пробних площ у різних частинах Європейської Росії і обробила понад 108 тис. модельних дерев (сосна, ялина, береза, дуб, осика, липа, граб, клен, ясен). Опубліковані «Удельные массовые таблицы» (1909–1913 рр.) поєднували у собі старі і нові підходи – були безрозрядними, але враховували три типи форми стовбурів (повнодеревна, середня, збіжиста).

Уперше ідея таксації лісових насаджень за розрядами висот була реалізована в російських тимчасових об'ємних таблицях (1886 р.), які, не дивлячись на

їхню назву, використовувалися досить тривалий час. Вони були розроблені на основі баварських таблиць і, на відміну від своїх зарубіжних аналогів, доповнювалися даними про збіг стовбурів, що дозволяло визначати також об'єм окремих сортиментів. Завдяки своїй винятковій простоті, російські тимчасові таблиці віднайшли широке застосування в практиці лісового господарства, а ідея розподілу насаджень за розрядами висот лягла в основу більшості сучасних сортиментних таблиць.

У 30-х роках минулого століття було опубліковано об'ємні таблиці Союзліспрому, опрацювання яких здійснювали найвідоміші на той час учені. Розробку таблиць для сосни було доручено проф. Д.І. Товстолісу, ялини – проф. В.К. Захарову, дуба – проф. Б.О. Шустову, берези та осики – проф. О.В. Тюріну. Керував дослідженнями проф. М.М. Орлов. Масові таблиці Союзліспрому, як і російські тимчасові об'ємні таблиці, за формою відносилися до розрядних, але з більшою кількістю розрядів. Крім даних про діаметр та висоту дерева, вони враховували також три категорії форми стовбурів: повнодеревну, середню і збіжисту. З одного боку, це підвищувало їхню точність, а з іншого – ускладнювало використання на практиці.

Протягом останнього часу кафедрою лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України було підготовлено та опубліковано низку лісотаксаційних нормативів, які набули статусу офіційних: «Сортиментные таблицы для таксации леса на корню» (1984 р.), «Сортиментные таблицы для таксации молодняков и средневозрастных древостоев» (1992 р.). Нині для вирішення більшості практичних питань, пов'язаних в тому числі і з таксацією деревного запасу, широко використовуються сортиментні таблиці, включені до збірника нормативів «Лісотаксаційний довідник» (2013 р.).

2. Види обліку деревини. Особливості переліку дерев на лісосіці. Облік деревини на лісосіках може здійснюватися за площею, подеревно (кількістю дерев, що призначені в рубку) і кількістю заготовленої деревини. Під час проведення суцільних рубок застосовується облік деревини за площею, під час вибіркових рубок та рубок поодиноких дерев – за кількістю дерев, що призначені в рубку. Облік за кількістю заготовленої деревини застосовується під час проведення рубок освітлення і прочищення, а також під час ліквідації наслідків стихійного лиха (пожежі, вітровали, буреломи тощо).

Перелік дерев на лісосіці здійснюється за ступенями товщини, починаючи з 8 см (табл. 10.1). При цьому можуть застосовуватися 2-сантиметрові ступені товщини – якщо середній діаметр деревостану менший 16 см, та 4-сантиметрові – за середнього діаметра деревостану 16 см і більше. Одночасно з відбором дерев у рубку здійснюється їх клеймування біля шийки кореня і позначення категорії технічної придатності приблизно на висоті 1,3 м: ділові – однією рисою, напівділові – двома, дров'яні – трьома.

До ділових належать дерева, в яких загальна довжина ділової частини (лісоматеріали круглі, крім дров і деревини для технологічних потреб) у нижній половині стовбура становить 6,5 м і більше, а в дерев заввишки до 20 м – не ме-

ніше однієї третини їхньої висоти; *напівділових* – дерева з протяжністю ділової частини у нижній половині стовбура від 2 до 6,5 м; *дров'яних* – дерева з протяжністю ділової частини у нижній половині стовбура менше 2 м. Пошкоджені в нижній частині стовбури дерев, якщо пошкодження не розповсюджується вище 2,5 м від окоренкової частини, належать до ділових за умови, що довжина ділової частини залишається не менше 6,5 м.

Таблиця 10.1

Польова перелічувальна відомість

Ступені товщини, см	Кількість дерев за породами, штук								
	<i>сосна</i>			<i>дуб</i>			<i>береза</i>		
	ділових	напівділових	дров'яних	ділових	напівділових	дров'яних	ділових	напівділових	дров'яних
8									
12									
...									
Усього									

Віднесення дерев до різних категорій технічної придатності здійснюється за результатами огляду стовбура і визначення наявних вад за зовнішніми ознаками. У разі виникнення сумнівів щодо правильності визначення категорій технічної придатності дерев через наявність внутрішніх гнилей і прихованих вад проводиться рубка модельних дерев з наступним розкрязуванням.

У польовій перелічувальній відомості зазначаються цінні та рідкісні дерева, занесені до Червоної книги України, плюсові дерева, насінники або їхні групи, дерева з наявністю дупел та гнізд птахів, інші дерева, які не підлягають вирубуванню і мають залишитися на лісосіках. На цих деревах на висоті 1,5 м наносять червоною фарбою кільце завширшки 10 см та порядковий номер.

3. Зміст та форма сортиментних таблиць. Визначення розряду висот деревостану. Історично склалися дві форми сортиментних таблиць – розрядні й безрозрядні. Останні являють собою звичайні таблиці з двома входами (діаметр і висота). Проте в лісогосподарській практиці більш поширеними стали розрядні сортиментні таблиці (табл. 10.2).

Розряд висот характеризує особливості співвідношення висот і діаметрів дерев у насадженні (рис. 10.1). З метою визначення розряду висот у межах лісосіки для панівної деревної породи, а також складових із часткою три і більше одиниці у складі деревостану для трьох центральних ступенів товщини висотоміром вимірюють висоту дев'яти модельних дерев (по три дерева з кожного ступеня). Для інших порід вимірюються висоти у трьох дерев із ступеня товщини, що має найбільшу кількість дерев основного ярусу. У кожного модельного дерева вимірюється висота із заокругленням до 0,5 м. Результати обміру заносять у польову перелічувальну відомість.

Сортиментні таблиці для дерев сосни I розряду висот

Діа-метр, см	Висо-та, м	Об'єм стовбура у корі, м ³	Об'єм у діловому стовбурі, м ³				Ліквід із кро-ни, м ³	Сучки, м ³		
			ділової деревини						дров	від-ходів
			грубої	серед-ньої	дріб-ної	разом				
12	17,6	0,10	–	–	0,08	0,08	0,01	0,01	0,00	0,02
...										
28	26,9	0,74	0,07	0,51	0,04	0,62	0,04	0,08	0,01	0,08
32	27,9	1,00	0,40	0,42	0,03	0,85	0,05	0,10	0,02	0,10
...										
80	31,1	6,71	5,82	0,01	0,00	5,83	0,30	0,58	0,25	0,29

Модельні дерева для обміру вибираються рівномірно на всій площі лісо-сіки. На висоті 1,5 м робиться щока (без пошкодження камбію) і напис, де вка-зується порядковий номер модельно-го дерева (для кожної деревної поро-ди окремо), діаметр на висоті 1,3 м та його висота. На основі обмірів висот модельних дерев обчислюються се-редньоарифметичні висоти ступенів товщини. За допомогою таблиць роз-рядів висот визначають розряд для кожного з вибраних ступенів товщи-ни. Середній розряд висот для поро-ди встановлюється як середньоариф-метичний із розрядів за ступенями товщини.

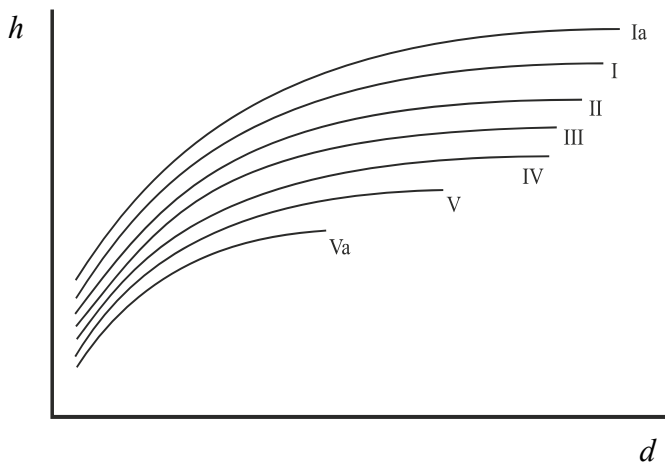


Рис. 10.1. Співвідношення між висотою і діаметром дерев для різних розрядів висот насадження

У випадку застосування сорти-ментних таблиць для оцінки запасу деревостану перелічувальним шляхом розряд висот можна встановити також на підставі співвідношення середніх діаметра і висоти насадження.

У випадку застосування сорти-ментних таблиць для оцінки запасу

4. Техніка використання сортиментних таблиць. Техніка використання таблиць є відносно простою. Розрахунки здійснюються в межах деревної поро-ди за ступенями товщини. Напівділові дерева розподіляються порівно на ділові і дров'яні.

Встановивши значення потрібної категорії ділової деревини для одного стовбура (табл. 10.2) і помноживши цю величину на кількість ділових дерев, одержують запас *ділової деревини* за класами крупності (груба, середня, дрібна) і разом. Запас *дров'яної деревини* складається з двох частин: а) дрова з ділових дерев; б) дрова з дров'яних дерев, об'єм яких повністю зараховується до цієї категорії. Запас *відходів* розраховують, виходячи лише з кількості ділових де-рев. Сума ділової, дров'яної деревини та відходів становить *загальний стовбу-ровий запас* кожного ступеня товщини. Наведемо приклад зазначених розраху-

нків для двох ступенів товщини у табл. 10.3, якщо відомо, що до ступеня товщини 28 см потрапило 10 ділових і 8 дров'яних дерев, а до ступеня товщини 32 см – 20 ділових і 5 дров'яних.

Таблиця 10.3

Матеріальна оцінка деревного запасу (сосна, I розряд висот)

Ступінь товщини, см	Ділова деревина, м ³				Дров'яна деревина, м ³	Разом ліквідної деревини, м ³	Відходи, м ³	Разом стовбурової деревини, м ³	Ліквід з крони, м ³
	груба	середня	дрібна	разом					
28	0,7	5,1	0,4	6,2	6,3	12,5	0,8	13,3	0,18
	0,07*10	0,51*10	0,04*10		0,74*8+ +0,04*10		0,08*10		0,01*18
...									
32	8,0	8,4	0,6	17,0	6,0	23,0	2,0	25,0	0,5
	0,40*20	0,42*20	0,03*20		1,00*5+ +0,05*20		0,10*20		0,02*25

5. Грошова оцінка деревного запасу. З метою стягнення збору за заготовлю деревини як частини збору за спеціальне використання лісових ресурсів використовуються відповідні ставки збору, затверджені в установленому порядку (Податковий кодекс України). Ставка за один кубічний метр щільної деревини залежить від поясу лісів (перший або другий), розряду (1–5), деревної породи (групи деревних порід). До першого поясу належать усі ліси, за винятком лісів Закарпатської, Івано-Франківської та Чернівецької областей і лісів гірської зони Львівської області, які належать до другого поясу.

Розряди встановлюються для кожного кварталу (урочища), виходячи з відстані між центром кварталу і найближчим нижнім складом лісозаготівельника, до якого деревина вивозиться безпосередньо з лісосіки, або пунктом відвантаження деревини залізницею (табл. 10.4).

Таблиця 10.4

Розряди

Розряди	1	2	3	4	5
Відстань вивезення деревини, км	до 10	10,1– 25	25,1– 40	40,1– 60	60,1 і більше

Відстань (пряма) від центру кварталу (урочища) до нижнього складу або пункту відвантаження деревини залізницею визначається за картографічними матеріалами і коригується залежно від геоморфологічних умов місцевості за такими коефіцієнтами: у лісах з рівнинним рельєфом – 1,1; у лісах з горбистим рельєфом або у лісах, понад 30 відсотків площі яких зайнято болотами – 1,25; у лісах з гірським рельєфом – 1,5.

Пунктом відвантаження деревини залізницею вважається пункт (залізнична станція, роз'їзд), де дозволено здійснення такої операції, незалежно від наявності на ньому відповідних складів.

Техніка безпосереднього визначення величини збору за заготівлю деревини досить проста. Його загальна величина є сумою добутків об'ємів наявних складників запасу на вартість одного щільного кубічного метра деревини відповідної категорії.

Вивчення сучасного стану теорії та практики таксації лісосічного фонду свідчить про існування багатьох інших методів і технологій розв'язку цієї задачі. Деякі з них базуються на використанні теорії вибіркового методу та виміральної таксації, проте всі сучасні технології таксації лісосік орієнтовані на застосування комп'ютерної техніки.

Контрольні запитання та завдання

1. *Викладіть основні історичні етапи розвитку методів матеріальної оцінки деревини.*
2. *Які існують методи обліку деревини? В яких випадках вони застосовуються на практиці?*
3. *Наведіть критерії віднесення дерев до відповідних категорій технічної придатності.*
4. *В чому полягає особливість таксації лісосік за розрядами висот?*
5. *Як визначають розряд висот деревостану у виробничих умовах під час таксації лісосік?*
6. *Як визначається загальний стовбуровий запас деревини в певному ступені товщини?*
7. *Використовуючи сортиментні таблиці, наведіть приклад розрахунку запасу ділової деревини, дров і відходів для певного ступеня товщини.*
8. *Наведіть розподіл лісів України за лісотаксовими поясами.*
9. *Залежно від яких показників визначається розподіл насаджень за лісотаксовими розрядами?*
10. *Опишіть техніку матеріально-грошової оцінки деревного запасу.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вінченко, 2013. – 496 с.
3. Податковий кодекс України : закон України, 2 грудня 2010 р. // Відом. Верховної Ради України. – 2011. – № 13–14, № 15–16, № 17. – С. 112.
4. Про затвердження Методичних вказівок з відведення і таксації лісосік, видачі лісорубних квитків та огляду місць заготівлі деревини в лісах Державного агентства лісових ресурсів України : наказ Державного агентства лісових ресурсів України № 9, 21 січня 2013 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу : http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=105085&cat_id=65319 . – Заголовок з екрану.

ТЕМА 11. ВИМІРЮВАЛЬНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПАСУ НАСАДЖЕНЬ

1. Загальна характеристика вимірювальних методів таксації запасу насаджень.
2. Наближені формули для обчислення запасу насаджень.
3. Таксація запасу за таблицями ходу росту повних насаджень і стандартними таблицями.

1. Загальна характеристика вимірювальних методів таксації запасу насаджень. Усі вимірювальні методи обчислення запасу насаджень передбачають визначення інструментальним шляхом окремих таксаційних показників, зокрема, суми площ перерізів дерев лісостану, середньої висоти тощо із використанням у подальшому відповідних таблиць або формул. Вони застосовуються під час лісовпорядкування в поєднанні з методами окомірної таксації.

Основні вимірювальні методи визначення запасу насаджень, які історично склалися в лісовій таксації, можна класифікувати таким чином:

- за наближеними формулами (формули Анучина, Нікітіна, Третьякова);
- за таблицями (ходу росту повних деревостанів, сум площ перерізів і запасу деревостанів при повноті 1,0 (стандартні таблиці), видових чисел і видових висот).

Таксація запасу насаджень без переліку дерев вимагає великого досвіду, у зв'язку з чим точність цих методів залежить від практичних навиків наближеного визначення основних таксаційних показників насаджень.

2. Наближені формули для обчислення запасу насаджень.

Формули для наближеного визначення запасу насаджень ґрунтуються на основній формулі лісової таксації:

$$M = G \cdot H \cdot F, \quad (11.1)$$

де G - сума площ перерізів дерев на висоті 1,3 м у деревостані, $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$;

H – середня висота деревостану, м;

F – середнє значення видового числа деревних стовбурів.

На основі аналізу значного обсягу дослідного матеріалу для різних деревних порід К.Є. Нікітіну вдалося вивести достатньо прості співвідношення між запасом, висотою і сумою площ перерізів дерев у насадженні. Встановивши лінійну залежність видової висоти HF у формулі (11.1) від висоти насадження, К.Є. Нікітін запропонував такі формули запасу:

сосна $M = G \cdot (0,382 \cdot H + 1,66),$

береза $M = G \cdot (0,395 \cdot H + 1,53),$

дуб, ясен, граб $M = G \cdot (0,407 \cdot H + 1,40),$

бук, осика $M = G \cdot (0,420 \cdot H + 1,27),$

липа, ялина,
модрина

$$M = G \cdot (0,433 \cdot H + 1,15),$$

Пізніше для практичного застосування було запропоновано використовувати лише дві формули, одержані у результаті перегрупування деревних порід:

сосна, береза,
дуб

$$M = G \cdot (0,4 \cdot H + 1,5), \quad (11.2)$$

ялина, ялиця,
осика, бук, липа

$$M = G \cdot (0,4 \cdot H + 2,0), \quad (11.3)$$

Запас насадження можна також встановити за формулами М.П. Анучина:

сосна, модрина,
м'яколистяні

$$M = G \cdot (0,40 \cdot H + 1,20), \quad (11.4)$$

ялина, ялиця,
твердолистяні

$$M = G \cdot (0,42 \cdot H + 1,26), \quad (11.5)$$

В основу цих формул покладено взаємозв'язок видових чисел деревних стовбурів від висоти, яка відображається рівнянням простої гіперболи.

