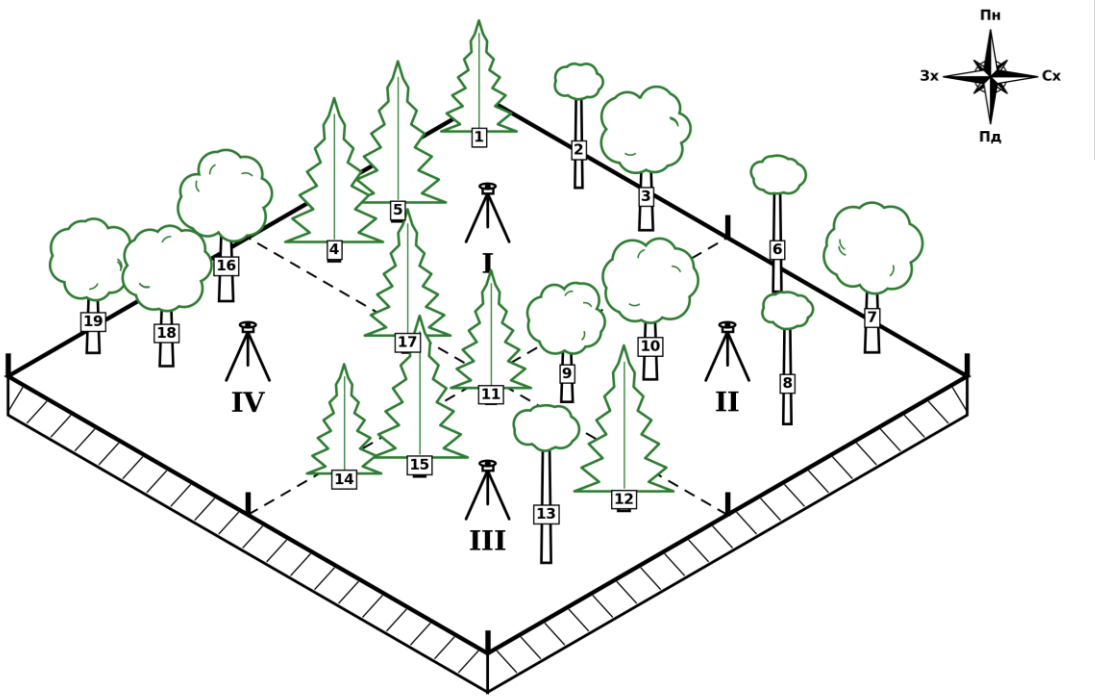
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
(НУБіП України)

03041, м. Київ-41, вул. Героїв оборони, 15;

тел. (044) 527-85-23

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗАКЛАДАННЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ЛІСОВИХ ДІЛЯНОК – МАРТЕЛОСКОПІВ



Київ – 2026

УДК 630*91:378:630*2(091)

Методичні рекомендації розроблено в межах проєкту «Від кризи до стійкості: наближене до природи лісове господарство в Україні» («From Crisis to Resilience with Close-to-Nature Forest Management in Ukraine»), що виконується за фінансової підтримки фонду VELUX STIFTUNG (Швейцарія). Рекомендації спрямовані на запровадження єдиної методики закладання мартелоскопів в Україні. У рекомендаціях викладено послідовність робіт із закладання мартелоскопів, зокрема вибір місця, розбивку ділянки, закріплення точок на місцевості, нумерацію дерев, їх геопросторову прив'язку, панорамну зйомку, камеральне опрацювання й перевірку даних, а також подальше підтримання ділянки. Рекомендації призначені для фахівців лісогосподарських підприємств, науково-педагогічних працівників і здобувачів вищої освіти за спеціальністю Н4 «Лісове господарство», а також для науковців. Рекомендовано до друку науковою радою НДІ лісівництва та декоративного садівництва НУБіП України (протокол № 5 від 12.10.2026 р.).

Автори: О. М. Сошенський, канд. с.-г. наук, доц. (Національний університет біоресурсів і природокористування України); Крістіан Россет, проф. (Бернський університет прикладних наук, Вища школа аграрних, лісових і харчових наук, Швейцарія); Є. В. Кальчук, асистент, аспірант (Національний університет біоресурсів і природокористування України); В. В. Лавний, д-р с.-г. наук, проф. (Національний лісотехнічний університет України); П. П. Дячук, канд. с.-г. наук, доц. (Поліський національний університет).

Рецензент: А. Г. Лащенко, канд. с.-г. наук, доцент кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України.

За додатковою інформацією звертатися до кафедри лісівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України, тел. (044) 527-82-82.

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ 5
1.1. Поняття «Мартелоскоп» 5
1.2. Показники обліку дерев і характеристики ділянки 6
2. ПОЛЬОВІ РОБОТИ 8
2.1. Вибір місця для закладання мартелоскопа 8
2.2. Параметри ділянки 8
2.3. Матеріали та обладнання 9
2.4. Організація робіт 10
2.5. Розбивка ділянки 10
2.6. Закріплення точок на місцевості 13
2.7. Порядок обліку дерев 14
2.8. Нумерація дерев 15
2.9. Геопросторова прив’язка дерев 15
2.10. Вимірювання таксаційних показників дерев 16
2.11. Оцінка якості стовбура, положення дерева в деревостані та деревних мікрооселищ 19
2.12. Панорамна зйомка ділянки 20
3. КАМЕРАЛЬНІ РОБОТИ 26
3.1. Введення польових даних 26
3.2. Перевірка та виправлення даних 27
3.3. Обчислення координат дерев 28
3.4. Обчислення таксаційних показників 29
3.5. Підготовка та завантаження даних на платформу 30
3.6. Опис ділянки та архівування даних 30
4. ТИПОВІ ПОМИЛКИ 31
5. ПІДТРИМАННЯ ДІЛЯНКИ 34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 36
ДОДАТКИ 37

ВСТУП

Сьогодні лісівнича практика переходить від управління великими лісовими масивами до управління окремими ділянками та до лісівництва, зосередженого на окремих деревах. Такий підхід відповідає принципам наближеного до природи лісового господарства та європейським стандартам, зокрема Лісовій стратегії ЄС до 2030 року (EU Forest Strategy for 2030) і настановам процесу Forest Europe. Збереження лісу та його стійкість до змін клімату й наслідків війни значною мірою залежать від того, яке дерево лісівник обирає для рубки, а яке залишає рости. Різні фахівці оцінюють одне й те саме насадження по-різному, не маючи інструменту для наочного порівняння результатів. Цю проблему допомагають розв’язати мартелоскопи – спеціальні демонстраційні лісові ділянки, на яких кожне дерево виміряно, пронумеровано та нанесено на карту. Ідея мартелоскопа виникла у Франції та набула розвитку в європейській мережі Integrate, яку координує Європейський інститут лісу (EFI). Завдяки цифровим інструментам (мобільному застосунку MSC Mobile та платформі martelage.sylvotheque.ch) лісівники й науковці можуть виконувати віртуальний відбір і маркування дерев на планшеті чи смартфоні та одразу бачити наслідки своїх рішень: як змінюються запас деревини, економічний дохід і показники біорізноманіття.

Ці методичні рекомендації підготовлено в межах проєкту «Від кризи до стійкості: наближене до природи лісове господарство в Україні» за підтримки фонду VELUX STIFTUNG. У рекомендаціях поєднано підходи EFI, досвід Бернського університету прикладних наук (BFH-HAFL) та вітчизняні правила таксації лісу. Рекомендації містять покроковий алгоритм робіт: від вибору ділянки та її розбивки до обміру дерев, створення сферичних панорам і перевірки даних. Рекомендації призначені для фахівців лісового господарства, викладачів, науковців і здобувачів вищої освіти лісівничих спеціальностей.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Поняття «Мартелоскоп»

Мартелоскоп – це демонстраційна лісова ділянка, на якій усі дерева пронумеровано, закартовано та описано за основними таксаційними показниками (Kraus et al., 2018). Для такої ділянки створюють цифрову модель, у якій для кожного дерева зазначено координати, деревний вид, діаметр, висоту, стан та інші характеристики. Ці дані вносять до спеціально розробленого програмного забезпечення (https://martelage.sylvotheque.ch). Воно дає змогу безпосередньо в насадженні виконувати віртуальний відбір дерев у рубку й одразу оцінювати господарські та екологічні наслідки ухвалених рішень. Отже, мартелоскоп поєднує польові спостереження з цифровими засобами аналізу та візуалізації лісових насаджень.