Наведемо приклад розрахунку запасу соснового насадження з використанням наведених формул: у результаті вибіркової таксації встановлено, що сума площ поперечних перерізів у насадженні становить $35,5 \text{ м}^2$, вік – 80 років, середня висота – 31 м:

– запас деревостану за формулами Нікітіна:

$$M = G \cdot (0,382 \cdot H + 1,66) = 35,5 \cdot (0,382 \cdot 31 + 1,66) = 479 \text{ м}^3,$$

$$M = G \cdot (0,4 \cdot H + 1,5) = 35,5 \cdot (0,4 \cdot 31 + 1,5) = 493 \text{ м}^3,$$

– запас деревостану за формулою Анучина:

$$M = G \cdot (0,40 \cdot H + 1,20) = 35,5 \cdot (0,40 \cdot 31 + 1,20) = 481 \text{ м}^3.$$

3. Таксація запасу за таблицями ходу росту насаджень і стандартними таблицями. З метою визначення запасу насаджень можуть використовуватися таблиці ходу росту нормальних насаджень, а також стандартні таблиці сум площ перерізів і запасу деревостанів при повноті 1,0 (Лісотаксаційний довідник, 2013). Безпосередньому визначенню запасу насадження передують розрахунок повноти насадження (Π), яка обчислюється шляхом ділення фактичної суми площ перерізів (G) на табличну ($G_{1,0}$). Помноживши цей показник на запас нормального насадження при повноті 1,0 ($M_{1,0}$), одержують фактичне значення запасу. Так, для наведеного вище прикладу запас за таблицями ходу росту буде розраховуватися за формулою (11.6):

$$M = M_{1,0} \cdot \Pi = M_{1,0} \cdot \frac{G}{G_{1,0}} = 700 \cdot \frac{35,5}{50,7} = 490 \text{ м}^3. \quad (11.6)$$

Витяг із таблиць ходу росту повних соснових деревостанів I^a бонітету наведено в табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Хід росту повних штучних деревостанів I^a бонітету

Вік, років	Деревостан							
	середні		кількість стовбурів	сума площ перерізів, м ²	видове число	запас, м ³	зміна запасу, куб. м	
	висота, м	діаметр, см					середня	поточна
10	4,1	4,8	8270	15,2	0,817	51	5,1	5,1
20	10,3	10,1	4180	33,5	0,536	185	9,3	13,4
...
80	30,2	31,9	635	50,7	0,457	700	8,8	4,6
...

Отже, використання таблиць ходу росту потребує визначення таких показників насадження, як вік, бонітет, висота, сума площ перерізів дерев у насадженні на 1 га (за результатами вибіркового переліку або на основі реласкопічних пробних ділянок), тоді як для стандартних таблиць достатньо визначити лише висоту та фактичну суму площ перерізів (табл. 11.2).

Таблиця 11.2

Сума площ перерізів і запас штучних соснових деревостанів при повноті 1,0 (стандартні таблиці)

Висота, м	Сума площ перерізів, м ²	Запас, м ³	Висота, м	Сума площ перерізів, м ²	Запас, м ³	Висота, м	Сума площ перерізів, м ²	Запас, м ³
1	-	2	15	41,3	302	29	52,0	670
2	2,5	14	16	42,5	328	30	52,4	696
3	8,4	31	17	43,6	353	31	52,7	722
...

У випадку використання стандартних таблиць запас насадження для наведеного прикладу буде розраховуватися так:

$$M = M_{1,0} \cdot \Pi = M_{1,0} \cdot \frac{G}{G_{1,0}} = 722 \cdot \frac{35,5}{52,7} = 486 \text{ м}^3.$$

Контрольні запитання та завдання

1. Які існують наближені формули для розрахунку запасу деревостану? Наведіть приклади розрахунків за цими формулами.
2. Які таблиці використовуються для визначення запасу деревостану?
3. Як обчислюється повнота насаджень у випадку використання вимірювальних методів таксації запасу?

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
3. Никитин К. Е. Лиственница на Украине / К. Е. Никитин. – К. : Урожай, 1966. – 332 с.

ТЕМА 12. МЕТОДИ ВИБІРКОВОЇ ТАКСАЦІЇ

1. Основні положення теорії вибірових досліджень.
2. Загальна характеристика вибірових методів таксації.
3. Реласкопічні методи таксації.
4. Техніка закладання реласкопічних пробних площ.

1. Основні положення теорії вибірових досліджень. Ключова роль у вивченні лісових ресурсів відводиться вибірово-статистичним методам. Порівняно із суцільними дослідженнями методи вибірової таксації мають значні переваги, а в окремих випадках слугують єдиним засобом отримання необхідної інформації. При цьому та обставина, що вибірові дослідження спираються на ймовірнісну логіку, зовсім не применшує цінності отриманих висновків, а, навпаки, надає їм строгого наукового змісту. На основі методів біометрії можна досягти необхідного рівня точності та достовірності результатів, оптимізувати витрати на збір вихідної інформації. Усе це сприяє широкому використанню вибірово-статистичних методів для вирішення різноманітних лісооблікових задач.

Під час збору вихідної інформації часто стоїть питання вибору між методами суцільного та вибірового обліку. У більшості випадків забезпечити ретельний суцільний перелік для лісових об'єктів неможливо, а його точність часто переоцінюють. Багато досліджень свідчать, що суцільний облік у великих обсягах, навіть за уважного виконання робіт, супроводжується суттєвими помилками через ненавмисний пропуск об'єктів, грубих помилок виконавців в умовах тривалої монотонної роботи. Відомий спеціаліст з вибірових методів Ф. Іейтс зазначав, що вибірові дані часто є точнішими, аніж дані суцільних переписів та обліків. Особливо відчувається це в лісоінвентаризаційній справі.

За однакової ретельності виконання робіт суцільний перелік, порівняно з вибіровим, забезпечує більш високу точність, оскільки другий включає помилки вибіровості – переходу від окремого до загального. Проте, за умови правильної організації вибірки, величина випадкової помилки піддається обчисленню, а встановити точність даних суцільного переліку можна лише шляхом правильно організованого вибірового дослідження. Крім того, вибірові методи потребують менших економічних та трудових витрат під час збору інформації і при правильному плануванні забезпечують точність, що не поступається суцільному переліку. Таким чином, переваги вибірових методів полягають у наступному:

- менша вартість робіт, а витрати пропорційні обсягу вибірки;
- вища достовірність результатів, оскільки до роботи можна залучити кваліфікований персонал, ретельніше контролювати виконання досліджень;
- оперативність інформації; дані вибірових досліджень можна зібрати швидше, відповідно, вони є актуальнішими;
- ширша сфера застосування; вибірові дослідження незамінні там, де

вивчення всіх одиниць сукупності заборонено, наприклад, якщо воно призводить до їхнього пошкодження.

Оскільки точність даних, отриманих вибірковими методами, залежить від частки сукупності, яка включена до вибірки, а збільшення її обсягу веде до подорожчання робіт, то під час організації вибіркового спостереження доводиться обирати одну альтернативу: забезпечити максимально можливу точність за визначеної вартості або мінімум витрат за прийнятої точності. У дослідницьких роботах переважає другий підхід, у виробничій практиці – перший. Основним правилом у такому разі є принцип: втрата точності повинна поступатися вартості додаткового збору інформації з метою її підвищення. І ще: за будь-якої точності треба прагнути, щоб оцінки параметрів були незміщеними.

Під час організації вибірки необхідно чітко визначити мету, методи і техніку збору та обробки даних; обсяг, структуру і необхідну точність отриманої інформації; трудові та економічні ресурси, їхню відповідність поставленій меті. Не вдаючись до деталей, відзначимо, що основними вимогами до вибірки можна вважати:

- репрезентативність (представленість, здатність відображати властивості генеральної сукупності);
- випадковість формування (кожен об'єкт генеральної сукупності повинен мати рівну ймовірність бути відібраним);
- достатність обсягу для одержання статистично значущих результатів.

Плануванню схеми вибірки передуює аналіз досліджуваної сукупності із виділенням первинних одиниць вибірки (ПОВ). Це може бути як найменша одиниця, на яку поділяють об'єкт (наприклад, окреме дерево), так і певна їхня сукупність. Оптимальність ПОВ визначає мета роботи та структура сукупності.

Особливої уваги слід приділяти аналізу можливих помилок. Структура помилок результатів, отриманих вибірковими методами, досить складна. Їх можна поділити на два класи: випадкові і систематичні. До випадкових помилок належать відхилення вибірових оцінок від параметрів у генеральній сукупності (наприклад, відхилення середнього значення у вибірці від середнього значення в генеральній сукупності), їх ще називають помилками вибіровості. Такі помилки обумовлені самою природою вибіркового методу, і тому вони неминучі.

Систематичні помилки, навпаки, не мають випадкового характеру; вони пов'язані з відхиленням структури вибірки від реальної структури генеральної сукупності. Систематичні помилки з'являються тоді, коли порушується основне правило випадкового відбору – забезпечення для всіх об'єктів рівних шансів потрапити до вибірки. Основними джерелами систематичних помилок є:

- неадекватність сформованої вибірки завданням дослідження;
- незнання характеру розподілу в генеральній сукупності і, як наслідок, порушення у вибірці структури генеральної сукупності;
- свідомий відбір найбільш «зручних» елементів генеральної сукупності.

Існує хибна думка, що забезпечити репрезентативність можна шляхом формування більшої за обсягом вибірки. Насправді це досягається застосуван-

ням статистично надійної схеми збору вихідної інформації. Треба враховувати, що статистичному обґрунтуванню підлягає тільки ймовірнісна вибірка. Тобто вибірка повинна бути сформована на основі простого випадкового відбору, який забезпечує незалежність спостережень і однакову ймовірність потрапляння окремих елементів генеральної сукупності у вибірку. На практиці не завжди вдається досягти, щоб елементи сукупності, котрі потрапили до вибірки, були відібрані випадковим чином. Залежно від специфіки досліджуваної ознаки може застосовуватися ціла низка різних способів випадкового відбору. Із урахуванням зазначеного, вибірки можна класифікувати наступним чином.

1. Випадкова вибірка. У більшості випадків елементи сукупності обсягом N можна розмістити в певному порядку з присвоєнням їм чисел натурального ряду (1, 2, 3 і т.д.). У такому разі відбір одного елемента рівнозначний випадковому відбору будь-якого числа з інтервалу від 1 до N і, навпаки, кожен відібраний номер однозначно визначає окремий елемент, який таким чином потрапляє до вибірки. На практиці для створення вибірки можна скористатися таблицею (генератором) випадкових чисел.

2. Механічна (систематична) вибірка є спрощеним варіантом випадкової. За тих же передумов стосовно основи вибірки, при яких використовується послідовність чисел, може бути застосовано систематичний відбір. У такому випадку відбір одиниць із упорядкованої сукупності здійснюється систематично через рівні проміжки. При заданому інтервалі відбору випадковим залишається лише відбір першої одиниці. Систематичний відбір прийнято розглядати як випадковий, і лише в окремих випадках, коли досліджувана ознака в упорядкованій сукупності має циклічний характер, що збігається з інтервалом відбору, цей метод може спотворити результати. Утім, така небезпека найчастіше залишається теоретичною і може бути повністю виключена за умови правильної організації вибірки. Досвід свідчить, що систематичне розміщення первинних одиниць вибірки забезпечує результати практично ідентичні при випадковому розміщенні, а іноді навіть кращі. Це пояснюється рівномірністю охоплення сукупності, особливо при відносно невеликих обсягах вибірки.

3. Стратифікована вибірка. Під час вибіркового вивчення певної ознаки точність результатів можна підвищити попереднім виділенням у генеральній сукупності окремих частин. Такий процес називається стратифікацією, а отримані частини – шарами або стратами. У результаті, отримані страти стають більш однорідними, оскільки їхня внутрішньогрупова дисперсія зменшується, а міжгрупова – збільшується. Це означає, що об'єкти в групі дуже схожі один на одного, а самі групи відчутно різняться між собою. Ефект від стратифікації тим більший, чим більша різниця між стратами.

4. Кластерна (гніздова) вибірка. У численних задачах використовуються вибіркові схеми, в яких первинними одиницями вибірки слугують групи (гнізда), що складаються з невеликої кількості менших елементів. Гніздовий відбір має значні організаційні переваги перед відбором окремих одиниць, оскільки значно простіше здійснити дослідження кількох компактно розміщених груп. Технічні переваги кластерного відбору особливо відчутні у тих випадках, коли

він здійснюється за територіальним принципом. Це зменшує вартість і строки проведення робіт. Основні рекомендації щодо вибору гнізд зводяться до того, щоб різниця між ними була мінімальною, а одиниці, які їх утворюють – якомога неоднорідними. Зазначене правило протилежне основному принципу стратифікації, відповідно до якого результат буде тим точнішим, чим одноріднішими будуть шари. Друга рекомендація стосується вибору розміру кластерів: треба надавати перевагу більшій кількості кластерів меншого розміру, ніж навпаки.

Для відбору кластерів однакового розміру може застосовуватися будь-яка схема простого випадкового відбору. В разі, якщо вони істотно різняться за розмірами, варто виконувати попереднє розшарування сукупності кластерів за величиною з наступним створенням вибірки для кожної страти. Існують й інші способи відбору кластерів, наприклад, відбір з імовірністю, пропорційною їхньому розміру. Варто зазначити, що практично всі лісоінвентаризаційні роботи пов'язані з кластерною вибіркою.

5. Багатоступінчаста (багатофазна) вибірка. Побудова такої вибірки ґрунтується на описаних вище принципах. Зазвичай цей тип вибірки застосовується в дослідженнях, коли виникає необхідність виробити поетапний відбір одиниць з різних сукупностей, наприклад, в загальнодержавних дослідженнях. Її характерною особливістю є поділ сукупності на вибіркові одиниці різних порядків. Спочатку із сукупності відбирають певну кількість одиниць першого порядку, потім із кожної з них – одиниці другого порядку. Таким чином, сукупність, з якої здійснюється відбір, змінюється на кожному етапі відбору, який може бути випадковим, систематичним і т.д.

2. Загальна характеристика вибіркових методів таксації. У сучасних умовах вибіркові методи є одним з небагатьох прийнятних засобів обліку лісових ресурсів. Загальновідомо, що таксація насаджень може виконуватися трьома способами: суцільно, вибірково і окомірно. Перевірка результатів визначення основних таксаційних показників деревостанів окомірними методами доводить, що їхня точність часто виходить за прийняті в лісовій таксації межі. При цьому особливо небезпечними є систематичні помилки. Метод суцільного переліку вважається точним, утім його часто переоцінюють. Як свідчить багато досліджень, суцільний перелік дерев на великій площі супроводжується відчутними помилками, які виникають за рахунок пропуску стовбурів або повторного їхнього обміру, грубих помилок виконавців. Таксаційні показники, встановлені вибірково-статистичним способом, містять помилки репрезентативності, викликані випадковими причинами, але досить часто можуть бути точнішими, ніж дані суцільних обстежень.

У світовій практиці випробувалися численні вибіркові методи, які мають різний рівень теоретичної обґрунтованості, відрізняються за технологією збору та обробки інформації, характеризуються різною точністю кінцевих результатів. Сьогодні існує багато різних схем класифікації вибіркових методів таксації: із використанням облікових одиниць постійної величини; кутових вимірювань; за даними вимірювання відстаней між деревами; комбіновані.

За А.Н. Федосимовим і В.Г. Анисочкіним (1979) найпоширеніші методи вибіркової таксації деревостанів класифікуються таким чином.

1. Реласкопічні методи: кругова реласкопічна вибірка.

2. Реласкопічно-перелікові методи: лінійна реласкопічна вибірка; кругова реласкопічна вибірка.

3. Вибірково-перелічувальні методи: вибірка із площадок постійної величини; вибірка із площадок змінної величини (із змінним радіусом та постійною кількістю дерев, із змінним радіусом та змінною кількістю дерев).

4. Комбіновані методи: поєднання кругової та лінійної реласкопічної вибірок; поєднання кругових перелічувальних і реласкопічних площадок; поєднання перелічувальних площадок різних розміру та форми.

Наведемо узагальнену схему класифікації вибіркових методів, що можуть застосовуватися в практиці лісової інвентаризації (рис. 12.1).