Термін «мартелоскоп» походить від французького *«martelage»* (маркування, відбір дерев у рубку) та давньогрецького «skopein» (дивитися, розглядати). Ідею мартелоскопа як інструменту вивчення поведінки лісівника під час відбору дерев першими запропонували у Франції Асоціація різновікових лісів (Association Futaie Irrégulière, AFI) та AgroParisTech-ENGREF (м. Нансі) (Bruciamacchie et al., 2005; Pommerening et al., 2018). Надалі концепцію розвинули в межах проєкту Integrate+ і європейської мережі мартелоскопів Integrate Network, яку координує Європейський інститут лісу (EFI).

Класичний мартелоскоп – ділянка розміром 100 × 100 м, тобто площею 1 га, хоча за потреби її площа може бути іншою. Такі ділянки закладають у репрезентативних типах лісу, щоб вони якнайповніше відображали властивості певного насадження. Місце закладання визначають залежно від мети навчання, наприклад підвищення продуктивності насаджень, збереження біорізноманіття, формування мішаних лісів тощо.

Мартелоскоп призначений для моделювання різних варіантів лісівничих заходів: рубок догляду, рубок головного користування, реконструктивних рубок тощо. Повні дані про кожне дерево дають учасникам змогу виконувати вправи з відбору дерев у рубку. Після вправи вони порівнюють свої рішення та оцінюють їхні наслідки для структури, продуктивності й екологічного стану насадження. Від звичайної пробної площі мартелоскоп відрізняється насамперед тим, що це тренувальна ділянка, на якій дерева не рубають, а всі рішення залишаються віртуальними. Тому одну й ту саму ділянку можна використовувати багато років з різними групами слухачів, щоразу порівнюючи їхні підходи. Це дає змогу розвивати практичні навички ухвалення лісівничих рішень у реальних умовах, не завдаючи шкоди лісу.

1.2. Показники обліку дерев і характеристики ділянки

Перелік параметрів, які реєструють на мартелоскопі, сформовано відповідно до методики європейської мережі мартелоскопів Integrate+ (Kraus et al., 2018) та швейцарської методики закладання постійних навчальних ділянок BFH-HAFL (BFH-HAFL, 2022). Для кожного дерева визначають місце розташування, деревний вид, стан, діаметр на висоті 1,3 м, висоту, якість стовбура та наявність деревних мікрооселищ. Ці дані дають змогу оцінити як господарську, так і екологічну цінність кожного дерева, що є основою навчальних вправ із відбору дерев у рубку. Додатково визначають положення дерева в деревостані, яке є ключовим показником під час навчання відбору дерев. Крім того, для ділянки загалом збирають відомості про лісорослинні умови та таксаційну характеристику насадження. Перелік параметрів окремого дерева та ділянки наведено в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1

Параметри окремого дерева

Параметр	Призначення
Номер дерева	Ідентифікація дерева в натурі та в базі даних
Розташування дерева (азимут і відстань від точки вимірювання)	Побудова карти розміщення дерев, аналіз просторової структури насадження
Деревний вид і стан (живе/сухостійне)	Склад насадження, розрахунок запасу та екологічної цінності
Діаметр на висоті 1,3 м	Розподіл дерев за ступенями товщини, розрахунок об’єму та господарської цінності; обліковують дерева діаметром від 8 см
Висота дерева	Розрахунок об’єму, оцінка стійкості дерева
Якість стовбура	Оцінка господарської цінності дерева
Деревні мікрооселища (дупла, рани, мертві гілки, плодові тіла грибів тощо)	Оцінка екологічної цінності дерева
Положення дерева в деревостані	Місце дерева у вертикальній структурі насадження

Таблиця 1.2

Параметри ділянки та насадження

Параметр	Призначення
Опис ділянки	Місцезнаходження, рельєф, тип лісорослинних умов, ґрунт, кліматичні показники
Таксаційна характеристика насадження	Склад, вік, повнота, верхня висота, історія господарювання
Приріст	Прогноз розвитку насадження до та після віртуального відбору дерев
Ціни на деревину	Розрахунок господарської цінності дерев

2. ПОЛЬОВІ РОБОТИ

2.1. Вибір місця для закладання мартелоскопа

Мартелоскоп закладають у насадженні, репрезентативному для регіону або лісогосподарського підприємства за складом порід, віковою структурою, типом лісорослинних умов і системою господарювання. Насадження має відповідати меті навчання (рубки догляду або рубки головного користування, формування різновікових насаджень, відбір дерев-насінників тощо), щоб відбір дерев був предметом обґрунтованої фахової дискусії. Бажано, щоб насадження мало мішаний склад і містило дерева різних розмірів, з різною якістю стовбурів і наявністю деревних мікрооселищ.

На період використання ділянка має залишатися без господарського втручання, або таке втручання має відповідати меті мартелоскопа (наприклад, сприяння природному поновленню, формування високотоварних стовбурів тощо). На ділянці не повинно бути запланованих заходів, не пов'язаних із веденням лісового господарства (наприклад, прокладання доріг). Закладання мартелоскопа погоджують із постійним лісокористувачем, щоб урахувати ділянку під час планування господарської діяльності. Ділянка має бути доступною для групи з 15-20 осіб, безпечною (без аварійних сухостійних дерев і зависаючих гілок уздовж маршрутів руху) та розташованою на схилі крутизною не більше 20-25°, оскільки на крутіших схилах ускладнюються вимірювання та переміщення групи. Бажано, щоб ділянка була розташована недалеко від дороги, це полегшує доїзд групи на заняття.

2.2. Параметри ділянки

Стандартний мартелоскоп європейської мережі Integrate+ має площу 1 га і форму квадрата 100×100 м (Kraus et al., 2018). Такий розмір забезпечує порівнянність даних з іншими ділянками мережі. Ділянку за можливості орієнтують сторонами вздовж осі північ – південь і поділяють на чотири квадрати 50 × 50 м, які нумерують за годинниковою стрілкою, починаючи з північно-західного напряму. В однорідних насадженнях допускаються інші розміри та форма ділянки (наприклад, прямокутник 125×80 м або квадрат 50×50 м), але коротша сторона ділянки не повинна бути меншою за верхню висоту насадження.

Перед розбивкою ділянку оглядають і переконуються, що її межі не перетинають дороги, просіки, водотоки чи межі насаджень іншого типу. На цьому ж етапі окомірно оцінюють кількість дерев, за середньої повноти на 1 га, як правило,

припадає 300-600 дерев діаметром від 8 см. Від цієї кількості залежать витрати часу на польові роботи.

2.3. Матеріали та обладнання

Перелік приладів та інструментів, необхідних для закладання мартелоскопів, наведено в таблиці 2.1, витратних матеріалів і допоміжного обладнання – у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

Прилади та інструменти

Прилад, інструмент	Призначення
Бусоль на штативі	Розбивка ділянки, вимірювання азимута до кожного дерева
Ультразвуковий або лазерний висотомір-далекомір	Вимірювання висот дерев і горизонтальних відстаней
Вимірювальна стрічка (20 м або 50 м)	Розбивка меж ділянки, вимірювання відстаней
Мірна вилка, мірна стрічка для дерев	Вимірювання діаметрів дерев
GNSS-приймач або смартфон	Визначення координат центру та кутів ділянки
Фотоапарат зі штативом і панорамною головкою	Панорамна зйомка ділянки

Таблиця 2.2

Витратні матеріали та допоміжне обладнання

Матеріал, обладнання	Призначення
Віхи	Тимчасове позначення точок під час розбивки
Кілки або металеві профілі	Постійне закріплення кутів, центрів квадратів і центру ділянки
Фарба-спрей (біла та сигнальних кольорів)	Нумерація дерев, позначення місця обміру діаметра, кілків і сигнальних точок
Дротяна щітка, струг (шкребок), крейда	Підготовка місця для нанесення номера, позначення облікованих дерев
Бланки польових відомостей або польовий планшет	Запис даних обліку до польової відомості (додаток 1)
Польовий довідник деревних мікрооселищ, шкала класів якості стовбурів	Ідентифікація мікрооселищ і оцінка якості стовбурів (Bütler et al., 2024)
Сигнальні жилети, аптечка	Безпека праці бригади

2.4. Організація робіт

Польові роботи виконують послідовними етапами: розбивка ділянки, закріплення точок на місцевості, нумерація та обмір дерев, геопросторова прив’язка дерев, вимірювання висот, оцінка якості стовбурів, положення дерев у деревостані і деревних мікрооселищ. Кожен етап виконують повністю в межах однієї частини ділянки (квадрата або сектора обліку від однієї точки вимірювання) і лише після цього переходять до наступної. Орієнтовну кількість виконавців наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Кількість виконавців за етапами робіт

Етап робіт	Мінімум осіб	Рекомендовано
Розбивка ділянки в натурі	2	3
Закріплення точок на місцевості	2	3
Нумерація дерев, визначення виду, вимірювання таксаційних показників дерев, геопросторова прив’язка дерев	3	4
Оцінка якості стовбурів, визначення дерев мікрооселищ	2	2

У бригаді з чотирьох осіб виконавець 1 наносить фарбою номери дерев і позначає рискою висоту 1,3 м; виконавець 2 з транспондером (або відбивачем) і геодезичною віхою переходить від одного дерева до іншого; виконавець 3 працює з приладами (бусоллю, далекоміром тощо) у центрі квадрата 50 × 50 м; виконавець 4 веде записи та контролює послідовність номерів дерев і результатів вимірювань, щоб уникнути випадкових помилок. У бригаді з трьох осіб роботу виконавця, який проводить вимірювання з центру, і виконавця, який веде записи, можна поєднувати. Оцінку якості стовбурів і мікрооселищ доцільно доручати найбільш підготовленому виконавцю; зазвичай її виконує працівник, який із транспондером або віхою підходить до кожного дерева. Висоти дерев та інші показники вимірюють після завершення основного циклу робіт; за наявності приладів висоти можуть вимірювати всі виконавці, але записи веде одна особа.