Спосіб оцінки просторово-параметричної структури деревостану	<ul style="list-style-type: none"> • імовірно-теоретична вибірка • вибірково-теоретична вибірка
Тип первинних одиниць вибірки	<ul style="list-style-type: none"> • вибірка за площею • вибірка з використанням відстаней між деревами • точкова вибірка
Розміщення первинних одиниць вибірки	<ul style="list-style-type: none"> • випадкове • систематичне • типове
Технологія вимірювань	<ul style="list-style-type: none"> • перелічувальна • реласкопічна • комбінована
Схема відбору	<ul style="list-style-type: none"> • простий випадковий відбір • багатоступінчаста вибірка • багатофазна вибірка
Форма первинних одиниць вибірки	<ul style="list-style-type: none"> • кругові площадки постійного радіуса • кругові площадки змінного радіуса • прямокутні • стрічкові

Рис. 12.1. Класифікація вибіркових схем лісової інвентаризації

Для практичних цілей найбільший інтерес представляють такі питання щодо структури вибірових досліджень: вибір основи класифікації; схема розміщення ПОВ у деревостані; обґрунтування оптимальних форм і розмірів ПОВ; обґрунтування нормативів вибірової таксації.

Статистична теорія і практика лісоінвентаризації дають різні можливості обґрунтування вибірових схем. Разом з тим, більшість публікацій свідчить про те, що як вихідну ознаку для класифікації нормативів вибірки і структури вибірових планів доцільно використовувати мінливість запасу на ПОВ. Однак, у практичному відношенні необхідно спиратись на мінливість суми площ перерізів дерев на ПОВ. Це положення можна пояснити наступними міркуваннями.

1. Мінливість запасу на ПОВ практично функціонально пов'язана з мінливістю сум площ перерізів дерев. Цей зв'язок, як правило, є лінійним, коефіцієнт кореляції становить 0,94–0,98. Зазначене положення підтверджується опублікованими матеріалами і результатами власних наукових досліджень. Слід зазначити, що отримати достатні докази цьому факту можна лише на пробних площах із суцільною рубкою дерев і безпосереднім визначенням сумарного об'єму дерев, оскільки за інших умов на мінливість запасу на ПОВ буде впливати метод його визначення і особливості використання нормативних матеріалів.

2. Сума площ перерізів дерев, на відміну від запасу, є таксаційним показником, який визначається безпосередньо. Тому послідовна оцінка помилок у визначенні суми площ перерізів дерев простіша, ніж запасу.

У лісотаксаційній практиці досліджувалися три види розміщення ПОВ на території лісової ділянки: систематичне, вибірове і у «типових місцях деревостану». Слід зазначити, що останній вид розміщення ПОВ позбавлений теоретичних обґрунтувань. Крім цього, результати його використання можуть супроводжуватися значними помилками, які оцінити статистичними методами неможливо.

Випадкова вибірка є достатньо обґрунтованою у теоретичному відношенні. Тим не менше, у більшості випадків доцільним вважається систематичне розміщення ПОВ з таких причин:

- розміщення ПОВ у випадковому порядку потребує значно більших часових затрат порівняно із систематичною вибіркою;
- у зв'язку з територіальною неоднорідністю насадження систематична вибірка дозволяє отримати більш репрезентативні результати щодо вибірових оцінок порівняно з параметрами генеральної сукупності.

Таким чином, систематичне розміщення ПОВ з випадковим початком є найпрактичнішим способом вибірової таксації.

Розмір та форма ПОВ – важливі компоненти вибірових схем, які визначають їхню оптимальність. Багатьма дослідженнями випробовувалися пробні площі різної форми – кругові, багатокутні (у т.ч. прямокутні) і стрічкові переліки. Стрічкові переліки мають низку недоліків, зокрема: обмежені можливості їхнього використання у гірських умовах; значно більший порівняно з іншими методами вплив помилок за рахунок «граничних» дерев; неможливість надійної

статистичної оцінки одержаних результатів. Останнім часом у лісотаксаційній практиці найширше застосовуються кругові пробні площі. Їхні переваги порівняно з іншими формами пробних площ можна пояснити такими обставинами:

- висока ефективність досліджень за рахунок менших часових витрат;
- менший вплив помилок за рахунок «граничних» дерев у зв'язку з мінімальним периметром ПОВ певної площі;
- простота обмеження КПП у природі;
- розмір КПП визначається одним параметром;
- менша можливість зміщення ПОВ через суб'єктивні фактори.

Стосовно оптимально розміру КПП літературні дані достатньо різняться у зв'язку з відсутністю загальноприйнятого методу оптимізації величини ПОВ. Очевидно, що чим більший розмір КПП, тим менше їх повинно бути в межах таксаційного виділу. Однак за таких умов виникає можливість отримати систематичні помилки у визначенні таксаційних показників. На практиці найчастіше застосовуються кругові проби радіусом 12,62 м (0,05 га²).

В окремих випадках закладання КПП постійного радіуса супроводжується певними труднощами. Зокрема, за умови мінливості форм рельєфу неможливо визначити єдиний кут нахилу КПП, а отже, її єдиний радіус. Тому, певний інтерес представляє вибіркового метод оцінки суми площ перерізів і кількості дерев, який базується на КПП змінного радіуса з постійною кількістю дерев. Технологія закладання таких КПП є простішою порівняно з КПП постійного радіуса, оскільки вимагає встановлення лише відстані від центру КПП до найближчого n -го дерева з урахуванням його діаметра. Фіксування найближчих n дерев у природі, як свідчить досвід, не викликає будь-яких труднощів, тим більше, що відхилення на КПП у 1–2 дерева є цілком припустимим.

3. Реласкопічні методи таксації. Реласкопічна таксація вважається одним із найвагоміших досягнень лісотаксаційної науки. Під терміном вибірково-вимірювальна або реласкопічна таксація розуміють визначення таксаційних показників (у першу чергу, суми площ перерізів) за допомогою кутомірних інструментів – повнотоміра, реласкопа, телереласкопа, запропонованих В. Біттерліхом, клиновидної призми, яка у вітчизняній лісотаксаційній практиці має назву призми Анучина. Вітчизняні та зарубіжні вчені оцінюють цей метод як «найбільше відкриття, яке дало початок новому, досить важливому напрямку в розвитку таксаційної техніки»

Ідею Біттерліха краще зрозуміти, якщо звернутися до рис. 12.2. Згідно з цією ідеєю закладання пробних площ у природі зводиться до побудови на місцевості спеціальними приладами «критичних кутів», утворених шляхом прицілювання із центру кругової площадки на облікові дерева. Нехай, діаметр дерев, який точно вписується в кут візирного пристрою, в 50 разів менший, ніж відстань до них. На основі цього впливає, що співвідношення між діаметрами дерев будь-яких розмірів і радіусами кругових проб становить 1 : 50, а співвідношення площ поперечних перерізів таких дерев до площі проб – 1 : 10000. Зазначена умова є визначальною під час таксації насаджень: кількість дерев, які

точно вписуються в кут пристрою Біттерліха, треба вважати сумою площ перерізів у квадратних метрах на 1 га. Таким чином, тонкі дерева будуть обліковуватися на пробах малого радіуса, а зі збільшенням величини проби діаметр дерев, які підлягають обліку, також зростатиме.

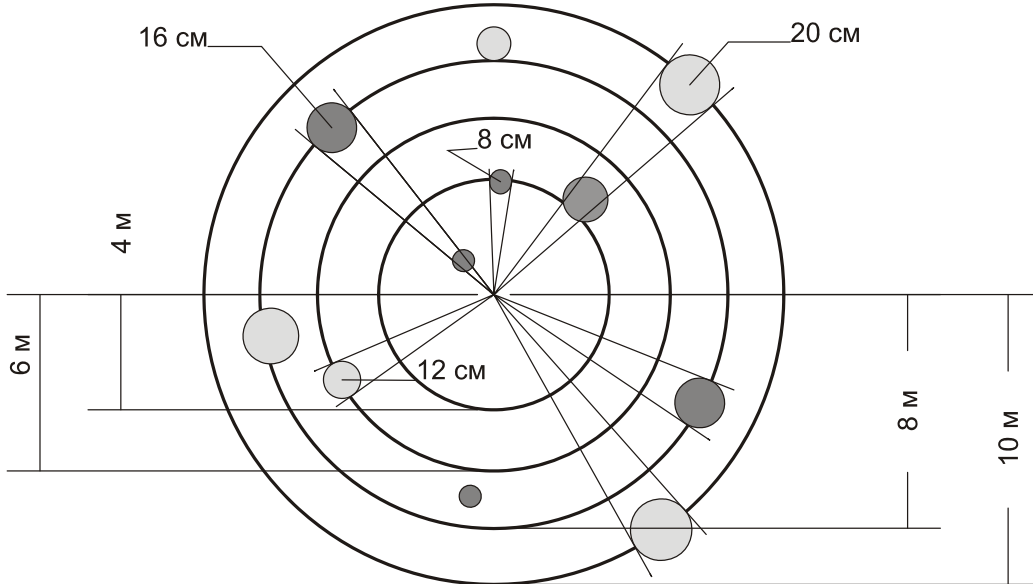


Рис. 12.2. Співвідношення між діаметрами дерев і радіусами реласкопічних пробних площ

Як приклад розглянемо рис. 12.3, на якому зображено дерево діаметром D , яке точно «вписується» в прицільну рамку повнотоміра завширшки d . Оскільки ΔaOb і ΔAOB подібні, то

$$\frac{D}{d} = \frac{L}{l} \quad \text{звідки} \quad L = \frac{l}{d} \cdot D = 50 \cdot D. \quad (12.1)$$

Тепер розрахуємо відношення площі перерізу деревного стовбура (g) до площі реласкопічної ділянки (G) за умови, що дерево точно «вписується» в приціл повнотоміра Біттерліха. При цьому візьмемо до уваги співвідношення (12.1):

$$\frac{g}{G} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}{\pi \cdot (50 \cdot D)^2} = \frac{1}{10000}.$$

Таким чином, таксаційний приціл має дуже важливу властивість: для дерев різного діаметра він відмежовує розмір кругової ділянки таким чином, що співвідношення між її площею та площею перерізу деревного стовбура є однаковим. Для дерев завтовшки 8 см діаметр проби становитиме 8 м, завтовшки 16 см – 16 м і т.д. Діаметр реласкопічної проби в 100 ра-

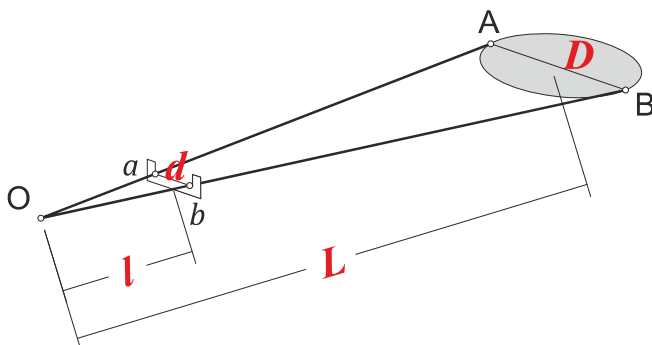


Рис. 12.3. Співвідношення між площею перерізу дерева та площею реласкопічної ділянки

витиме 8 м, завтовшки 16 см – 16 м і т.д. Діаметр реласкопічної проби в 100 ра-

зів більший від діаметра відповідного дерева, а площа перерізу такого дерева становитиме 1/10000 площі проби. У перерахунку на 1 га площу перерізу кожного дерева треба приймати за 1 м².

4. Техніка закладання реласкопічних пробних площ. Реласкопічний метод таксації має чітко теоретичне пояснення з точки зору теорії ймовірностей. Цей метод ще називають відбором з імовірністю, пропорційною розмірам дерев. Уявімо, що дерева є центрами певних кругових ділянок, на яких вони обліковуються (рис. 12.4). Для пробних площ постійного радіуса розмір кругових проб, описаних навколо всіх дерев, буде однаковим, для реласкопічних проб – зівставним відповідно до співвідношення (12.1) з діаметром дерев. У такому випадку потрапляння певного дерева до вибірки залежатиме від того, чи опиниться центр проби в межах зображених на рис. 12.4 «уявних» ділянок, чи ні. При цьому для пробних площ постійного радіуса кількість облікових дерев залежатиме лише від їхньої кількості у насадженні, а для реласкопічних – від розмірів дерев, оскільки більші дерева матимуть кращі шанси потрапити до вибірки.

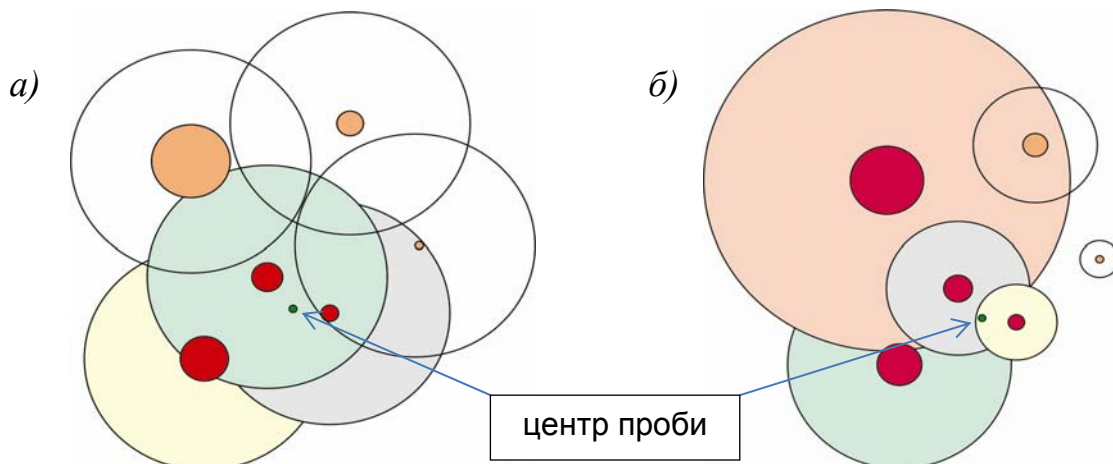


Рис. 12.4. Відбір з імовірністю, пропорційною кількості (а) та розмірам (б) дерев

Для дерев різного діаметра існує свій чітко визначений розмір проби, на якій вони підлягають обліку. Якщо дерево є тоншим за приціл пристрою Біттерліха, вважають, що воно знаходиться за межами реласкопічної ділянки і не береться до обліку. Дерев, які точно «вписуються» в приціл – знаходяться на границі проби, а тому їх треба підраховувати через одне. Нарешті, обліку підлягають усі дерева, що перекривають приціл.

Одна із переваг прицільного методу полягає у тому, що він звільняє від необхідності промірів і відмежування проб у природі: націлюючи повнотомір на дерева, границі проби встановлюються автоматично. Відповідно до цього реласкопічна пробна площа є системою концентричних кіл (див. рис. 12.2) з центром, де знаходиться спостерігач.

Залежно від структури насаджень «критичний кут» повнотоміра може бути різним. Так, малий кут має більшу дальність дії і застосовується у розріджених деревостанах, у високоповнотних насадженнях, навпаки, доцільно викори-

стовувати більший кут. У зв'язку з цим існує поняття реласкопічного коефіцієнта. Розглянемо це питання детальніше.

Нехай, співвідношення між діаметром дерева і діаметром реласкопічної ділянки становить $1/25$. У такому випадку зміниться співвідношення між відповідним площами:

$$\frac{g}{G} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}{\pi \cdot (25 \cdot D)^2} = \frac{1}{2500} \quad (12.2)$$

У наведеному прикладі площу перерізу кожного дерева, що підлягає обліку, треба приймати за 4 м^2 на 1 га. Відповідно реласкопічний коефіцієнт такого повнотоміра становитиме 4. Певні рекомендації щодо вибору реласкопічного коефіцієнта наведені в табл. 12.1.

Таблиця 12.1

Рекомендації щодо вибору величини реласкопічного коефіцієнта

Повнота деревостану	Середній діаметр деревостану, см		
	<16	16–32	>32
0,3–0,6	0,5	1	2
0,7–0,8	1	2	3
0,9–1,0	2	3	4

На основі принципу кутових вимірювань Біттерліха російський учений М.П. Анучин ввів у лісотаксаційну практику оптичний метод визначення сум

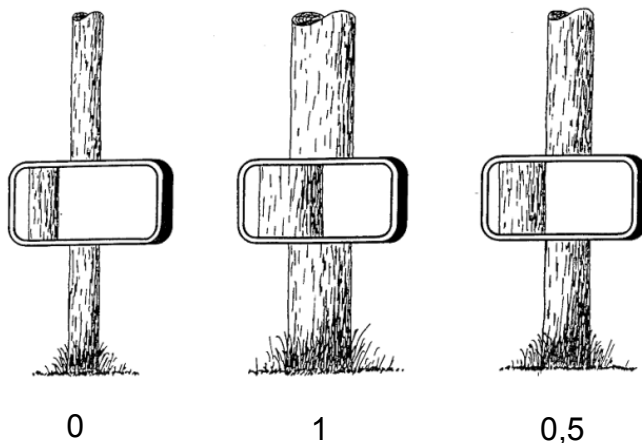


Рис. 12.5. Оптичний метод реласкопічної таксації

площ перерізів дерев у насадженні за допомогою клиновидної призми. За умови одночасного спостереження крізь прилад на стовбур дерева і поверх нього через заломлення променів у призмі частина зображення буде зміщуватися вбік. Принцип підрахунку дерев за цим методом дуже близький до попереднього і зображений на рис. 12.5. Особливості закладання реласкопічних пробних площ при цьому полягають в тому, що центром ділянки є клиновидна призма, а не спостерігач.