2.5. Розбивка ділянки

Ділянку розбивають за допомогою приладу, який дає змогу вимірювати горизонтальні кути (азимути), наприклад бусолі, та інструменту для вимірювання

відстаней (цифрового далекоміра чи мірної стрічки), а також віх і кілків у такій послідовності:

1) окомірно (наприклад, кроками) оцінюють, чи вписується ділянка в межі насадження;

2) прокладають зовнішні межі ділянки за азимутами, з внутрішніми кутами 90°, і встановлюють віхи через кожні 50 м;

3) прокладають внутрішні межі між квадратами, також установлюючи віхи через кожні 50 м;

4) після перевірки розбивки віхи замінюють постійними кілками, кілки периметра фарбують яскравою фарбою;

5) визначають центри квадратів на перетині їхніх діагоналей, на відстані 35,36 м від кутів (для квадрата 50×50 м), і позначають їх кілками (рис. 1).

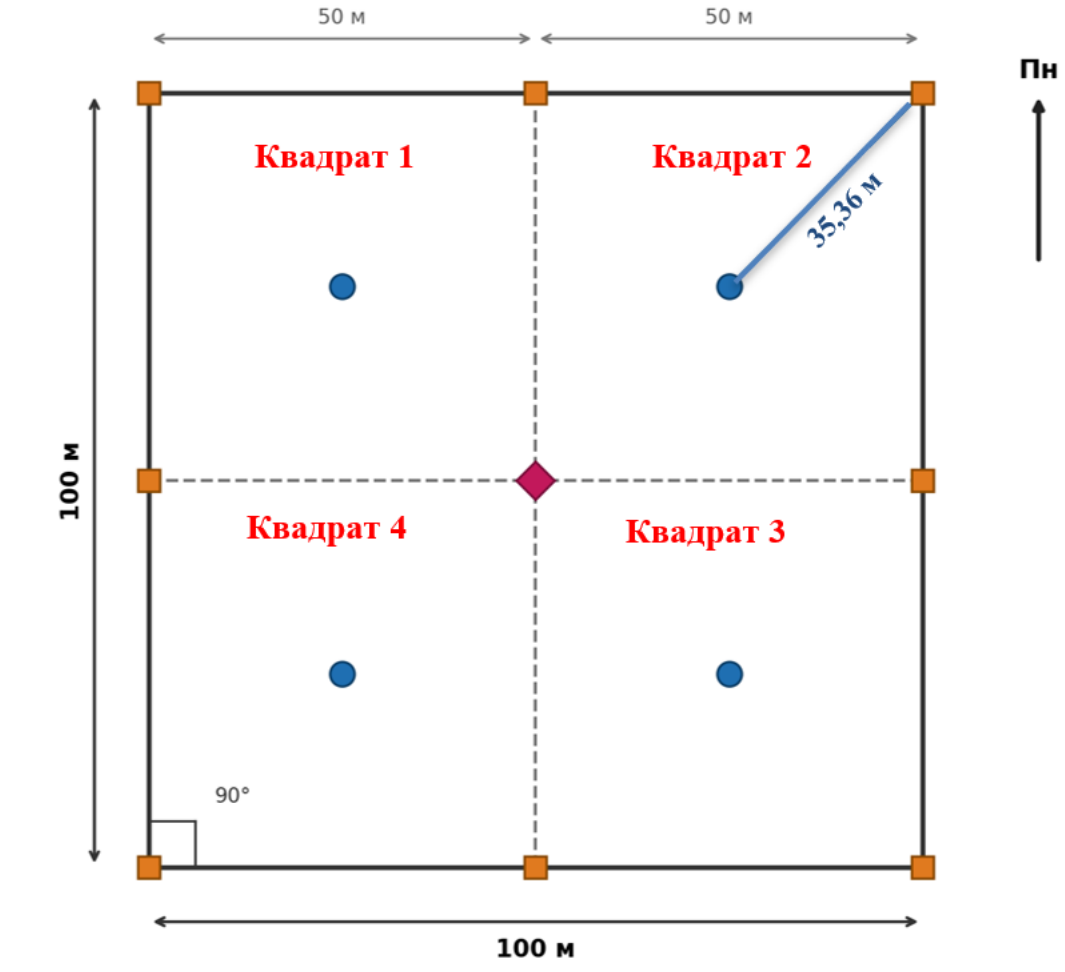


Рисунок 1. Схема розбивки мартелоскопа площею 1 га

Правильність розбивки контролюють вимірюванням діагоналей квадратів, у правильно розбитому квадраті вони рівні між собою (35,36 м). Якщо діагоналі

помітно відрізняються, межі коригують або розбивають повторно. На схилах усі відстані відкладають у горизонтальній проєкції, інакше фактична площа ділянки буде меншою за розрахункову. Якщо стрічку неможливо тримати горизонтально, відстань відкладають уздовж поверхні з поправкою на кут схилу (додаток 2).

Ділянку можна також розбивати від центру. Такий спосіб застосовують, коли облік дерев ведуть від центру та кутів без поділу на квадрати, а також для розбивки окремого квадрата. Кути задають полярними координатами від центру: азимутом і горизонтальною відстанню, що дорівнює половині діагоналі квадрата (35,36 м для квадрата 50×50 м; 70,71 м для 100×100 м). Загальну послідовність робіт наведено на рис. 2.

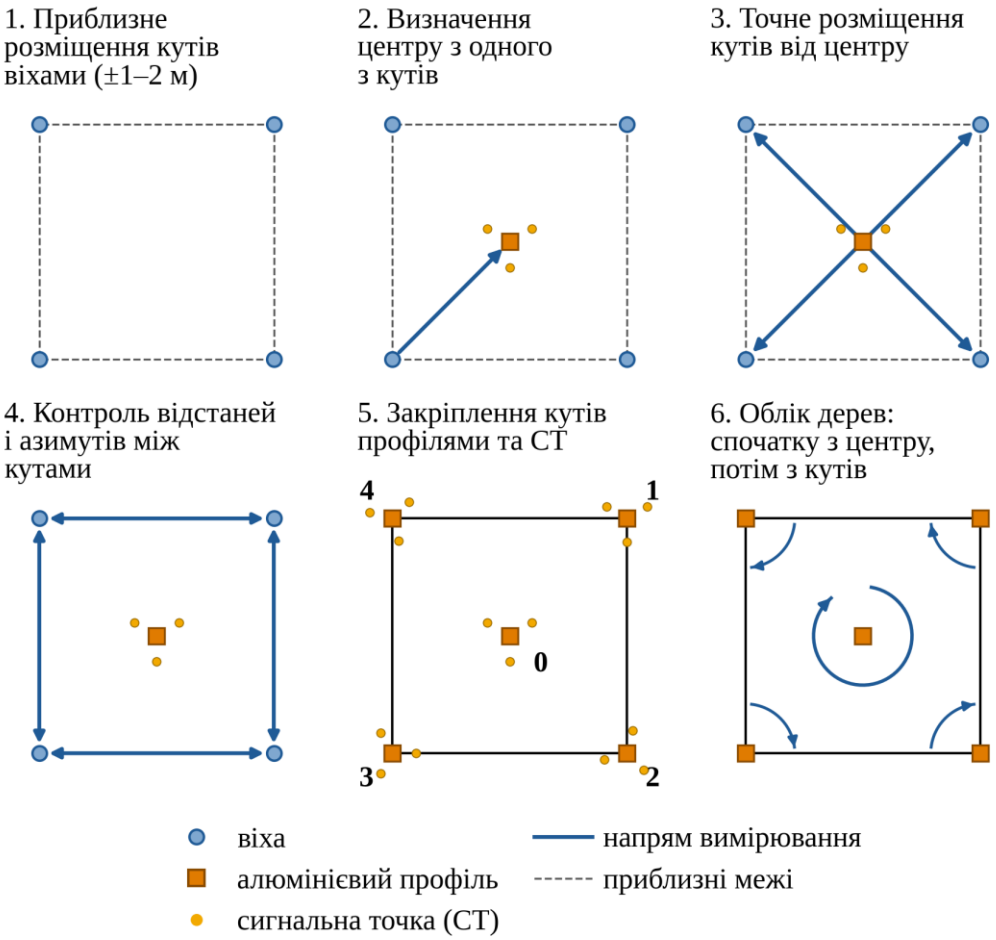


Рисунок 2. Послідовність розбивки ділянки від центру за азимутами та відстанями

Розбивку від центру виконують у такій послідовності:

1) приблизно позначають кути віхами (з точністю ±1-2 м), визначаючи напрямок бусоллю, а відстань – стрічкою в горизонтальній проєкції (на схилі – з поправкою за додатком 2);

2) установлюють бусоль на одному з кутів і визначають напрямок на центр ділянки, що становить 45° відносно сторони, яка виходить із цього кута;

3) у цьому напрямку відкладають горизонтальну відстань, що дорівнює половині діагоналі, і встановлюють віху в центрі ділянки;

4) уточнюють положення центру, за потреби зсуваючи його на 1-2 м: центр не повинен бути надто близько до дерева, а лінії візування від центру до всіх кутів мають бути вільними;

5) закріплюють центр алюмінієвим профілем (або металевим), записують його GNSS-координати та точність їх визначення, установлюють три сигнальні точки (п. 2.6);

6) визначають точне положення кутів, відкладаючи від центру половину діагоналі квадрата, а між напрямками на сусідні кути – кут 90°;

7) установлюють штатив із бусоллю та транспондером точно над профілем центру й розпочинають вимірювання.

Для ділянки 100×100 м половина діагоналі (70,71 м) перевищує довжину стандартної 50-метрової стрічки, тому її відкладають двома відрізками через проміжну віху на тому самому азимуті.

2.6. Закріплення точок на місцевості

Центр ділянки та її кути закріплюють алюмінієвими П-подібними профілями, які забивають урівень із поверхнею ґрунту, щоб уберегти їх від пошкодження технікою та вилучення сторонніми особами. Для відновлення кожної з цих точок установлюють по три сигнальні точки (СТ). Їх розміщують трикутником навколо закріплюваної точки на довговічних об’єктах: біля кореневої шийки дерев, які довго зберігатимуться, на скелях або великих каменях.

Місце позначки зачищають дротяною щіткою й наносять пляму помаранчевої сигнальної фарби діаметром 10-12 см, повернену до закріплюваної точки. Для кожної СТ вимірюють азимут від точки та відстань від профілю до центру плями з точністю до 1 см, а також записують її опис: номер дерева, якщо воно росте на ділянці, або породу й діаметр, якщо поза нею (рис. 3).

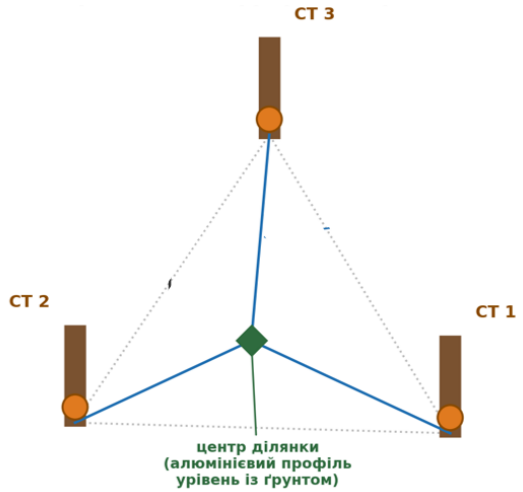


Рисунок 3. Позначення центру трьома сигнальними точками

2.7. Порядок обліку дерев

Обліку підлягають усі живі та сухостійні дерева діаметром на висоті 1,3 м не менше 8 см, центр стовбура яких розташований у межах ділянки. Дерева обліковують секторами – від точки вимірювання (зазвичай центру квадрата), до якої прив'язують усі дерева сектора (рис. 4). Якщо ділянку на квадрати не поділяли, облік починають із центру (обліковують усі дерева, які видно з центральної точки), а після цього послідовно переносять прилад на кути 1-4 і вимірюють решту дерев, які не вдалося облікувати з центру.

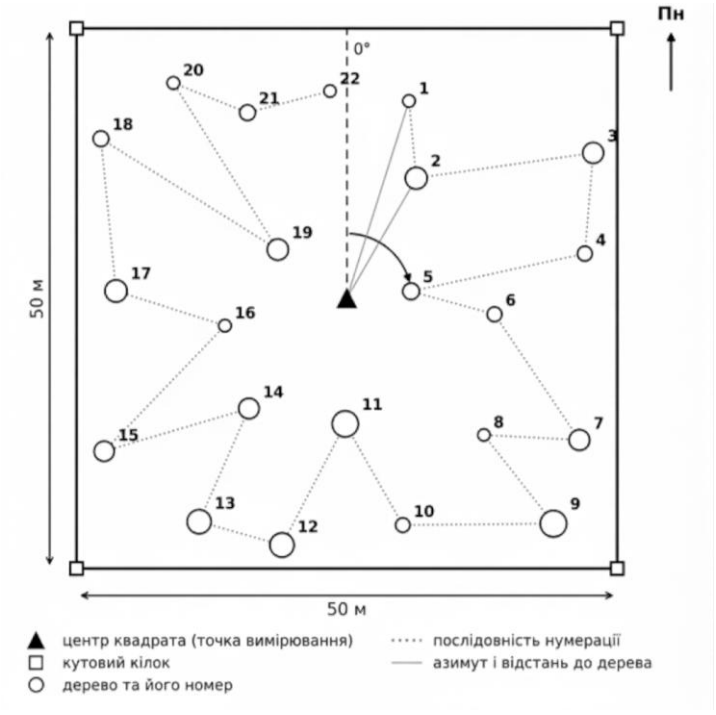


Рисунок 4. Порядок нумерації дерев від точки вимірювання в межах квадрата

2.8. Нумерація дерев

Дерева нумерують наскрізно в порядку обліку, за зростанням азимута, починаючи від напрямку на північ (0°). Номер наносять білою фарбою на висоті очей з боку точки, від якої дерево обліковували. Цифри мають бути якнайменшими, але читатися з відстані 10 м або більше. На тонких стовбурах їх пишуть одна під одною (рис. 5). Поверхню, вкриту мохом чи лишайниками, попередньо зачищають дротяною щіткою. Щоб не пропустити дерево й не облікувати його двічі, зворотний бік облікованого стовбура можна позначати крейдою.



a) *b*) *c*)

Рисунок 5. Приклад нанесення номера на стовбурі: *a*) товстий стовбур, число нанесено горизонтально; *b*) тонкий стовбур, число нанесено вертикально; с) число нанесено «по колу» і не читається здалеку

2.9. Геопросторова прив’язка дерев

Положення кожного дерева визначають у полярних координатах – за азимутом і горизонтальною відстанню від точки вимірювання до дерева, які під час камерального опрацювання перераховують у прямокутні координати. Відстань вимірюють до лівого краю стовбура (з погляду від точки вимірювання), а азимут – на центр стовбура (рис. 6). Край стовбура всі виконавці бачать однаково, тому такий спосіб зменшує розбіжності між вимірюваннями.

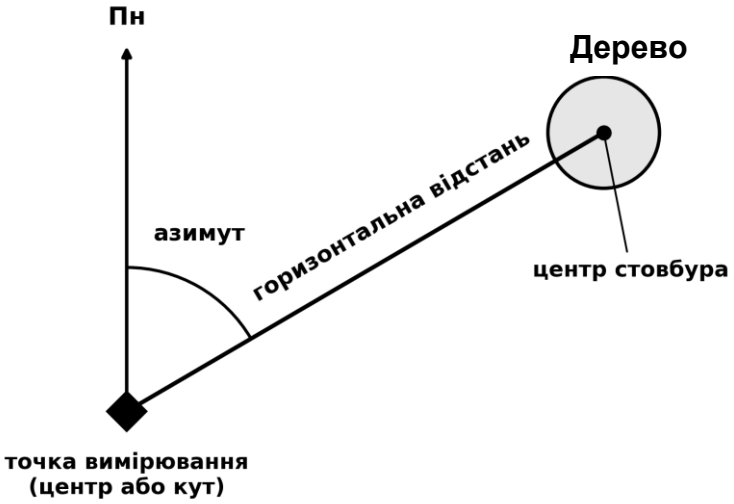


Рисунок 6. Схема вимірювання азимута та відстані до стовбура

Штатив із бусоллю та транспондером установлюють точно над профілем центру або кута. Горизонтальну відстань вимірюють ультразвуковим або лазерним далекоміром з точністю до 1 см, розміщуючи прилад біля лівого краю стовбура; висота приладу над землею на результат не впливає. Азимут визначають бусоллю, візуючи на центр стовбура на висоті 1,3 м або на віху, встановлену перед стовбуром. Номер дерева, азимут і відстань заносять до польової відомості.

2.10. Вимірювання таксаційних показників дерев

Вимірювання діаметра на висоті 1,3 м

Діаметр вимірюють на висоті 1,3 м від кореневої шийки з точністю до 0,5 см. На кожному дереві вимірюють два взаємно перпендикулярні діаметри: перший – мірною вилкою, спрямованою на точку вимірювання, другий – перпендикулярно до нього. До відомості заносять обидва значення, а середнє обчислюють під час камерального опрацювання. Діаметр можна також визначати за довжиною кола стовбура, виміряною мірною стрічкою, з подальшим перерахунком під час камерального опрацювання за формулою:

$$d = C / \pi, \qquad (2.1)$$

де d – діаметр, см; C – довжина кола стовбура на висоті 1,3 м, см; $\pi \approx 3{,}1416$.

Правила вимірювання діаметра в складних випадках наведено на рисунку 7 (Düggelin et al., 2020).

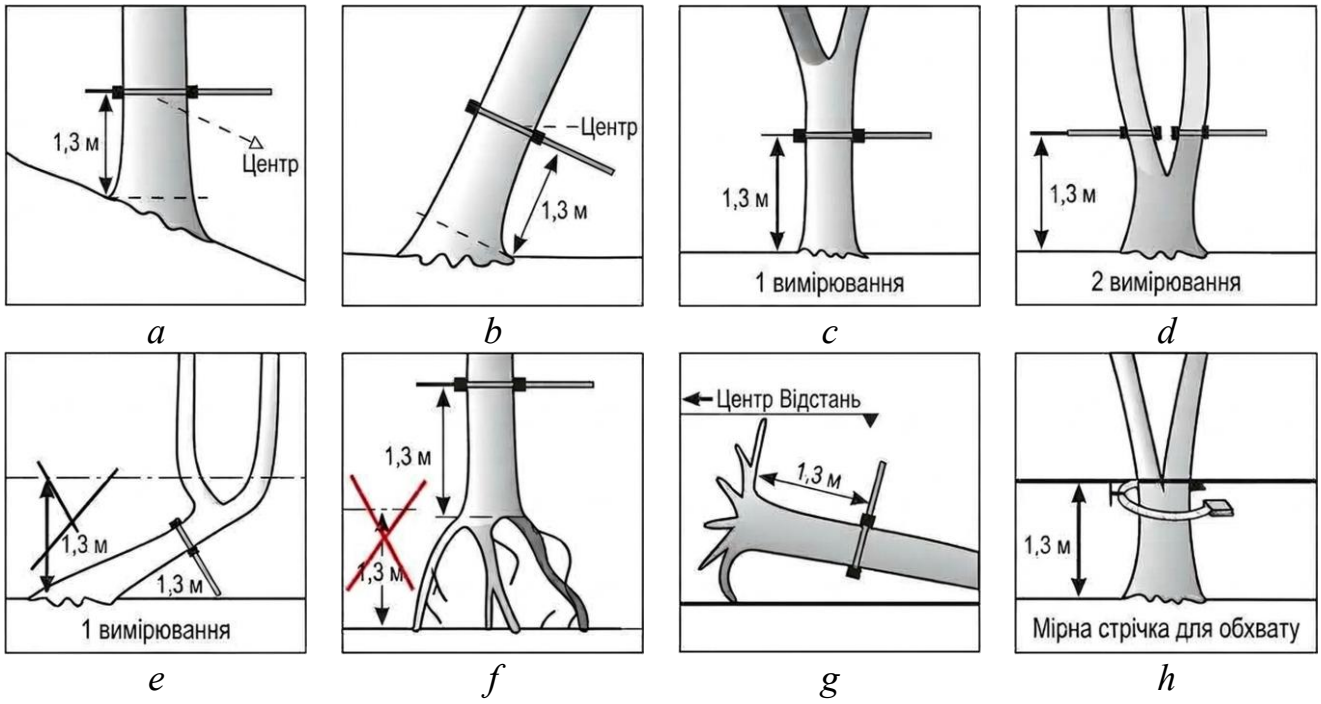


Рисунок 7. Правила вимірювання діаметра на висоті 1,3 м у складних випадках: *a* – дерево на схилі (висоту 1,3 м відміряють із верхнього боку схилу); *b* – нахилене дерево (1,3 м відміряють уздовж осі стовбура, мірну вилку прикладають перпендикулярно до осі); *c* – розвилка вище 1,3 м (одне вимірювання); *d* – розвилка нижче 1,3 м (кожен стовбур вимірюють як окреме дерево); *e* – стовбур, викривлений біля основи (1,3 м відміряють уздовж стовбура); *f* – дерево з високими кореневими лапами (1,3 м відміряють від місця переходу лап у стовбур); *g* – живе повалене дерево (1,3 м відміряють уздовж стовбура від кореневої шийки); *h* – розвилка на висоті 1,3 м (діаметр визначають нижче розвилки за обхватом)

Якщо на місце вимірювання діаметра припадає потовщення, наплив або сучок, діаметр вимірюють вище та нижче вади й обчислюють середнє значення.

Місце вимірювання діаметра позначають рискою фарбою. Під час повторного обліку, який проводять через 5-10 років, діаметр вимірюють у тому самому місці, що дає змогу визначити фактичний приріст.

Вимірювання висоти дерев

Висоту дерев вимірюють ультразвуковим або лазерним висотоміром (або іншим наявним приладом) з точністю до 0,1 м. Схему вимірювання висоти наведено на рисунку 8. Під час вимірювання візують саме на вершину дерева, а не на бічну гілку, інакше висота буде заниженою.

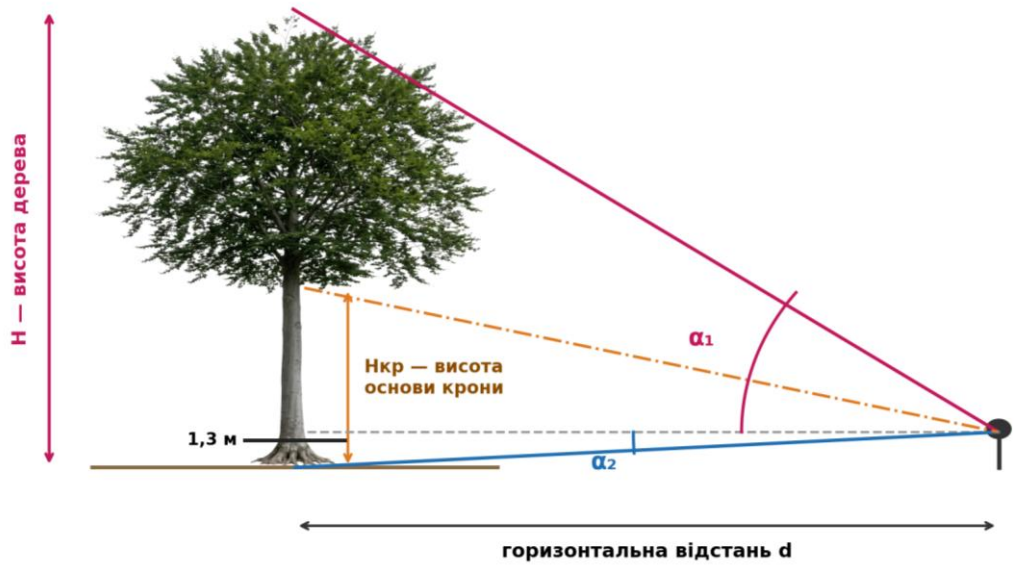


Рисунок 8. Схема вимірювання висоти дерева

Суцільне вимірювання висот трудомістке, а висоту окремих дерев інколи складно визначити, тому допускається вимірювати висоту 15-30 дерев кожного деревного виду, розподілених пропорційно за ступенями товщини, найбільше дерев вибирають у центральних ступенях товщини, менше – у крайніх (наприклад, 15 дерев можна розподілити за ступенями товщини так: 1, 2, 3, 3, 3, 2, 1). За цими даними будують криву висот, за якою визначають висоту решти дерев залежно від діаметра на висоті 1,3 м. Що більше дерев виміряно, то точнішою буде крива висот. Криві висот будують для кожного деревного виду окремо. Приклад побудови кривої висот наведено на рисунку 9.