Кількість реласкопічних площадок, необхідних для точного визначення сум площ перерізу на 1 га насадження, залежить від просторової та параметричної однорідності й площі виділу. Як правило, закладають 3–5 пробних площ, хоча за нормативами їх може бути значно більше. Місця закладання проб треба

вибирати випадковим чином, а за суму площ перерізів на 1 га треба вважати середнє значення даних усіх вимірів, що заносяться до картки таксації.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть практичні переваги вибірових методів лісової таксації над методами суцільного обліку.
2. Які вимоги висуваються до лісотаксаційної інформації, одержаної вибіровими методами?
3. Які існують помилки результатів, отриманих вибіровими методами, та поясніть від чого вони залежать.
4. Наведіть класифікацію способів випадкового відбору, які застосовуються в лісотаксаційній практиці.
5. Назвіть найпоширеніші методи вибірової таксації деревостанів.
6. Дайте визначення поняттю «первинна одиниця вибірки».
7. Які існують первинні одиниці вибірки за формою і за якими принципами вони можуть розміщуватися в деревостані?
8. Який таксаційний показник прийнято використовувати під час обґрунтування схем вибірової лісової інвентаризації?
9. Що розуміють під поняттям «критерії однорідності насаджень» і як вони впливають на нормативи вибірової таксації?
10. У чому полягає особливість закладання пробних площ змінного радіуса з постійною кількістю дерев?
11. Викладіть основні положення теорії реласкопічної таксації. Як співвідносяться між собою діаметр дерева і діаметр реласкопічної пробної площі? Що таке «реласкопічний коефіцієнт»?
12. Які особливості підрахунку дерев на кругових пробах за допомогою повнотоміра Біттерліха та призми Анучина?
13. Як визначається запас деревостану з використанням методів вибірової перелічувальної таксації шляхом закладки пробних площ постійного радіуса.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
3. Федосимов А. Н. Выборочная таксация леса / А. Н. Федосимов, В. Г. Анисочкин. – М. : Лесн. пром-сть., 1979. – 172 с.

ТЕМА 13. ТАКСАЦІЯ ПРИРОСТУ ОКРЕМОГО ДЕРЕВА

1. Поняття і класифікація приросту.
2. Співвідношення між поточним і середнім приростами.
3. Визначення поточного приросту зрубаного дерева.
4. Визначення відсотка поточного приросту.
5. Наближені методи визначення поточного об'ємного приросту дерева, що росте.

1. Поняття і класифікація приросту. Вивчення закономірностей деревного приросту сприяє вирішенню багатьох наукових і практичних задач, пов'язаних із підвищенням продуктивності лісових насаджень. Найбільша увага в лісовій таксації приділяється вивченню приросту стовбурової деревини. Об'єм дерева збільшується внаслідок різних фізіологічних процесів: фотосинтезу, дихання, водообміну, обміну поживних речовин тощо. Їхній вплив зумовлює ріст дерева у висоту (із точки росту, яка знаходиться у верхівковій брунці останнього річного пагона) і товщину (у результаті діяльності камбію, відкладається річне кільце деревини по всій довжині стовбура). Товщина річних кілець і приріст у висоту – це кількісні показники, що дозволяють врахувати вплив усього комплексу біологічних факторів на величину приросту. У зв'язку з цим, методи визначення приросту базуються переважно на оцінці зазначених показників.

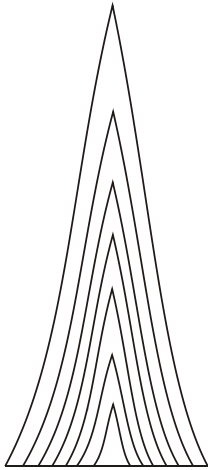


Рис. 13.1. Особливості росту деревного стовбура

Річний приріст дерев утворюється протягом вегетаційного періоду. Початок і тривалість останнього залежить переважно від кліматичних факторів. У тропічних лісах приріст спостерігається протягом усього року. В помірних широтах протягом вегетаційного періоду відкладається одне річне кільце. Із просуванням до полюсів і зменшенням вологості клімату вегетаційний період скорочується і приріст починає пульсувати. Період річного росту специфічний для різних деревних порід. Ріст листяних порід починається і закінчується, як правило, раніше, ніж хвойних. Для умов України основна частина деревного приросту (80–90 %) утворюється за період із травня до серпня.

Циклічне коливання поточного приросту деревних порід – одна з найцікавіших його особливостей. Воно настільки закономірне, що на його основі можна встановити, в якому календарному році утворилося річне кільце. Ця особливість деревного приросту використовується не тільки в лісовій таксації, а й в інших галузях науки, зокрема, археології, кліматології, дендрохронології тощо.

При переході від окремого дерева до насадження задача визначення приросту ускладнюється, оскільки біологічні процеси, що відбуваються в насадженні, складніші. Якщо в окремого дерева приріст триває безперервно до його загибелі, то в насадженні одночасно відбувається два складні процеси – приріст та відпад дерев. Точна величина відпаду може бути встановлена лише на основі спостережень на постійних пробних площах.

Отже, в лісовій таксації під поняттям приросту треба розуміти величину, на яку змінюється значення таксаційного показника (t) з часом (a). Слід розрізняти середній, періодичний і поточний прирости.

Середній приріст – це зміна таксаційного показника в середньому за один рік протягом усього віку дерева:

$$z_t^{\text{cp}} = \frac{t_a}{a}. \quad (13.1)$$

Під час розрахунку величини середнього приросту для таких показників як діаметр та площа перерізу дерева на висоті грудей знаменник формули (13.1) треба зменшувати на вік дерева (Δ), у якому стовбур досягає висоти 1,3 м. При цьому слід також пам'ятати, що в таксації деревного приросту всі показники визначаються без кори.

Періодичний приріст характеризує зміну таксаційного показника за певний період (n) часу (наприклад, за 5 або 10 років). Поточний приріст – це зміна таксаційного показника дерева протягом останнього року. Проте, в практичній таксації цей показник визначається як середній річний за останній період:

$$z_t^{\text{пт}} = \frac{t_a - t_{a-n}}{n}. \quad (13.2)$$

2. Співвідношення між поточним і середнім приростами. У дерев в перші роки життя поточний приріст зазвичай більше середнього, в 50–60-річному

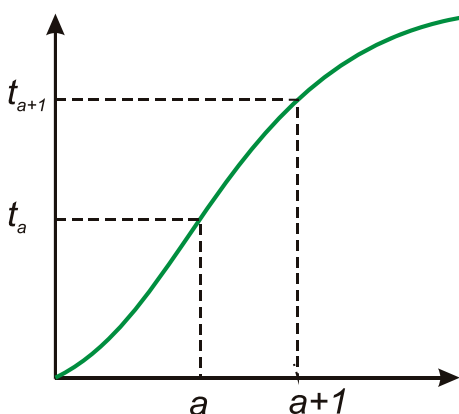


Рис. 13.2. Динаміка росту дерева

віці для більшості деревних порід України обидва види приросту однакові, а потім вони зменшуються, причому швидше знижується величина поточного приросту. Таке співвідношення між приростами підтверджується не лише дослідними даними, а й має відповідне теоретичне обґрунтування.

Візьмемо в житті дерева два моменти, відділених один від одного тривалістю 1 рік – a та $a+1$ (рис. 13.2). На основі формули (13.1), виходячи із величини середнього приросту, можна встановити значення таксаційних показників у відповідному віці:

$$t_a = z_a^{\text{cp}} \cdot a, \quad t_{a+1} = z_{a+1}^{\text{cp}} \cdot (a + 1).$$

Тепер на основі одержаних співвідношень розрахуємо величину поточного приросту у віці $a+1$ років:

$$z_{a+1}^{\text{пт}} = \frac{t_{a+1} - t_a}{1} = z_{a+1}^{\text{сп}} \cdot (a + 1) - z_a^{\text{сп}} \cdot a \quad (13.3)$$

$$= z_{a+1}^{\text{сп}} \cdot a + z_{a+1}^{\text{сп}} - z_a^{\text{сп}} \cdot a.$$

Відніmemo від обох частин рівняння (13.3) величину $z_{a+1}^{\text{сп}}$:

$$z_a^{\text{пт}} - z_{a+1}^{\text{сп}} = z_{a+1}^{\text{сп}} \cdot a + z_{a+1}^{\text{сп}} - z_a^{\text{сп}} \cdot a - z_{a+1}^{\text{сп}} = (z_{a+1}^{\text{сп}} - z_a^{\text{сп}}) \cdot a. \quad (13.4)$$

Аналізуючи отримане рівняння, приходимо до висновку, що може склестися три ситуації (рис. 13.3).

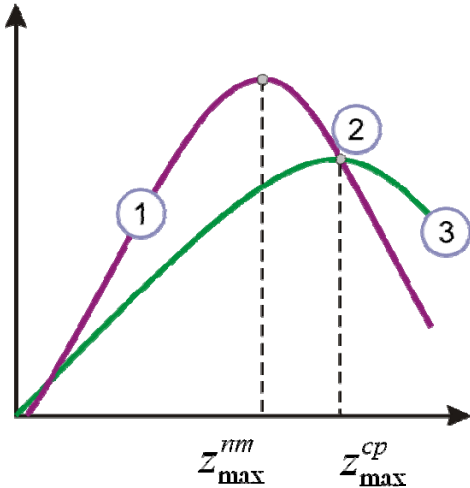


Рис. 13.3. Динаміка середнього і поточного приростів

1. Середній приріст зростає

$$z_{a+1}^{\text{сп}} > z_a^{\text{сп}}, \text{ тоді } z_a^{\text{пт}} > z_a^{\text{сп}}.$$

2. Середній приріст не змінюється

$$z_{a+1}^{\text{сп}} = z_a^{\text{сп}}, \text{ тоді } z_a^{\text{пт}} = z_a^{\text{сп}}.$$

3. Середній приріст спадає

$$z_{a+1}^{\text{сп}} < z_a^{\text{сп}}, \text{ тоді } z_a^{\text{пт}} < z_a^{\text{сп}}.$$

Звідси можна зробити висновок, що в динаміці приростів спостерігається три періоди. В перший період середній приріст хоча й збільшується, поточний буде його переважати; в момент рівності приростів поточний приріст, досягнувши максимуму спадає; в третій період обидва прирости зменшуються, причому поточний

більш інтенсивно. За абсолютною величиною максимум поточного приросту більший від середнього і настає раніше.

Така закономірність має важливе практичне значення для обґрунтування віків стиглості деревостанів та обсягів лісокористування.

3. Визначення поточного приросту зрубаного дерева. Розрізняють поточний приріст стовбура за висотою, діаметром, площею поперечного перерізу, видовим числом і об'ємом. Для визначення абсолютного значення приросту за висотою ($z_h^{\text{пт}}$) рекомендується такий спосіб. У зрубаного дерева відрізають верхівку і на торці підраховують кількість річних кілець n . Так одержують приріст у висоту за n років (Δh), який необхідно розділити на величину відповідного періоду:

$$z_h^{\text{пт}} = \frac{\Delta h}{n}. \quad (13.5)$$

Поточний приріст за діаметром може визначатися після розпилювання деревного стовбура на висоті 1,3 м або з використанням спеціальних приладів — прирісних (вікових) свердликів. У першому випадку робочою є формула (13.2), а діаметр без кори тепер і n років тому визначаються за допомогою лінійки.

Техніка використання прирісного свердлика наступна. Спочатку з його допомогою отримують kern, який дозволяє визначити величину періодичного радіального приросту деревного стовбура за n років на висоті 1,3 м. Отримане значення необхідно подвоїти та розділити на величину періоду. Це усереднене значення ширини річного кільця є поточним приростом деревного стовбура за діаметром. Спростити підрахунок річних кілець і вимірювання радіального приросту може сучасне лісотаксаційне обладнання (див. рис. 5.9).

Розрахунок поточного приросту деревного стовбура за площею поперечного перерізу базується на результатах вимірювання відповідних діаметрів дерева на висоті 1,3 м.

Найбільше практичне значення має поточний об'ємний приріст. Існують різні підходи щодо визначення цього показника. Базовою при цьому є формула:

$$z_V^{\text{пт}} = \frac{V_a - V_{a-n}}{n}. \quad (13.6)$$

Значення V_a і V_{a-n} обчислюються за складною формулою серединних перерізів або іншим точним способом.

Наближене значення поточного об'ємного приросту зрубаного дерева можна визначити на основі простої формули серединного перерізу (13.7) відповідно до рис. 13.4:

$$z_V^{\text{пт}} = \frac{(\gamma_a - \gamma_{a-n}) \cdot L_{a-n} + 1/3 \cdot g_{\text{об}} \cdot l_{\text{в}}}{n}. \quad (13.7)$$

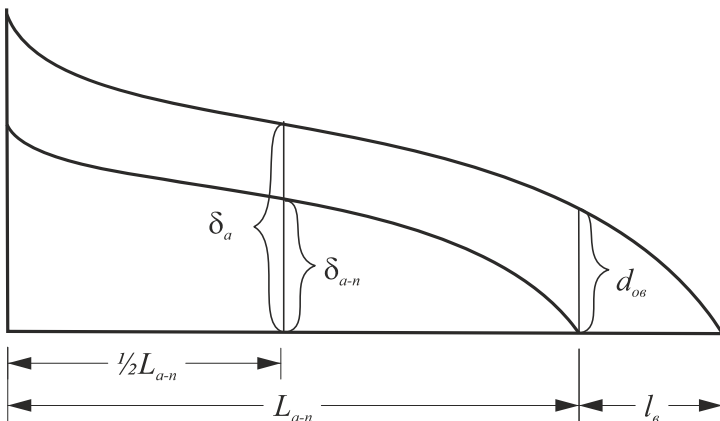


Рис. 13.4. Схема обміру стовбура зрубаного дерева

де γ_a – площа поперечного перерізу стовбура без кори на $1/2 L_{a-n}$ у віці a років, м^2 ;

γ_{a-n} – площа поперечного перерізу стовбура без кори на $1/2 L_{a-n}$ n років тому, м^2 ;

L_{a-n} – довжина стовбура n років тому, м;

$l_{\text{в}}$ – приріст стовбура у висоту за останні n років, м;

$g_{\text{об}}$ – площа поперечного перерізу стовбура без кори на L_{a-n} , м^2 .

Поточний об'ємний приріст можна також визначити за методом професора О.В. Тюріна, попередньо визначивши бічну поверхню деревного стовбура без кори (S_6) і вимірявши товщину річного кільця (i) в різних частинах стовбура. Річний об'ємний приріст можна визначити за формулою:

$$z_V^{\text{пт}} = S_6 \cdot i. \quad (13.8)$$

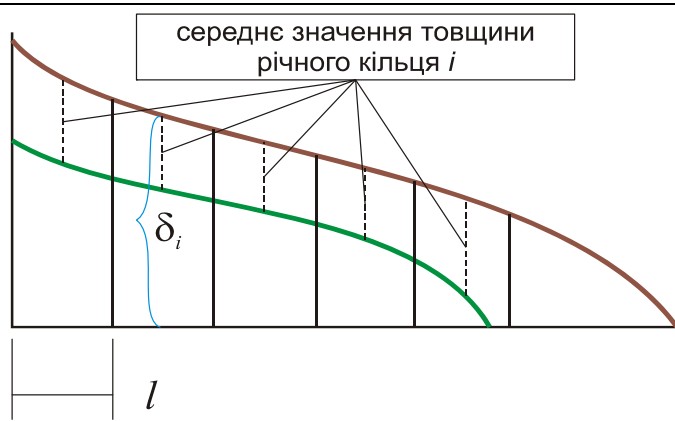


Рис. 13.5. Визначення поточного об'ємного приросту за площею бічної поверхні стовбура

Пояснимо цей метод на основі рис. 13.5. На коротких відрізках стовбура (l), які можна прирівняти до циліндра, бічна поверхня розраховується як добуток трьох величин – $\pi \cdot \delta \cdot l$. Бічну поверхню верхівки (S_6^B), яка розглядається як конус, можна розрахувати за формулою – $\pi \cdot r_{осн} \cdot l$. Загалом, площа бічної поверхні стовбура обчислюється за наступним співвідношенням:

$$S_6 = \pi \cdot l \sum \delta_i + S_6^B. \quad (13.9)$$

У формулі (13.8) ширину річного кільця i визначають за результатами кількох вимірів на різних ділянках стовбура.

4. Визначення відсотка поточного приросту. Під час аналізу величини поточного приросту різних за розмірами дерев у лісовій таксації використовується відносний показник, виражений у відсотках ($P_t^{пт}$ – відсоток поточного приросту):

$$P_t^{пт} = \frac{z_t^{пт}}{t_a} \cdot 100\% = \frac{t_a - t_{a-n}}{t_a} \cdot \frac{100}{n}. \quad (13.10)$$

Для прикладу розглянемо задачу.

Два дерева мають об'єми $0,360 \text{ м}^3$ і $0,690 \text{ м}^3$. Поточний об'ємний приріст цих дерев відповідно становить $0,0106$ і $0,0180 \text{ м}^3$. У якого з цих дерев ріст більш інтенсивний?