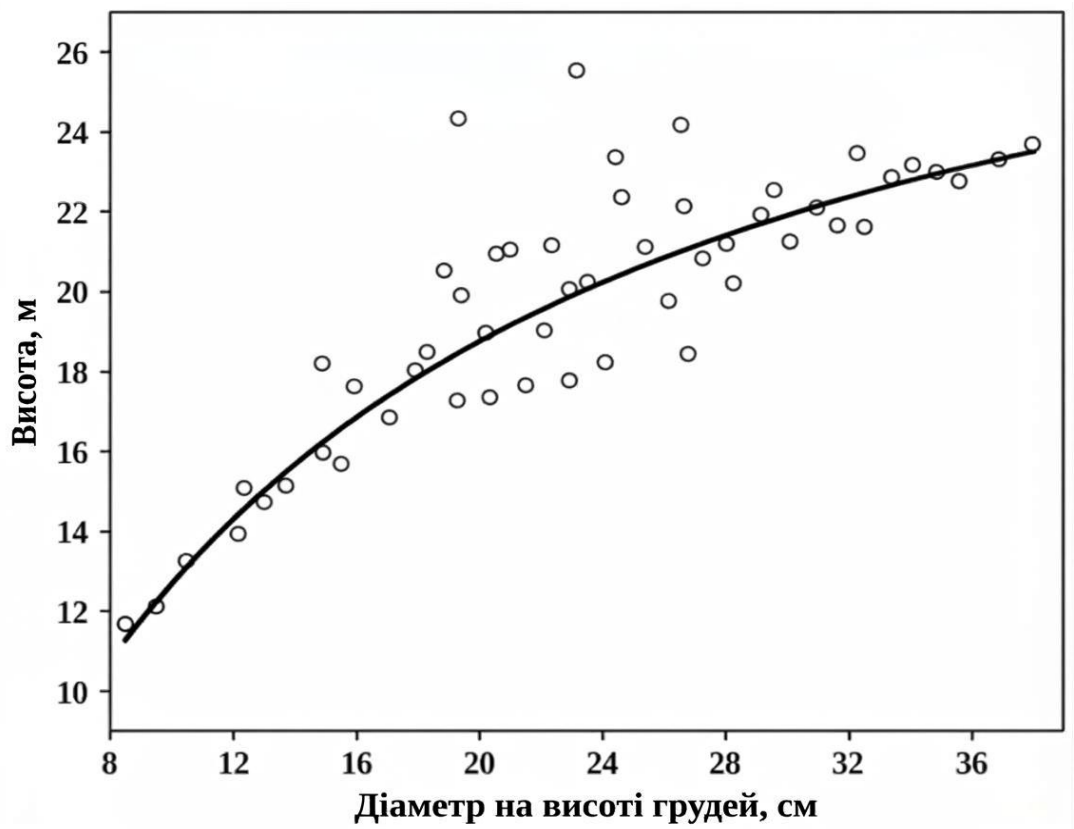


Рисунок 9. Побудова кривої висот і визначення висоти окремих дерев

2.11. Оцінка якості стовбура, положення дерева в деревостані та деревних мікрооселищ

Якість стовбура, положення дерева в деревостані та деревні мікрооселища визначають візуально. Щоб оцінки були зіставними, на всій ділянці їх виконує одна й та сама підготовлена особа або постійна пара виконавців. Оцінку проводять одночасно з нумерацією та обміром дерев, а результати заносять до польової відомості до графи «Примітки» у вигляді кодів (додаток 1).

Якість стовбура. Якість оцінюють за нижньою (комлевою) частиною стовбура, оскільки саме вона визначає вартість дерева. Стовбур оглядають з усіх боків і за наявністю та розміром вад (сучків, кривизни, гнилі, тріщин, механічних пошкоджень, закомелистості) відносять до одного з чотирьох класів: A, B, C або D (додаток 3). Якщо стовбур має ознаки двох класів, його відносять до нижчого. Клас якості разом із деревним видом і діаметром використовують для розрахунку економічної цінності дерева (Kraus et al., 2018).

Положення дерева в деревостані. Положення визначають за класифікацією Крафта (Kraft, 1884), порівнюючи крону дерева з кронами сусідніх дерев: чи виходить вона над пологом, чи бере участь у формуванні верхнього ярусу, чи

отримує пряме світло (додаток 4). Клас Крафта визначають лише для живих дерев; сухостійні дерева позначають у графі стану.

Деревні мікрооселища. Деревні мікрооселища – це особливості будови дерева, які слугують місцем проживання, живлення або розмноження інших організмів: дупла, пошкодження й ділянки оголеної деревини, мертві гілки в кроні, нарости, плодові тіла грибів, епіфіти, витоки соку чи смоли (Kraus et al., 2016; Larrieu et al., 2018). Мікрооселища виявляють у такій послідовності:

1) дерево оглядають з усіх боків – від кореневих лап до верхівки, крону – у бінокль за доброго освітлення;

2) кожне виявлене мікрооселище відносять до відповідного типу (додаток 5) і фіксують його наявність у відомості;

3) мікрооселище враховують лише тоді, коли його розмір не менший за пороговий, наведений у польовому довіднику (Bütler et al., 2024);

4) якщо мікрооселищ на дереві немає, у відомості ставлять прочерк, щоб відрізнити обстежене дерево від пропущеного.

У листяних насадженнях мікрооселища обліковують у безлистий період, коли крону добре видно (Zudin et al., 2022). За кількістю та типами мікрооселищ програмне забезпечення розраховує екологічну цінність дерева.

2.12. Панорамна зйомка ділянки

Сферичні панорами (фотосфери) дають змогу оглядати мартелоскоп дистанційно: учасник навчання бачить насадження так, ніби стоїть у точці зйомки, і може роздивитися кожне пронумероване дерево. Панорами завантажують до картки ділянки в базі даних мережі разом із даними обліку. Необхідне обладнання наведено в таблиці 2.4 та на рисунку 10.

Таблиця 2.4

Обладнання для панорамної зйомки

Обладнання	Призначення
Фотоапарат із ширококутним об’єктивом	Зйомка серії кадрів
Штатив із панорамною головкою	Обертання камери навколо нодальної точки з фіксованим кутовим кроком
Віха	Позначення північного напрямку
Запасні акумулятори та карти пам’яті	Тривала зйомка (на одну панораму припадає 86 кадрів)

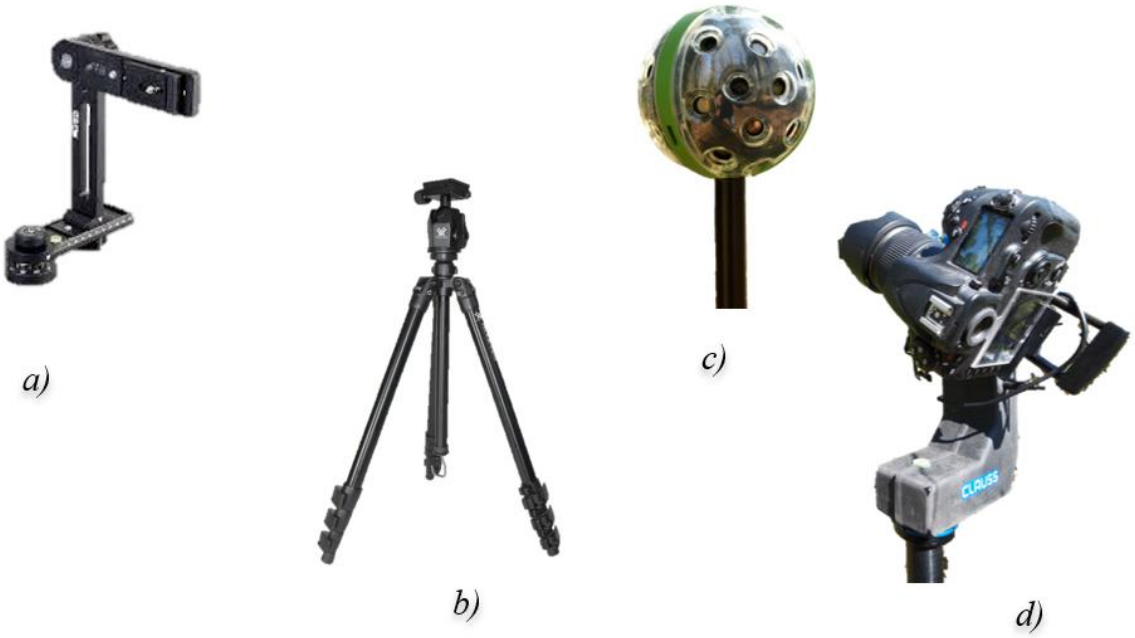


Рисунок 10. Обладнання для панорамної зйомки: *a)* панорамна головка; *b)* штатив; *c)* сферична камера з 36 об'єктивами; *d)* фотокамера на роботизованій панорамній головці

Зйомка панорам

Панорами, як правило, знімають у центрах квадратів і в центрі ділянки (загалом у 5 точках). Точку зйомки зміщують, якщо:

– найближче дерево розташоване ближче ніж за 3 м і його стовбур не вміщується в кадр повністю;

– точка припадає на загущену ділянку, і огляд закривають густі гілки та листя.