На перший погляд відповідь очевидна – у другого, оскільки поточний приріст цього дерева за об'ємом більший. Проте, якщо розрахувати відсоток поточного об'ємного приросту (P_V), маємо дещо іншу ситуацію:

для першого дерева

$$P_V^{пт} = \frac{z_V^{пт}}{V_a} \cdot 100\% = \frac{0,0106}{0,360} \cdot 100 = 2,9\%, \quad (13.11)$$

для другого дерева

$$P_V^{пт} = \frac{z_V^{пт}}{V_a} \cdot 100\% = \frac{0,0180}{0,690} \cdot 100 = 2,6\%. \quad (13.12)$$

Окрім порівняння, використання відносних значень поточного приросту покладено в основу визначення поточного об'ємного приросту дерев, що ростуть. Цікаві закономірності простежуються під час зіставлення відсотка приросту деревного стовбура за основними таксаційними показниками (табл. 13.1).

**Динаміка відносних значень поточного приросту стовбура дуба
(за даними О.В. Тюріна)**

Відсоток приросту, %	Вік, років									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
P_d	7,7	3,2	2,8	2,0	1,4	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7
P_g	13,3	6,2	5,6	4,0	2,8	1,8	1,4	1,9	1,4	1,4
P_h	6,0	4,7	2,7	1,7	1,2	0,8	0,6	0,8	0,3	0,3
P_V	16,0	9,2	7,6	5,3	3,6	2,4	1,8	2,1	1,5	1,8

Якщо проаналізувати дані табл. 13.1, виявиться, що сума відсотків приросту за площею перерізу та висотою буде більшою за величину P_V . У свою чергу це вказує на зменшення видового числа з віком і відповідно на від'ємне значення відсотка приросту за цим показником. Із цієї таблиці також видно, що відсоток поточного приросту за площею перерізу приблизно вдвічі більший за аналогічний показник для діаметра ($P_g^{пт} \approx 2P_d^{пт}$). Цьому є відповідне теоретичне підтвердження:

$$P_g^{пт} = \frac{g_a - g_{a-n}}{g_a} \cdot \frac{100}{n} = \frac{0,7854 \cdot (d_a^2 - d_{a-n}^2)}{0,7854 \cdot d_a^2} \cdot \frac{100}{n}$$

Для періоду один рік діаметр n років тому може бути знайдений через величину періодичного приросту у товщину (z_d): $d_{a-n} = d_a - z_d$. Тоді

$$P_g^{пт} = \frac{d_a^2 - (d_a - z_d^{пт})^2}{d_a^2} \cdot 100 = \frac{d_a^2 - d_a^2 + 2 \cdot d_a \cdot z_d^{пт} - (z_d^{пт})^2}{d_a^2} \cdot 100.$$

$$P_g^{пт} \approx 2 \frac{z_d^{пт}}{d_a} \cdot 100 \approx 2P_d^{пт}.$$

5. Наближені методи визначення поточного об'ємного приросту дерева, що росте. Величину поточного об'ємного приросту дерева, що росте, безпосередньо визначити неможливо. Наближені методи визначення поточного об'ємного приросту, в основному, зводяться до визначення відносного значення цього показника у відсотках. Далі можна перейти до величини абсолютного значення приросту. При цьому прийнято виходити з таких міркувань.

$$z_V^{пт} = \frac{P_V^{пт} \cdot V_a^{бк}}{100}, \text{ де } V_a^{бк} = V_a^{ук} \cdot \left(1 - \frac{P_k}{100}\right), \quad (13.13)$$

де $V_a^{бк}$ – об'єм стовбура без кори, м³;

$V_a^{ук}$ – об'єм стовбура у корі, м³;

P_k – нормативне значення відсотка кори, %.

Вихідною формулою для розрахунку величини $P_V^{пт}$ треба вважати співвідношення, яке є теоретичною основою всіх методів таксації поточного об'ємного приросту дерева, що росте:

$$P_V^{пт} = P_g^{пт} + P_h^{пт} + P_f^{пт}. \quad (13.14)$$

У зв'язку з недостатньою точністю визначення приросту за висотою і неможливістю встановлення приросту за видовим числом для дерев, що ростуть, під час опрацювання практичних прийомів у формулі (13.14) використовується лише приріст за діаметром з доповненням його відповідними коефіцієнтами з урахуванням характеру росту дерева.

Формула Турського. Відношення $P_V^{пт} / P_d^{пт}$ коливається в межах від 2,0 до 3,3. Визначивши за допомогою прирісного свердлика відносний приріст за діаметром на висоті 1,3 м і помноживши на відповідний коефіцієнт (k) можна встановити наближене значення відсотка об'ємного приросту деревного стовбура:

$$P_V^{пт} = k \cdot P_d^{пт}. \quad (13.15)$$

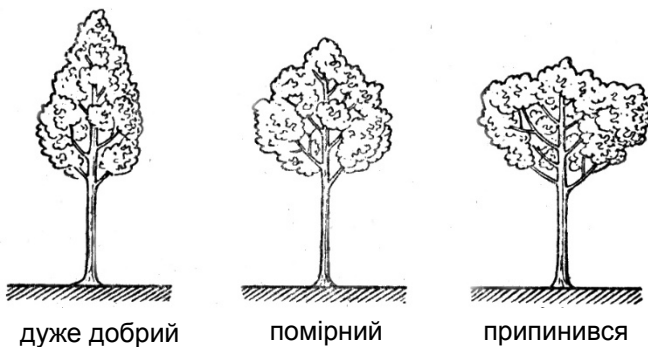


Рис. 13.6. Характер росту дерева

Характер росту дерева, від якого залежить коефіцієнт k , визначають окомірно за характером крони (рис. 13.6). У наведеній формулі коефіцієнт k має такі значення: ріст дерева у висоту повністю припинився – $k = 2,0$; ріст дерева слабкий – $k = 2,4$; ріст дерева помірний – $k = 2,7$; ріст дерева добрий – $k = 3,0$; ріст дерева дуже добрий – $k = 3,3$.

Формула Шнейдера. Із формули (13.14), коли ріст у висоту припинився, а форма не змінюється, можна вивести: $P_V^{пт} = P_g^{пт} = 2P_d^{пт}$. У свою чергу

$$P_d^{пт} = \frac{z_d^{пт} \cdot 100}{d_a} = \frac{2 \cdot z_r^{пт} \cdot 100}{d_a} = 200 \frac{i}{d_a}, \quad (13.16)$$

де $z_r^{пт} = i$ – річний приріст стовбура за радіусом (ширина річного кільця). Звідси

$$P_V^{пт} = 2 \cdot P_d^{пт} = 400 \frac{i}{d_a}, \text{ або у загальному вигляді } P_V^{пт} = K \frac{i}{d_a}, \quad (13.17)$$

де K – коефіцієнт, що враховує енергію росту дерева (визначається за табл. 13.2).

Таблиця 13.2

Значення коефіцієнта K у формулі Шнейдера

Протяжність крони від висоти дерева	Ріст у висоту			
	слабкий	помірний	добрий	дуже добрий
Більше 0,5	470	530	600	670
0,25–0,5	500	570	630	700
Менше 0,25	530	600	670	730

Метод Нікітіна. Відсоток поточного приросту стовбура за об'ємом обчислюється за формулою:

$$P_V^{пт} = P_g^{пт} + P_{hf}^{пт}, \quad (13.18)$$

де $P_{hf}^{пт}$ – відсоток поточного приросту за видовою висотою.

Значення $P_g^{пт}$ і $P_{hf}^{пт}$ одержують за відповідними таблицями (Лісотаксаційний довідник, 2013). Входами до них є періодичний радіальний приріст стовбура і діаметр дерева на висоті 1,3 м без кори ($P_g^{пт}$), а також вік і висота дерева ($P_{hf}^{пт}$).

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть види приросту окремого дерева. Наведіть основні формули, за якими визначають ці прирости.
2. Яке існує співвідношення між середнім і поточним об'ємними приростами окремого дерева? Дайте графічну модель такого співвідношення. Яке практичне значення цієї залежності?
3. Як визначається поточний об'ємний приріст стовбура зрубаного дерева за простою формулою серединного перерізу? Наведіть схему вимірювання необхідних таксаційних показників у разі застосування цього підходу.
4. Як визначається поточний об'ємний приріст на зрубаному дереві за складною формулою серединних перерізів
5. Як визначається об'ємний приріст дерева за бічною поверхнею?
6. У чому полягає принципова відміна методів визначення поточного приросту за об'ємом на зрубаному дереві та дереві, що росте?
7. Яка залежність існує між відсотками поточного приросту за об'ємом, діаметром, висотою та видовим числом? Поясніть теоретичну основу цього зв'язку.
8. Які існують підходи для визначення відсотка поточного об'ємного приросту дерева, що росте? Наведіть приклад їхнього використання.
9. Як за відомим значенням відсотка поточного об'ємного приросту дерева, що росте, знайти абсолютне його значення?

ЛІТЕРАТУРА

1. Антанайтис В. В. Прирост леса [Изд. второе переработанное] / В. В. Антанайтис, В. В. Загреев. – М. : Лесн. пром-сть., 1981 – 200 с.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
3. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
4. СОУ 02.02–37–479 : 2006. Приріст деревний. Класифікація та символіка. – Введ. 26.12.2006. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 14 с.

ТЕМА 14. ТАКСАЦІЯ ПРИРОСТУ ДЕРЕВОСТАНУ

1. Класифікація і термінологія приросту деревостану.
2. Кількісна оцінка величини приросту деревостану за запасом.
3. Визначення поточного приросту деревостану за запасом на постійних і тимчасових пробних площах.
4. Наближені методи визначення приросту.

1. Класифікація і термінологія приросту деревостану. Деревний приріст є одним із найважливіших показників, що характеризують продуктивність лісових насаджень. Під час вивчення цього показника слід дотримуватися єдиної системи класифікації, термінології, символіки деревного приросту, а також відповідних розрахункових формул його кількісної оцінки, затверджених у 2006 році галузевим стандартом України СОУ 02.02–37–479 : 2006.

Необхідно чітко розрізнити поняття приросту і зміни запасу, які можуть суттєво відрізнитися між собою. Загальний приріст – це величина, на яку змінюється запас деревостану з віком; зміна запасу – величина, на яку змінюється значення запасу частини деревостану, що росте. Вони відповідно поділяються на поточний, періодичний і середній прирости та поточну, періодичну і середню зміни запасу.

Поточний і періодичний прирости деревостану за запасом поділяють на два види, які визначаються з урахуванням приросту дерев відпаду (відповідно $Z_M^{пт(в)}$ і $Z_M^{пр(в)}$) і без урахування приросту дерев відпаду (відповідно $Z_M^{пт}$ і $Z_M^{пр}$). Різниця між цими показниками незначна (до 3 %), проте в окремих випадках її треба враховувати.

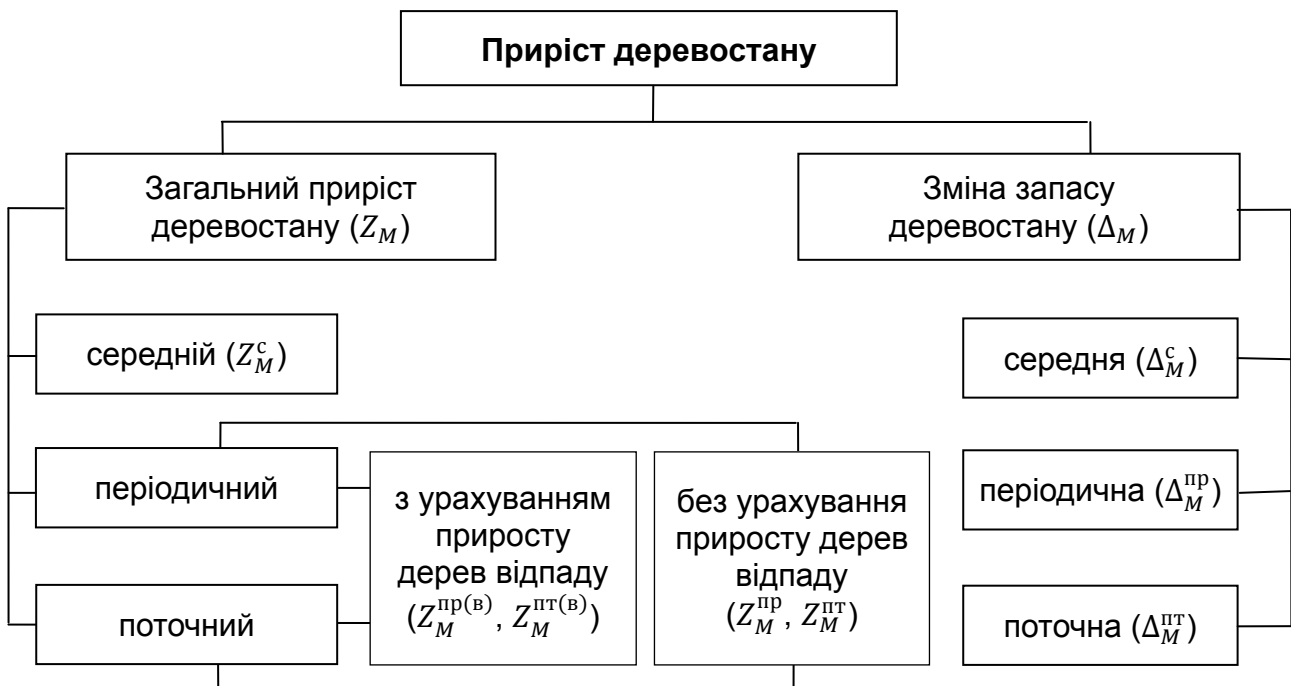


Рис. 14.1. Класифікація деревного приросту

2. Кількісна оцінка величини приросту деревостану за запасом. Формули, на основі яких розраховуються окремі види приростів, дозволяють уточнити відмінності між ними.

Загальний середній приріст деревостану ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) обчислюється за формулою:

$$Z_M^c = \frac{M_A + M_A^B}{A}, \quad (14.1)$$

де M_A – запас деревостану у віці A років, м^3 ;

M_A^B – сума об'ємів стовбурів дерев, що були вирубані або відпали за період життя деревостану до A років, м^3 .

Загальний приріст деревостану з урахуванням приросту дерев відпаду може бути визначений лише на постійних пробних площах. Розрахунки при цьому здійснюються за формулами:

періодичний приріст

$$Z_M^{\text{пр(в)}} = M_A - M_{A-n} + M_n^B, \quad (14.2)$$

поточний приріст

$$Z_M^{\text{пт(в)}} = \frac{M_A - M_{A-n} + M_n^B}{n}, \quad (14.3)$$

де M_{A-n} – запас деревостану n років тому, м^3 ;

M_n^B – сума об'ємів стовбурів дерев, що були вирубані або відпали за n років, м^3 .

На тимчасових пробах визначити величину відпаду за n років неможливо. У цьому випадку для обчислення величини приросту використовуються такі співвідношення:

періодичний приріст

$$Z_M^{\text{пт}} = M_A - m_{A-n}, \quad (14.4)$$

поточний приріст

$$Z_M^{\text{пт}} = \frac{M_A - m_{A-n}}{n}, \quad (14.5)$$

де m_{A-n} – сума об'ємів стовбурів, наявних у деревостані на час визначення приросту, у віці $A-n$ років, м^3 .

Теоретично можна довести, що між результатами обчислення приросту на постійних і тимчасових пробних площах існує незначна різниця, яка дорівнює лише приросту дерев відпаду. Переваги другого підходу (формули (14.4) і (14.5)) полягають у можливості визначення приросту на основі одноразової таксації деревостанів.

Зміна запасу деревостану обчислюється за формулами:

середня

$$\Delta_M^c = \frac{M_A}{A}, \quad (14.6)$$

періодична

$$\Delta_M^{\text{пр}} = M_A - M_{A-n}, \quad (14.7)$$

поточна

$$\Delta_M^{\text{пт}} = \frac{M_A - M_{A-n}}{n}. \quad (14.8)$$

За своїм змістом наведені показники належним чином не відображають біологічного процесу накопичення органічної деревної маси, у зв'язку з чим поняття «приріст» до них застосовувати не варто. На відміну від середньої зміни запасу, яка завжди є додатною величиною, поточна зміна запасу може мати і від'ємне значення (знак мінус вказує на те, що запас деревостану за відповідний період зменшився).

3. Визначення поточного приросту деревостану за запасом на постійних і тимчасових пробних площах. Поточний приріст деревостану за запасом можна встановити шляхом обмірів дерев на постійних і тимчасових пробних площах. Загальне уявлення про ці методи дає рис. 14.1.



Рис. 14.1. Класифікація методів визначення приросту деревостанів

Під час визначення поточного приросту способом повторних обмірів дерев визначають різницю запасів, одержаних при першому і повторному обмірі, та додають суму об'ємів дерев, які були вирубані або відпали за цей період. Із цією метою закладаються постійні пробні площі, на яких здійснюються систематичні спостереження. Всі відмерлі дерева треба своєчасно обліковувати.

У лісогосподарській практиці більшого поширення набули методи визначення поточного приросту деревостанів шляхом одноразового обміру дерев на тимчасових пробних площах. При цьому поточний приріст можна визначити за умови рубки модельних дерев, а також наближено через відсоток приросту.

У першому випадку спочатку необхідно встановити поточний приріст кожної моделі, а потім і всього деревостану. Модельні дерева доцільно відбирати за принципом пропорціонального ступінчастого представництва. Якщо зі

ступеня товщини відбирається одне дерево, то поточний приріст деревостану визначається за формулою:

$$Z_M^{\text{пт}} = \sum_{i=1}^k z_{V_i}^{\text{пт}} \cdot n_i, \quad (14.9)$$

де $z_{V_i}^{\text{пт}}$ – поточний об'ємний приріст одного дерева i -го ступеня товщини, м^3 ;

n_i – кількість дерев в i -му ступені товщини;

k – кількість ступенів товщини.

Із метою знаходження $Z_M^{\text{пт}}$ інколи доцільно скористатися допоміжними графіками – кривою або прямою приростів (рис. 14.2). У цьому випадку $z_{V_i}^{\text{пт}}$ для кожного ступеня товщини можна визначити графічним способом на основі вирівняних вихідних даних.

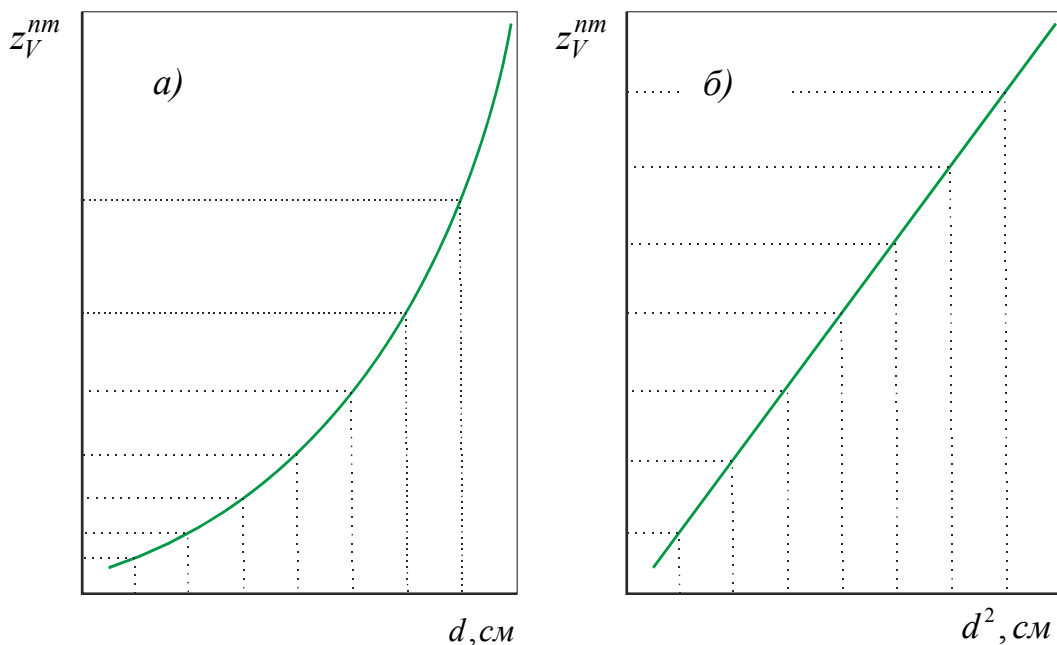


Рис. 14.2. Крива (а) та пряма (б) приростів

За умови, коли в ступенях товщини береться кілька модельних дерев, формула приросту (14.9) набуває такого вигляду:

$$Z_M^{\text{пт}} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{G_i}{\sum g_i} \cdot \sum z_{V_i}^{\text{пт}} \right), \quad (14.10)$$

де G_i – сума площ перерізів дерев i -го ступеня товщини, м^2 ;

$\sum g_i$ – сума площ перерізів модельних дерев i -го ступеня товщини, м^2 ;

$\sum z_{V_i}^{\text{пт}}$ – сума поточних приростів модельних дерев i -го ступеня товщини, м^3 .

Величину поточного приросту деревостану можна також визначити без рубки модельних дерев через відсоток приросту (P_M) з використанням таких співвідношень:

$$Z_M^{\text{пт}} = \frac{P_M \cdot M^{\text{бк}}}{100}, \quad (14.11)$$

$$M^{\text{бк}} = M \cdot \left(1 - \frac{P_K}{100}\right), \quad (14.12)$$

де $M^{\text{бк}}$ – запас деревостану без кори, м³;

P_K – унормоване значення відсотка кори в запасі деревостану, %.

Метод Борггреве. Відсоток приросту за запасом можна розглядати як середньозважене через площу перерізу значення відсотка об'ємного приросту модельних дерев. Він, у свою чергу, може обчислюватися за формулою Шнейдера:

$$P_M = \frac{\sum P_{V_i} \cdot g_i}{\sum g_i} = \frac{\sum K \cdot \frac{Z_{r_i}^{\text{пт}}}{d_i} \cdot 0,7854 \cdot d_i^2}{0,7854 \cdot \sum d_i^2} = K \cdot \frac{\sum Z_{r_i}^{\text{пт}} \cdot d_i}{\sum d_i^2}, \quad (14.13)$$

де P_{V_i} – відсоток поточного об'ємного приросту i -го модельного дерева, %;

g_i – площа перерізу i -го модельного дерева, м²;

d_i – діаметр без кори на висоті 1,3 м i -го модельного дерева, см.

З метою визначення величини P_M треба виміряти в насадженні діаметри на висоті 1,3 м не менше ніж у 10 дерев з різних ступенів товщини, взяти на цій висоті прирісним свердликом керни і визначити за ними товщину кори і ширину 10 річних кілець. На основі одержаних значень далі обчислюють середнє значення ширини річного кільця та величину діаметра без кори.

Метод Нікіміна. Аналогічно до визначення відсотка поточного об'ємного приросту окремого дерева відсоток поточного приросту деревостану за запасом визначається за відповідними таблицями (Лісотаксаційний довідник, 2013) на основі величини відсотка приросту за сумою площ перерізів (P_G) та відсотка приросту за видовою висотою (P_{HF}) деревостану:

$$P_M = P_G + P_{HF}. \quad (14.14)$$

P_G у наведеній формулі є функцією середньоарифметичних діаметра без кори і періодичного радіального приросту модельних дерев.

4. Наближені методи визначення приросту. Існує низка наближених методів визначення приросту деревостану. Найуживанішим є використання таблиць ходу росту нормальних деревостанів. Табличне значення поточного приросту деревостану за запасом ($Z_{1,0}$) необхідно коригувати з урахуванням повноти деревостану (Π), використовуючи одну з формул професора Гергардта:

насадження світлолюбних деревних порід

$$Z_M = Z_{1,0} \cdot (1,7 - 0,7 \cdot \Pi) \cdot \Pi; \quad (14.15)$$

насадження тіневитривалих деревних порід

$$Z_M = Z_{1,0} \cdot (2 - \Pi) \cdot \Pi. \quad (14.16)$$

У виробничих умовах можуть також використовуватися спеціальні таблиці (Лісотаксаційний довідник, 2013), побудовані на основі співвідношень Гергардта, модифікованих із урахуванням результатів експертної оцінки світлолюбності деревних порід (параметр a коливається в межах від 1,7 до 2,0):

$$Z_M = Z_{1,0} \cdot (a - (a - 1) \cdot \Pi) \cdot \Pi. \quad (14.17)$$

Контрольні запитання та завдання

1. *Наведіть класифікацію приросту деревостану та основні розрахункові формули.*
2. *Поясніть різницю між поняттями «поточний приріст» і «поточна зміна запасу» деревостану*
3. *За якою формулою визначається поточний приріст за запасом на постійних пробних площах?*
4. *Як визначається поточний приріст за запасом на тимчасових пробних площах?*
5. *У чому полягає принципова відмінність методів визначення поточного приросту за запасом на постійних і тимчасових пробах? Дайте теоретичне обґрунтування відповіді.*
6. *Викладіть зміст одного з методів визначення приросту деревостану на тимчасових пробних площах з рубкою модельних дерев.*
7. *Назвіть наближені методи визначення поточного приросту деревостану за запасом.*
8. *Поясніть, яким чином на основі відсотка поточного приросту деревостану за запасом можна встановити його абсолютне значення.*
9. *Виведіть формулу Боргреве. Опишіть технологію робіт на пробі за умови використання цього методу визначення приросту деревостану.*
10. *Викладіть зміст методу К.Є. Нікітіна для визначення відсотка поточного приросту деревостану.*
11. *Які таблиці використовуються для визначення поточного приросту деревостану? Наведіть приклади застосування цих таблиць.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Антанайтис В. В. Прирост леса [Изд. второе переработанное] / В. В. Анатнайтис, В. В. Загреев. – М. : Лесн. пром-сть., 1981 – 200 с.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
3. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. – К. : Видавничий дім Вініченко, 2013. – 496 с.
4. СОУ 02.02–37–479 : 2006. Приріст деревний. Класифікація та символіка. – Введ. 26.12.2006. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 14 с.

ТЕМА 15. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ХОДУ РОСТУ ДЕРЕВНОГО СТОВБУРА

1. Зміст і завдання аналізу ходу росту деревного стовбура.
2. Відбір та підготовка модельного дерева для аналізу в натурі.
3. Камеральні роботи.
4. Особливості виконання неповного та повного аналізів ходу росту.

1. Зміст і завдання аналізу ходу росту деревного стовбура. Умови середовища та біологічні особливості деревних порід позначаються на рості дерев, характер якого відтворює динаміка їхніх біометричних параметрів. Аналізом ходу росту деревного стовбура називається спеціальне дослідження, метою якого є встановлення величини таксаційних показників стовбура в різні періоди життя. Результати цих досліджень, узагальнені у вигляді таблиць ходу росту, дозволяють вирішувати низку важливих лісогосподарських задач, пов'язаних із вирощуванням, використанням і обліком лісу, а також мають суттєве значення для пізнання природи лісу. У зв'язку з важливим значенням таких таблиць лісівники займаються їхнім розробленням понад 170 років (Варгас де Бадемар, «Исследования о запасе и приросте лесов в Тульской губернии», 1844 р.).

Найвідповідальнішою частиною робіт з вивчення ходу росту насаджень є принцип відбору об'єктів дослідження і наступне групування вихідних польових матеріалів. У теоретичному відношенні методика вивчення ходу росту чистих одновікових насаджень розроблена на достатньому рівні. Дослідний матеріал рекомендується групувати з урахуванням утворення природних рядів росту і розвитку насаджень, тобто підібрані об'єкти в межах породи повинні відображати ланки єдиного ряду, який характеризується спільним розвитком і ростом насаджень за основними таксаційними показниками – висотою, діаметром, запасом тощо.

Безпосереднє вивчення динаміки таксаційних показників з віком полягає у вирівнюванні та узагальненні їхніх середніх величин, одержаних за результатами обробки дослідних матеріалів. При цьому, за словами К.Є. Нікітіна (1966), щоб відтворити дійсний характер росту, необхідно «вкласти живу природу лісу, яка безперервно змінюється в часі і просторі, в ті чи інші математичні формули, схеми, закони ...».

Аналіз ходу росту включає польові і камеральні роботи.

2. Відбір та підготовка модельного дерева для аналізу в натурі. Польові роботи з відбору та обміру дерев здійснюються на пробних площах. Вибір дерева для аналізу залежить від мети досліджень: в одних випадках відбираються «найкращі» дерева, в інших – середні за розмірами для конкретного насадження.

Відібране модельне дерево спочатку підлягає таксації на корені. При

цьому в спеціальному бланку вказуються розміри проєкцій крони за сторонами світу (пн-пд, зх-сх). Необхідно також описати природну обстановку, в якій зросло дерево (грунт, підріст, підлісок, живий надґрунтовий покрив, інші особливості насадження). Головним чином, заради точного визначення віку, дерево спилують якомога ближче до кореневої шийки, основу стовбура ретельно очищають від підстилки, моху та ґрунту. За допомогою мірної стрічки на ще не зрубаному дереві фіксують відмітку висоти грудей (1,3 м), провівши крейдою лінію по периметру поперечного перерізу стовбура.

Під час зрубання дерева необхідно вжити всіх заходів, щоб запобігти пошкодженню зрізу та розтріскуванню окоренка стовбура. Важливо також після падіння дерева відшукати усі частини стовбура, у тому числі верхівку, яка, як правило, відламується. Якщо після звалювання окремі частини стовбура будуть втрачені, таке дерево краще замінити іншим.

На зрубаному дереві треба обрубати гілки та за допомогою рулетки виміряти відстань до першої мертвої та живої гілки, а також зафіксувати загальну довжину стовбура. Під час вимірювання зазначених параметрів треба досягти узгодженості мітки висоти грудей на дереві з відміткою 1,3 м на рулетці. Також важливо визначити приріст у висоту за п'ять (десять) років: для дерев сосни достатньо відрахувати від верхівки відповідну кількість мутовок і виміряти їхню довжину. З метою контролю зрізують приріст у висоту за відповідний період і підраховують кількість річних кілець – їх повинно бути п'ять (десять).

По всій довжині стовбура проводиться суцільна лінія, яка використовується в подальшому для взаємного орієнтування зрізів. Очищений від гілок стовбур розбивають на секції завдовжки 2 м і крейдою позначають середини цих секцій, тобто всі непарні метри, а також основу верхівки – останній парний метр, на яких будуть випилюватися кружальця для аналізу ходу росту. Залежно від мети дослідження та розмірів дерева може бути прийнята й інша довжина секції.

Випилювати кружальця починають від основи і послідовно переміщуються до вершини, причому перший різ роблять на відмітці, а другий – відступивши вгору залежно від діаметра перерізу на 2–3 см. Якщо переріз потрапляє на мутовку, то кружальце випилюється трохи вище, зафіксувавши цю відмітку для подальшого аналізу. Площина перерізу повинна бути перпендикулярною до поздовжньої осі стовбура. Робочою поверхнею на нульовому зрізі є верхня площина, на всіх інших – нижня.

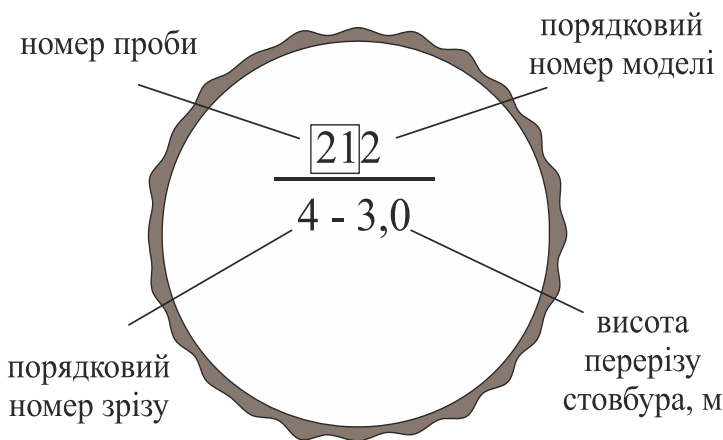


Рис. 15.1. Приклад нумерації зрізів модельного дерева

На робочу поверхню зрізів переносять мітку, яку було проведено на дереві після звалювання. Вона вико-

ристовується для взаємного орієнтування зрізів. Кожному випилянному кружальцю дають відповідний номер, який проставляють на верхньому боці кружальця (нижньому – для нульового зрізу). При цьому зберігається такий порядок нумерації: у чисельнику зазначають номер проби і моделі, а в знаменнику – порядковий номер кружальця і висоту перерізу (рис. 15.1).

3. Камеральні роботи. Камеральні роботи з аналізу ходу росту починаються з проведення на робочій поверхні кожного зрізу двох взаємно перпендикулярних ліній, які проходять через біологічний центр стовбура. Напрямок першої лінії визначається положенням мітки, яку було перенесено на робочу поверхню зрізу. Вздовж цих ліній гострим ножом зачищаються смужки завширшки 1–2 см. Потім здійснюється підрахунок річних кілець за п'ятиріччями (або десятиріччями) з відміткою прийнятих періодів на кожному з чотирьох радіусів. Перш за все, ця робота починається на нульовому зрізі в напрямку від центра до периферії (рис. 15.2). В останній периферійній зоні кількість кілець може виявитися меншою, ніж тривалість прийнятого періоду.

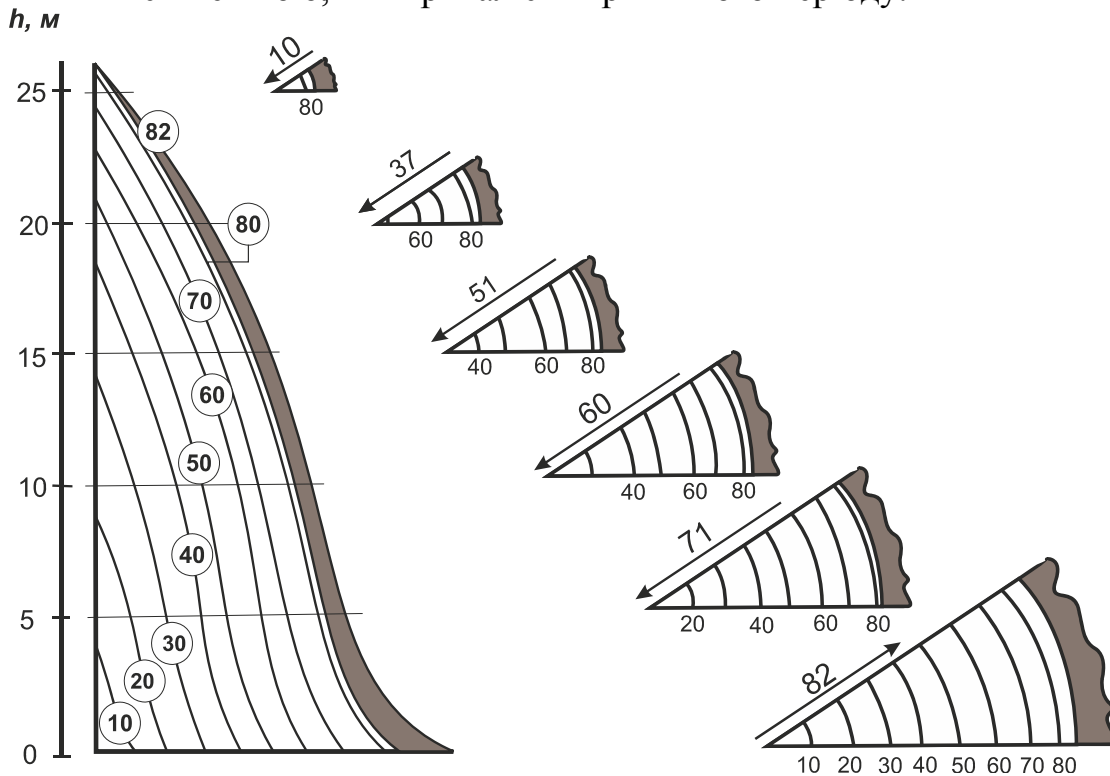


Рис. 15.2 Схема підрахунку річних кілець
на поперечних перерізах

На решті зрізів підрахунок річних кілець ведеться від периферії до центра. Спочатку відкладається неповне п'ятиріччя (десятиріччя), яке одержали на нульовому перерізі, а потім відмічаються повні періоди (рис. 15.3). Загальна кількість кілець записується на кружальці праворуч від мітки і заноситься у відповідні графи бланка аналізу ходу росту.

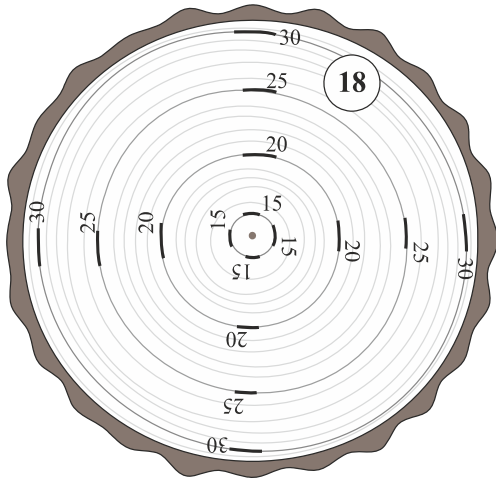


Рис. 15.3. Схема розмітки зрізу модельного дерева

4. Особливості виконання неповного та повного аналізів ходу росту. Залежно від обсягу досліджень прийнято виділяти неповний та повний аналіз ходу росту деревного стовбура. У першому випадку передбачено встановлення особливостей росту стовбура лише за висотою та діаметром.

Хід росту за висотою повністю спирається на результати підрахунку кількості річних кілець на поперечних перерізах. На нульовому зрізі кількість річних кілець відповідає віку дерева. Різниця між кількістю річних кілець на нульовому і будь-якому іншому зрізах відповідає віку,

в якому дерево досягло цієї висоти. З метою виконання наведених розрахунків передбачено спеціальну таблицю бланка аналізу ходу росту деревного стовбура (табл. 15.1).

Таблиця 15.1

Аналіз ходу росту деревного стовбура за висотою

Висота перерізу над шийкою кореня, м		0	1	1,3	3	5	7	9	11	13	15	17	18	19,3
Кількість річних шарів		32	28	27	25	23	21	18	15	12	9	5	3	0
Стовбур досяг цієї висоти у віці		0	4	5	7	9	11	14	17	20	23	27	29	32
Висота стовбура була	у віці	0	5	10	15	20	25	32						
	м	0	1,3	6,0	9,7	13,0	16,0	19,3						

Наприклад, вік дерева становить 32 роки. На зрізі, взятому на висоті 7 м, налічується 21 річне кільце. Різниця з нульовим зрізом становить 11 річних кілець, отже стовбур досяг висоти 7 м у віці 11 років. Обчисливши таким чином вік дерева, в якому воно досягло висоти 1; 1,3; 3; 5 м і т.д., на міліметровому папері будується крива зміни висоти з віком. З цією метою на осі абсцис відкладається вік дерева, коли воно досягло певної висоти, а на осі ординат – значення висоти. Отримані точки сполучаються відрізками прямої лінії (рис. 15.4 а). Якщо лінія має значну ступінчастість, то це вказує на нерівномірність росту дерева у певні періоди його віку або свідчить про помилки в обчисленнях чи підрахунку річних кілець на відповідних зрізах. На основі побудованого графіка можна встановити висоту стовбура у будь-якому віці, який цікавить дослідника.

З метою виконання аналізу ходу росту деревного стовбура за діаметром на зрізі, взятому на висоті грудей, вимірюються діаметри за

п'ятиріччями (десятиріччями) у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Одержані середні значення діаметрів заносяться у відповідний бланк аналізу ходу росту і наносяться на графік (рис. 15.4 б). При цьому на осі абсцис відкладається вік стовбура за прийнятими періодами, а на осі ординат – відповідні їм діаметри. Нанесені на графік точки з'єднуються відрізками прямої. Ця лінія повинна перетинати вісь абсцис в точці, що відповідає віку, в якому стовбур досяг висоти 1,3 м. Побудований таким чином графік відображає характер росту дерева за діаметром на висоті грудей.

З метою виконання повного аналізу ходу росту деревного стовбура на усіх зрізах, аналогічно як і на висоті 1,3 м, вимірюються діаметри, котрі заносяться у відповідний бланк та ілюструються на графіку (рис. 15.4 в).

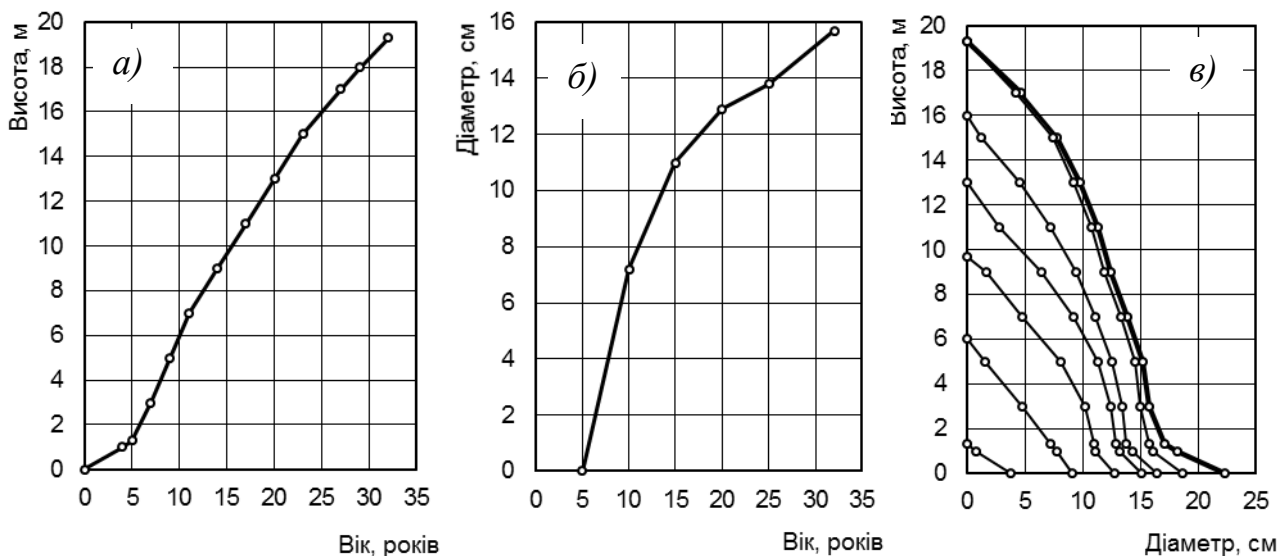


Рис. 15.4. Результати аналізу ходу росту деревного стовбура:

а) – хід росту за висотою; б) – хід росту за діаметром;

в) – поздовжній переріз стовбура

Наступний етап досліджень передбачає обчислення об'єму стовбура за прийнятими віковими періодами з метою виконання ходу росту деревного стовбура за об'ємом. У наведеному прикладі треба знайти, який об'єм мав стовбур у віці 5, 10, 15, 20, 25, 32 років. Для виконання цієї роботи передбачено окремий бланк аналізу ходу росту, в якому зазначаються площі поперечних перерізів на середині секцій, обчислені за відповідними діаметрами. За основу розрахунку об'єму стовбура взято складну формулу серединних перерізів.

Після того, як було встановлено висоти, діаметри, площі поперечних перерізів і об'єми стовбура у певному віці, обчислюються видові числа і виконується аналіз ходу росту стовбура за видовим числом. Характер зміни об'єму стовбура та видового числа з віком ілюструють відповідними графіками (рис. 15.5).

Динаміка приросту за будь-яким таксаційним показником визначається для дерева без урахування кори. Абсолютні і відносні значення поточного приросту у висоту визначаються за формулами:

$$z_h^{nm} = \frac{h_a - h_{a-n}}{n}, \quad (15.1)$$

$$P_h^{nm} = \frac{h_a - h_{a-n}}{h_a} \cdot \frac{100}{n} = \frac{z_h^{nm}}{h_a} \cdot 100, \quad (15.2)$$

де h_a, h_{a-n} – висота стовбура у віці a і n років тому, м;

z_h^{nm} – поточний приріст за висотою, м;

P_h^{nm} – відсоток поточного приросту дерева за висотою, %.

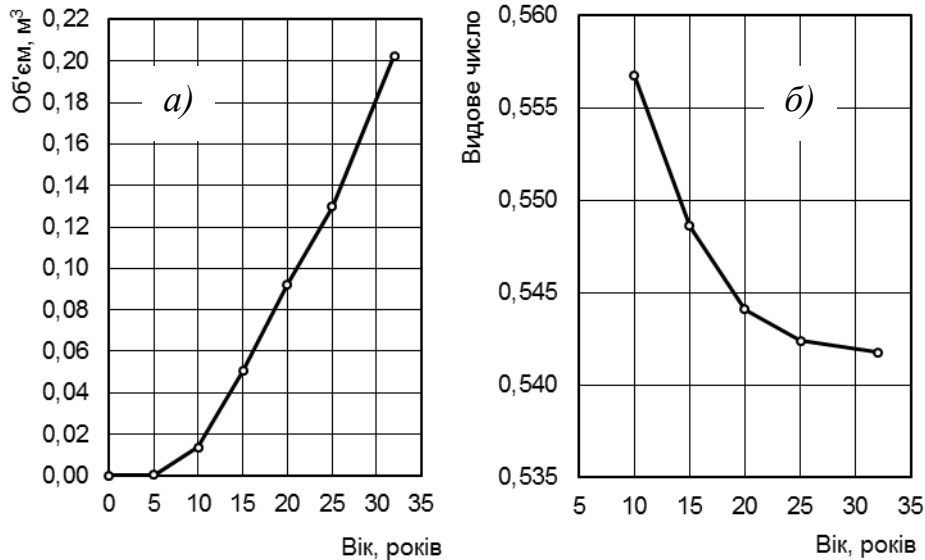


Рис. 15.5. Хід росту деревного стовбура:

а) – за об'ємом; б) – за видовим числом

Поточний приріст за діаметром (на висоті грудей) визначається за аналогічними формулами. Проте, варто пам'ятати, що вивчати цей показник можна лише з того віку (Δ), коли стовбур досягає висоти 1,3 м. У зв'язку з цим, під час розрахунку поточного приросту за діаметром, для першого розрахункового періоду знаменник n , за необхідності, зменшують на величину Δ . На основі обчислених значень приросту будуються графіки (рис. 15.6), які відображають динаміку поточного приросту дерева за висотою і діаметром.

Поточний приріст стовбура за об'ємом визначається за таким же принципом, як і за висотою. У свою чергу, середній приріст обчислюється тільки в абсолютних величинах, виходячи із співвідношення:

$$z_V^{cp} = \frac{V_a}{a}, \quad (15.3)$$

де V_a – об'єм стовбура без кори у віці a років, м³.

За результатами розрахунків будується графік (рис. 15.7), по осі абсцис якого відкладається вік дерева, а по осі ординат – поточний і середній прирости за об'ємом. Додаткова вісь ординат використовується для побудови графіка зміни відсотка поточного приросту стовбура за об'ємом. На відміну від поточного приросту, точки, які відповідають середньому значенню цієї ознаки, а також відсотку поточного об'ємного приросту, повинні знаходитися навпроти відповідного віку.

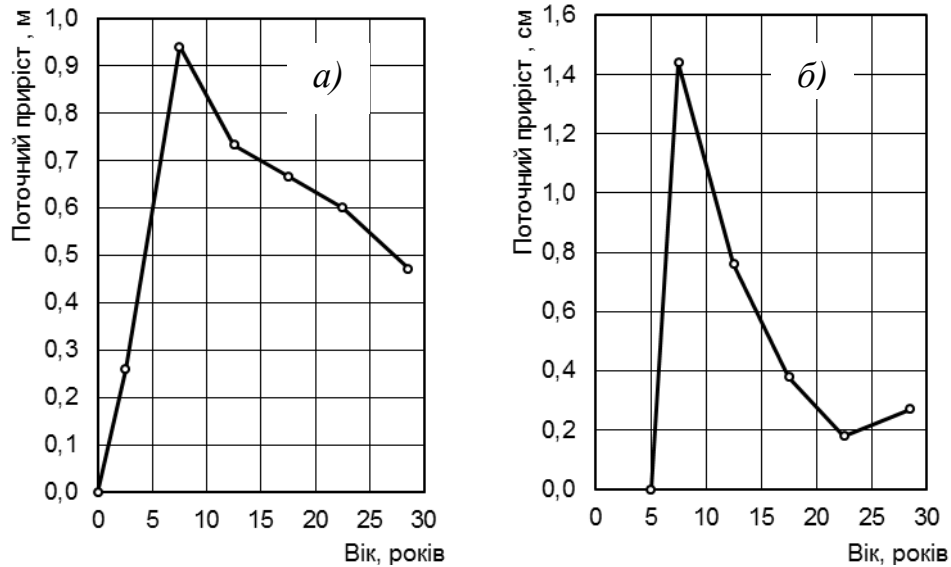


Рис. 15.6. Динаміка поточного приросту:
a) – за висотою, *б)* – за діаметром

Використовуючи побудовані графіки, на заключному етапі робиться висновок про особливості росту дерева у різні періоди. Результати таксації тимчасових пробних площ з даними про хід росту модельних дерев становлять основу дослідного матеріалу для моделювання продуктивності лісових насаджень.

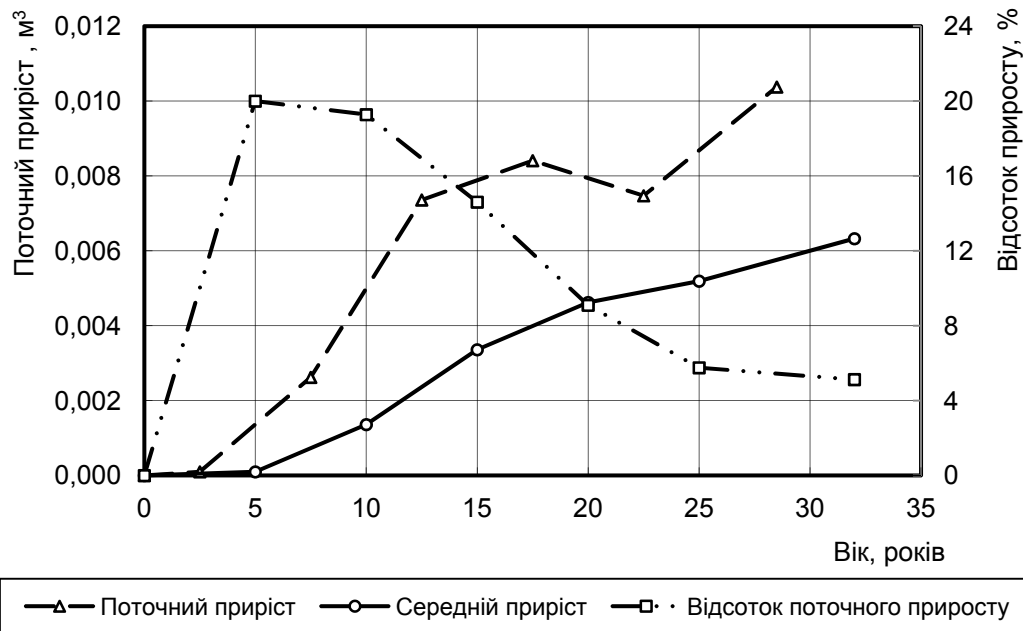


Рис. 15.7. Динаміка об'ємних приростів

Аналіз ходу росту деревних стовбурів за основними таксаційними показниками тісно пов'язаний із важливим методичним підходом під час розроблення таблиць ходу росту деревостанів – вибором «природного» ряду їхнього розвитку, тобто добиранням насаджень зі схожою динамікою таксаційних показників. Старше насадження такого ряду у певному віці повинно характеризуватися комплексом таксаційних показників відповідного молодшого насадження. Висновок про приналежність відібраних насаджень до одного ряду розвитку робиться за результатами аналізу ходу росту найвищих дерев, адже саме такі

дерева не затримувалися в рості, мали протягом усього часу приблизно однаковий ранг у насадженні, а тому їхній ріст цілком залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Для цього в кожному з відібраних насаджень необхідно зрубати модельні дерева і встановити, якої висоти вони досягли у відповідному віці. Якщо різниця висот буде незначною, вважається, що насадження належать до одного «природного» ряду розвитку.

Контрольні запитання та завдання

1. *Коротко викладіть зміст аналізу ходу росту деревного стовбура. З якою метою він виконується?*
2. *Опишіть послідовність польових робіт під час виконання аналізу ходу росту деревного стовбура.*
3. *Які вимоги висуваються до відбору модельного дерева для виконання аналізу ходу росту?*
4. *Наведіть приклад нумерації зрізів модельного дерева. Яким чином здійснюється взаємне орієнтування зрізів?*
5. *Які особливості підрахунку річних кілець на зрізах?*
6. *Скільки річних кілець від периферії відмежовує відмітка 35 років на зрізах деревного стовбура, якщо вік дерева становить 37 років, а аналіз ходу росту виконується за п'ятиріччями?*
7. *Розв'яжіть задачу: вік дерева становить 46 років, на зрізі налічується 22 річних кільця. Скільки річних кілець від центру відмежовує відмітка 40 років, якщо аналіз ходу росту виконується за десятиріччями?*
8. *Які розрахунки передбачає неповний і повний аналіз ходу росту?*
9. *Як прогнозувати зміну висоти дерева з віком? Наведіть приклад і побудуйте відповідний графік.*
10. *Як установити особливості росту дерева за діаметром на висоті грудей? Побудуйте відповідний графік.*
11. *На основі яких даних здійснюється аналіз ходу росту деревного стовбура за об'ємом і видовим числом?*
12. *Наведіть формули за якими розраховуються абсолютні і відносні значення поточного приросту деревного стовбура за діаметром, висотою й об'ємом.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. Лісова таксация : Програма та методичні вказівки до навчальної практики студентів напряму підготовки 6.090103 – «Лісове і садово-паркове господарство». Вид. 2-ге, доп. / НУБіП України ; розроб. : В. В. Миронюк, В. А. Свинчук, О. Г. Маніта. – К., 2014. – 58 с.
3. Никитин К. Е. Лиственница на Украине : Анализ таксационного строения и роста древостоев с использованием электронных цифровых машин / К. Е. Никитин. – К. : Урожай, 1966. – 332 с.

ТЕМА 16. ТАКСАЦІЯ ЛІСОВИХ МАСИВІВ

1. Поняття про лісовий фонд України.
2. Поділ лісового фонду на таксаційні виділи.
3. Методи та нормативи точності таксації лісу.

1. Поняття про лісовий фонд України. Відповідно до Лісового Кодексу України (ЛКУ) всі ліси на території нашої держави, незалежно від того, на землях яких категорій вони зростають та права власності на них, становлять лісовий фонд України, а тому потребують усестороннього обліку. До лісового фонду також належать всі лісові ділянки площею не менше 0,1 гектара.

Важливим під час інвентаризації лісового фонду є питання про склад земель лісогосподарського призначення (рис. 16.1). Законодавством визначено дві категорії таких земель: лісові та нелісові. У ЛКУ визначено, що на лісових землях розташовуються лісові ділянки, які можуть бути вкритими лісовою рослинністю, а також постійно чи тимчасово не вкритими лісовою рослинністю (внаслідок неоднорідності лісових природних комплексів, лісогосподарської діяльності або стихійного лиха тощо). До непокритих лісовою рослинністю лісових ділянок належать незімкнуті лісові культури, лісові розсадники, плантації, лісові шляхи, просіки, лісові протипожежні розриви, лісові осушувальні канали та дренажні системи.



Рис. 16.1. Склад лісового фонду України

Нелісові землі переважно зайняті сільськогосподарськими угіддями, водами й болотами, спорудами, комунікаціями та малопродуктивними землями. Вони непридатні для вирощування лісу, проте можуть використовуватися для потреб лісового господарства.

2. Поділ лісового фонду на таксаційні виділи. Під час таксації лісу територія кожного кварталу розділяється на таксаційні виділи, які є первинними обліковими одиницями. Таксаційний виділ – це обмежена ділянка лісового фонду, однорідна за своєю таксаційною характеристикою, що відрізняється від таксаційних характеристик суміжних ділянок на величину, передбачену нормативами, і вимагає проведення на всій площі однакових господарських заходів. Суміжні ділянки з різними характеристиками можуть об'єднуватися в один виділ, якщо площа одного з них менша від установленого для цієї категорії мінімуму (табл. 16.1). Такі ділянки приєднуються до найближчих за таксаційною характеристикою, ТЛУ, або найбільшого з прилеглих виділів.

Таблиця 16.1

Мінімальна площа таксаційного виділу для різних ділянок лісового фонду, га

Категорія ділянок	Розряд лісовпорядкування	
	1	2
Насадження природного походження	1,0	0,5
Лісові культури	0,5	0,3
Стиглі насадження серед молодняків, молодняки серед стиглих і середньовікових насаджень та інших категорій земель	0,5	0,3
Лісові ділянки, неокриті лісовою рослинністю	0,5	0,3
Угіддя, землі спецпризначення	0,1	0,1

Кожен виділ має характеристику в таксаційному описі та зображується на лісовпорядних планшетах і лісових картах. Поділ кварталу на таксаційні виділи виконується, в першу чергу, за їхньою належністю до лісових або нелісових земель. При цьому до вкритих лісовою рослинністю ділянок відносяться молодняки з повнотою 0,4 і більше та насадження інших вікових груп з повнотою 0,3 і більше, а також ділянки, зайняті чагарниками, на яких можуть бути створені продуктивні насадження або організуються чагарникові господарства.

Поділ лісових ділянок, укритих лісовою рослинністю, на таксаційні виділи здійснюється за умови різниці в основних таксаційних показниках насаджень у межах, які наведено в табл. 16.2. Таксаційна характеристика виділу складається на основі його натурального огляду з просік, візирів та інших ходових ліній, до яких він примикає. Необхідна точність забезпечується, в першу чергу, кількістю окомірних описів виділу в різних пунктах таксації відповідно до встановленого розряду лісовпорядкування. Так, за умови впорядкування лісів за першим розрядом, мінімальна кількість описів залежно від площі виділу буде такою: до 3,0 га – 1; 3,0–10,0 га – 2; понад 10,0 га – 3. Для другого розряду лісовпорядкування зазначені показники будуть удвічі меншими. Кожен новий опис виділу виконується за умови стійкої зміни одного або кількох таксаційних показників порівняно з попереднім пунктом таксації не менше, ніж на одну градацію (табл. 16.2).

Таблиця 16.2

Критерії для виділення насаджень

№	Таксаційний показник насадження	Умови виділення насаджень
1.	Походження	Природне (насіenneве, порослеве) або штучне (лісові культури)
2.	Форма	Прості (однорусні) або складні (дво- і багаторусні) насадження
3.	Склад	За різних основних елементів лісу або за різниці понад 2 одиниці у формулі складу
4.	Вік	За умови різниці на період, який перевищує один клас віку
5.	Бонітет	За різниці на один клас бонітету і більше
6.	Повнота	За різниці повноти для основного елемента лісу 0,2 і більше
7.	Середній діаметр	За різниці середнього діаметра основного елемента лісу на 4 см і більше
8.	Середня висота	За різниці середньої висоти основного елемента лісу на 10 % і більше
9.	Товарність	За різниці кількості ділових дерев основного елемента лісу на 10 % для хвойних і 20 % – для листяних порід

3. Методи та нормативи точності таксації лісу. Під час виконання лісотаксаційних робіт можуть застосовуватися такі методи:

- натурної окомірно-вимірювальної таксації;
- дешифрувальний;
- раціонального поєднання натурної таксації з камеральним дешифруванням аерофотознімків.

Два останніх методи застосовуються для впорядкування лісів, які зазнали значного радіоактивного забруднення (понад 15 Кі·км²). У зв'язку з цим, основним методом таксації, який застосовується на практиці, є окомірно-вимірювальний. Він полягає в сполученні дешифрування аерофотознімків, натурної окомірної таксації з вибірково-вимірювальною і вибірково-перелічувальною таксацією. При цьому для визначення суми площ поперечних перерізів на 1 га закладаються реласкопічні пробні площі або, якщо підріст або підлісок заважають використовувати повнотомір – кругові пробні площі постійного радіуса. Кругові пробні площі можна замінити стрічковими переліками вздовж візирів.

Точність таксації регламентується нормативами допустимих систематичних і випадкових помилок визначення таксаційних показників насадження. В її основі лежать навички окомірної оцінки, набуті під час колективного й індивідуального тренування. У процесі лісотаксаційних робіт необхідно керуватися вимогами, наведеними в табл. 16.3.

Ступінь заокруглення таксаційних показників насадження

№	Таксаційний показник	Одиниця вимірювання	Ступінь заокруглення	
			виробнича таксація	дослідні роботи
1.	Середня висота деревостану	м		
	- за середньої висоти до 5 м		0,5	0,1
	- за середньої висоти понад 5 м		1	0,1
2.	Середній діаметр деревостану	см		
	- за середнього діаметра до 6 см		1	0,1
	- за середнього діаметра до 32 см		2	0,1
	- за середнього діаметра понад 32 см		4	0,1
3.	Запас деревостану	м ³		
	- при запасі на 1 га до 50 м ³		5	1
	- при запасі на 1 га понад 50 м ³		10	1
4.	Повнота деревостану	–	0,05	0,01
5.	Сума площ перерізів на 1 га	м ²	0,5	0,1
6.	Вік елементів лісу	рік		
	- у хвойних молодняках до 10 р., листяних молодняках до 5 р. і культурах, рік створення яких відомий		1	1
	- у насадженнях до 100 р.		5	1
	- у насадженнях понад 100 р.		10	1
7.	Бонітет	клас	1	1
8.	Відсоток ділових дерев	%	5	1

Контрольні запитання та завдання

1. Наведіть приклади лісових і нелісових земель.
2. Сформулюйте визначення поняття «лісовий фонд». Зробіть детальну характеристику вкритих і неvkритих лісовою рослинністю лісових ділянок.
3. Назвіть критерії поділу лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, на таксаційні виділи.
4. Перелічіть основні методи таксації лісових масивів і коротко їх охарактеризуйте.
5. Викладіть основні положення окомірно-вимірювального способу таксації лісових масивів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Ч. 1. Польові роботи. – Ірпінь, 2006. – 75 с.
2. Лісовий кодекс України [зі змінами, внесеними згідно із Законом № 1483-VI (1483–17), 9 черв. 2009] // Відом. Верховної Ради України. – 2009. – № 45. – С. 684.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІСОВОЇ ТАКСАЦІЇ

Одним із важливих етапів переходу до системи сталого інноваційного розвитку є розробка ефективних підходів щодо комплексної екологічної, соціальної та економічної оцінки природних ресурсів. Прийнята на Конференції ООН в Ріо-де-Жанейро 1992 року концепція сталого розвитку задекларувала необхідність гармонізації розвитку людини і природи як найвищу цінність для нинішнього і прийдешніх поколінь. Вона спрямована на інтегрування напрацювань різних галузей наукового знання та практичного досвіду для вироблення узгоджених планів дій у всіх сферах практичної діяльності людини.

Інтенсивне перетворення природного довкілля на антропогенно-природне і навіть штучне зумовлює переорієнтацію споживацьких підходів на збалансоване природокористування, яке ґрунтується на ефективному використанні наявного потенціалу природних ресурсів, зокрема природорегулювальної та природоохоронної ролі лісів. Сформульоване якісно нове бачення лісів зумовило радикальну й стрімку зміну вимог до них, визнання екологічних, рекреаційних, соціокультурних функцій. Тому підсилюється акцент на необхідність надання переваги загальнолюдським цінностям лісових ресурсів порівняно з економічними, збільшується рівень міжнародної співпраці під час розв'язання еколого-економічних проблем лісокористування.

Для суспільства однаково важливими є як лісосировинні функції лісів, так і їхні захисні, рекреаційні, культурні та інші цінності. Проте, у реальному житті лісові ресурси мають різну вартість, що залежить від умов соціально-економічного розвитку суспільства та його культури. Згідно зі ст. 6 Лісового кодексу, до лісових ресурсів, крім деревних, технічних, лікарських чи інших рослин, тварин, належать також корисні властивості лісів (водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі, рекреаційні, естетичні, виховні тощо), які використовуються для задоволення суспільних потреб. Таке розширення переліку ресурсів лісу поставило перед лісівниками складне завдання щодо належного їх оцінювання, обліку, збалансованого і комплексного використання.

Досі оцінюються переважно деревинні ресурси, які мають ринковий попит. Залишаються поза увагою багато цінних біотичних, екологічних та соціально-культурних ресурсів лісу, що не дозволяє застосувати обґрунтовані механізми їхнього раціонального використання. Стимує процес гармонізації економіки, суспільства та охорони довкілля також відсутність належної інформаційної бази про лісові ресурси. Разом зі зміщенням пріоритету в бік екологічних і соціокультурних цінностей лісів зростає актуальність методів еколого-економічного оцінювання усіх видів ресурсів, у тому числі і несировинних, з метою збалансованого їхнього використання для задоволення потреб суспільства.

Принципи сталого розвитку розширюють норми та методи обліку лісових ресурсів, сприяють удосконаленню системи моніторингу та інших інформаційних технологій. Розроблення системи комплексного обліку лісових ресурсів

потребує ретельного вивчення екологічних та соціально-економічних функцій лісів.

Враховуючи сучасні міжнародні стандарти, останнім часом звертається увага на недоліки обліку лісів, його невідповідність критеріям сталого розвитку: циклічність інвентаризації лісів, недосконалість системи актуалізації даних державного обліку лісового фонду; відсутність в чинній системі інвентаризації лісових ресурсів показників, необхідних для оцінювання стану та динаміки ландшафтного різноманіття, екологічного функціонування лісів, їх життєздатності; переважання візуальних оцінок під час таксації насаджень; недостатній рівень екологізації лісооблікових робіт. Одночасно зосереджується увага на необхідності впровадження в систему обліку лісів сучасних методів збору й обробки інформації, розробленні систем моніторингу лісів з використанням аерокосмічної інформації. Усе нагальнішими постають питання опрацювання комплексних підходів, які поєднують у вигляді цілісної системи найвагоміші напрацювання лісової таксації, до яких, безумовно, належать вибірково-статистична інвентаризація та методи обробки й аналізу даних дистанційного зондування Землі.

Отже, в сучасних умовах необхідно намагатися гармонізувати систему обліку лісових ресурсів відповідно до вимог суспільства, зокрема з екологічними та соціально-культурними цінностями. Орієнтирами для подальшого розвитку лісотаксаційної науки і практики є удосконалення методів оцінки несировинних видів ресурсів, запровадження в систему обліку лісів вибірково-статистичних підходів і методів дистанційного зондування Землі.

ЗМІСТ

Передмова	3
Тема 1. Лісова таксація як основна фахова дисципліна.....	4
Тема 2. Геометрія поперечного та поздовжнього перерізів деревного стовбура.....	8
Тема 3. Таксація об'єму стовбура зрубаного дерева	13
Тема 4. Таксація деревної продукції	21
Тема 5. Сучасне інструментальне забезпечення лісотаксаційних вимірювань.....	26
Тема 6. Таксація об'єму стовбурів дерев, що ростуть.....	31
Тема 7. Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень	37
Тема 8. Таксаційна будова насаджень.....	42
Тема 9. Методи таксації запасу насаджень з рубкою модельних дерев.....	49
Тема 10. Таксація лісосічного фонду	55
Тема 11. Вимірювальні методи визначення запасу насаджень	61
Тема 12. Методи вибіркової таксації.....	64
Тема 13. Таксація приросту окремого дерева.....	75
Тема 14. Таксація приросту деревостану.....	83
Тема 15. Основні положення методики аналізу ходу росту деревного стовбура.....	89
Тема 16. Таксація лісових масивів.....	97
Перспективи розвитку лісової таксації	101

Навчальне видання

МИРОНЮК Віктор Валентинович
СВИНЧУК Віктор Адамович

ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ

Конспект лекцій

Підписано до друку 14.03.16
Ум. друк. арк. 6,1
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Зам. № 8374

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55