Зміщену точку прив'язують так само, як дерева, за допомогою азимута і горизонтальної відстані від центру квадрата. Без такої прив'язки панораму неможливо зіставити з планом насадження.

На кожній точці зйомку виконують у такій послідовності:

1) установлюють штатив із панорамною головкою і вирівнюють його за рівнем;

2) установлюють віху в північному напрямку (азимут 0°) так, щоб вона потрапила в перший кадр;

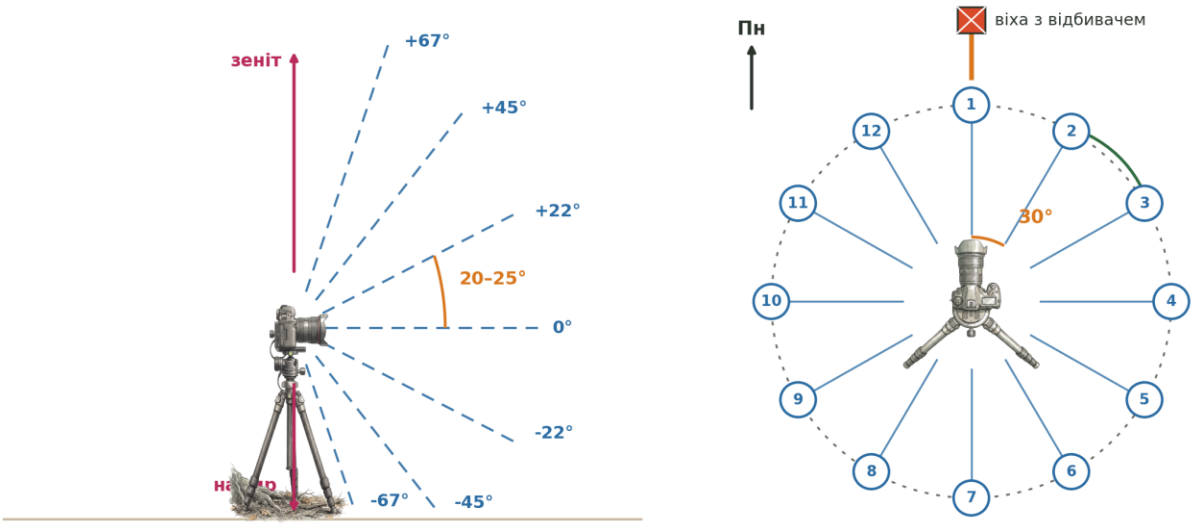
3) обертаючи камеру за годинниковою стрілкою з кроком 30°, знімають повний оберт – 12 кадрів;

4) нахиляють камеру вниз на 20-25° і знімають ще один оберт із 12 кадрів; цю дію повторюють ще двічі, щоразу збільшуючи нахил;

5) так само знімають три оберти по 12 кадрів із нахилом камери вгору;

6) завершують зйомку двома кадрами – вертикально вгору та вертикально вниз.

Загалом на одну панораму припадає 86 кадрів (12 кадрів × 7 ярусів + 2 вертикальні кадри) (рис. 11).



a) *b*)

Рисунок 11. Схема панорамної зйомки: *a*) вигляд збоку; *b*) вигляд згори

Під час зйомки дотримуються таких правил:

– після кожного оберту оператор відходить за камеру, щоб не потрапити в кадр;

– інструменти, рюкзаки та мірні стрічки прибирають із поля зору камери;

– знімають за рівномірного освітлення, найкраще за суцільної хмарності: у сонячний полудень через різкий контраст світла й тіні частина кадрів буде пересвічена або затемнена, тому у фотокамері краще використовувати ручний режим експозиції.

Опрацювання панорамних знімків

Серії кадрів зшивають у сферичну панораму за допомогою програмного забезпечення для створення фотосфер (наприклад, PTGui, Hugin, PanoramaStudio, Panoweaver). Серію кадрів кожної точки зйомки опрацьовують окремо.

Перед зшиванням усі кадри серії приводять до однакового кольору та яскравості, інакше на готовій панорамі будуть помітні стики між кадрами. Коригування виконують у програмі для опрацювання фотографій (Adobe Lightroom, Adobe Camera Raw, darktable, RawTherapee тощо) у такій послідовності:

1) переглядають серію й перевіряють, чи вона повна (86 кадрів) і чи немає розмитих або пропущених кадрів;

2) на одному кадрі встановлюють баланс білого за нейтральною ділянкою зображення (наприклад, за сірою корою або віхою) та коригують експозицію;

3) зменшують яскравість пересвічених ділянок, насамперед неба в просвітах крон, і висвітлюють надто темні тіні;

4) усувають хроматичні аберації (кольорову облямівку на межі стовбурів і неба);

5) однакові налаштування синхронізують на всі кадри серії; кожен кадр окремо не коригують, бо тоді яскравість сусідніх кадрів відрізнятиметься;

6) кадри експортують у форматі TIFF або JPEG найвищої якості зі збереженням метаданих EXIF, за якими програма зшивання визначає параметри об'єктива.

Викривлення зображення, спричинене об'єктивом (дисторсію), на цьому етапі не виправляють, оскільки його враховує програма зшивання.

Кадри зшивають у спеціалізованій програмі (PTGui, Hugin, PanoramaStudio, Panoweaver тощо) у такій послідовності:

1) завантажують серію кадрів однієї точки та перевіряють, чи правильно програма визначила фокусну відстань і тип об'єктива;

2) запускають автоматичний пошук контрольних точок (однакових деталей на суміжних кадрах) і оптимізацію, під час якої програма узгоджує положення кадрів (рис. 12);

3) перевіряють точність суміщення: середня похибка не повинна перевищувати 5 пікселів; контрольні точки з найбільшою похибкою видаляють і повторюють оптимізацію; якщо похибка залишається великою, у серії є пропуск між кадрами або під час зйомки зсунувся штатив;

4) вирівнюють горизонт і орієнтують панораму так, щоб віха, встановлена на першому кадрі, вказувала напрямок на північ;

5) маскують на кадрах сторонні об'єкти (тінь оператора, штатив, інструменти), щоб лінії зшивання їх обходили.

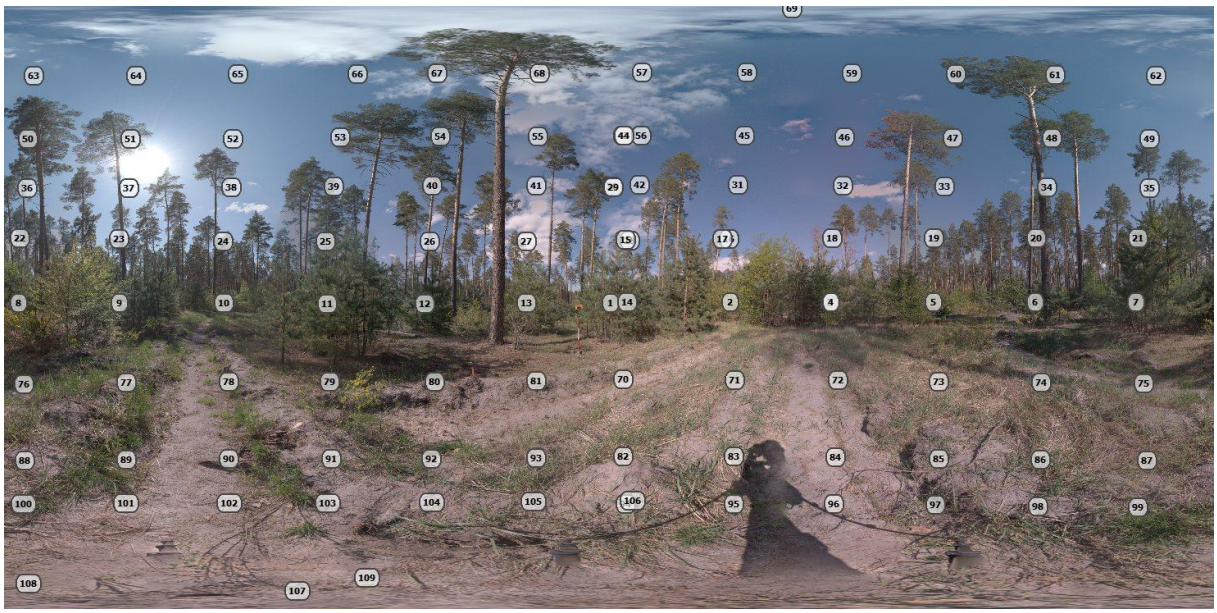


Рисунок 12. Автоматичне зшивання серії кадрів за контрольними точками

Зшиту панораму доопрацьовують і публікують у такій послідовності:

1) ділянки, які не вдалося виправити маскуванням (наприклад, ділянку під штативом), ретушують у графічному редакторі (Adobe Photoshop, Affinity Photo, GIMP);

2) панораму зберігають у рівнопроміжній (еквідистантній) проєкції зі співвідношенням сторін 2:1, що відповідає охопленню 360° × 180°, у форматі JPEG;

3) перевіряють, чи файл містить метадані сферичної панорами (XMP GPano): програми зшивання записують їх автоматично, а графічні редактори можуть їх видалити, і без цих метаданих програми й платформи не розпізнають зображення як сферу;

4) готові панорами переглядають у спеціальному програмному забезпеченні для сферичних панорам (PTGui Viewer, FSPViewer тощо), щоб перевірити, чи немає розривів на лініях зшивання і чи правильна орієнтація; для публікації використовують платформу https://martelage.sylvotheque.ch, де панораму завантажують на сторінку відповідної ділянки (рис. 13), а також онлайн-сервіси для розміщення сферичних панорам: Kuula (https://kuula.co), Momento360 (https://momento360.com), Google Maps (як фото 360° з прив’язкою до місця).



Рисунок 13. Готова сферична панорама точки зйомки

Панорами рекомендовано опрацьовувати в день зйомки. Якщо серія не зшивається через пропуск між кадрами, проблемний ярус можна перезняти, поки умови освітлення та стан насадження не змінилися.

3. КАМЕРАЛЬНІ РОБОТИ

Камеральні роботи виконують одразу після завершення польового обліку, поки виконавці пам’ятають особливості ділянки й за потреби можуть повернутися до неї для перевірки. Їхня мета – перенести польові дані в електронну форму, перевірити їх, обчислити координати дерев і таксаційні показники насадження та підготувати дані для завантаження на платформу martelage.sylvotheque.ch.

Камеральні роботи виконують у такій послідовності:

1) введення польових даних;
2) перевірка та виправлення даних;
3) обчислення координат дерев;
4) обчислення таксаційних показників;
5) підготовка та завантаження даних на платформу;
6) складання опису ділянки та архівування даних.

3.1. Введення польових даних

Дані з польових відомостей (додаток 1) вносять до електронної таблиці (Microsoft Excel, LibreOffice Calc тощо) за такими правилами:

−у кожному стовпці використовують однакові одиниці вимірювання та формат запису, а десятковий роздільник – однаковий для всієї таблиці;

−деревний вид, стан, клас якості стовбура, клас Крафта та мікрооселища записують кодами (додатки 3-5), а розшифрування кодів наводять на окремому аркуші таблиці;

−клітинку залишають порожньою лише тоді, коли показник не визначали (наприклад, висоту дерева за вибіркового вимірювання); нуль замість відсутнього значення не записують.

Структуру таблиці наведено в таблиці 3.1. Обчислювані поля заповнюють формулами, а не вручну.

Таблиця 3.1

Структура таблиці введення даних

Поле	Формат запису	Приклад
Точка вимірювання	код: 0 – центр ділянки, 1-4 – кути або номер квадрата	0
Номер дерева	ціле число	107
Деревний вид	код	Дз
Стан	живе, сухостійне	живе

Поле	Формат запису	Приклад
Діаметр d, см	число з точністю до 0,5	38,5
Висота, м	число з точністю до 0,1	27,4
Азимут, °	ціле число від 0 до 359	58
Горизонтальна відстань, м	число з точністю до 0,01	22,04
Клас якості стовбура	код A-D (додаток 3)	B
Клас Крафта	код I-V (додаток 4)	II
Деревні мікрооселища	коди форм і типів (додаток 5)	1; 3
Примітка	текст	нахилене дерево

Польові відомості після введення даних не знищують: їх сканують і зберігають разом з електронною таблицею.

3.2. Перевірка та виправлення даних

Перед обчисленнями дані перевіряють на повноту та логічну узгодженість. Перевірки виконують засобами електронної таблиці: сортуванням, фільтрами та умовним форматуванням або за допомогою інструментів штучного інтелекту. Перелік обов’язкових перевірок наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Перелік перевірок даних

Показник	Ознака помилки	Дія
Номери дерев	Повторення номерів або пропуски в нумерації	Звірити з польовою відомістю, за потреби – в натурі
Кількість записів	Не збігається з кількістю пронумерованих дерев	Знайти пропущені записи, за потреби – повторний обхід
Коди	Код відсутній у переліку кодів	Звірити з польовою відомістю
Діаметр	Менший за поріг обліку (8 см) або понад 150 см	Перевірити запис, за потреби переміряти
Висота	Менша за 1,3 м або більша за максимальну для виду в регіоні	Перевірити, чи не візували на сусіднє дерево
Відношення висоти до діаметра (H/D)	Поза межами 40-120 (H і D у метрах)	Перевірити діаметр і висоту
Азимут	Поза межами 0-359°	Виправити запис
Відстань	Більша за половину діагоналі квадрата або ділянки	Перевірити точку вимірювання та відстань
Клас якості, клас Крафта	Визначено для сухостійного дерева	Перевірити стан дерева

Показник	Ознака помилки	Дія
Карта розміщення дерев	Дерева за межами ділянки, накладання або неприродні скупчення	Перевірити азимут і відстань

Найдієвіша перевірка – карта розміщення дерев, побудована за обчисленими координатами (додаток 6). Помилки в азимутах і відстанях на ній помітні одразу: дерева виходять за межі ділянки або утворюють неприродні скупчення. Карту порівнюють зі схемою ділянки та, за потреби, з натурою.

3.3. Обчислення координат дерев

Положення дерев, визначене в польових умовах полярними координатами (азимутом і горизонтальною відстанню від точки вимірювання), перераховують у прямокутні координати ділянки. Початок системи координат розміщують у південно-західному куті ділянки, вісь X спрямовують на схід, вісь Y – на північ. Координати точок вимірювання для ділянки 100×100 м наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Координати точок вимірювання ділянки 100 × 100 м

Точка вимірювання	X_0, м	Y_0, м
Центр ділянки (0)	50	50
Центр квадрата 1 (північно-західного)	25	75
Центр квадрата 2 (північно-східного)	75	75
Центр квадрата 3 (південно-східного)	75	25
Центр квадрата 4 (південно-західного)	25	25
Кут 1 (північно-східний)	100	100
Кут 2 (південно-східний)	100	0
Кут 3 (південно-західний)	0	0
Кут 4 (північно-західний)	0	100

Координати дерева обчислюють за формулами:

$$X = X_0 + L \cdot \sin Az, \quad (3.1)$$

$$Y = Y_0 + L \cdot \cos Az, \quad (3.2)$$

де X_0, Y_0 – координати точки вимірювання, м; L – горизонтальна відстань від точки вимірювання до дерева, м; Az – азимут на дерево, °.

В електронній таблиці формули записують так: =X0+L*SIN(RADIANS(Az)) та =Y0+L*COS(RADIANS(Az)). Наприклад, для дерева, розташованого за азимутом 58°

на відстані 22,04 м від центру ділянки, X = 50 + 22,04 · sin 58° = 68,69 м, Y = 50 + 22,04 · cos 58° = 61,68 м.

Азимут визначають на центр стовбура, а відстань – до його бічної поверхні, тому отримані координати відповідають осі стовбура й поправок не потребують. Азимути, виміряні бусоллю, є магнітними. Якщо ділянку орієнтовано за географічною північчю, до них додають магнітне схилення для місцевості, визначене за даними геомагнітних моделей.

Після обчислення перевіряють, щоб координати всіх дерев були в межах ділянки (для ділянки 100×100 м – від 0 до 100 м за обома осями), і будують карту розміщення дерев (додаток 6).

3.4. Обчислення таксаційних показників

За даними обліку обчислюють показники окремих дерев і насадження в цілому.

Площа поперечного перерізу кожного дерева на висоті 1,3 м:

$$g = \pi \cdot D^2 / 40\,000, \quad (3.3)$$

де g – площа поперечного перерізу, м²; D – середній діаметр дерева, см.

Висоти дерев, які не вимірювали, визначають за кривими висот, побудованими окремо для кожного деревного виду за виміряними деревами.

Об’єм стовбурів визначають за чинними нормативно-довідковими даними (таблицями об’ємів стовбурів) для відповідних деревних видів.

Показники насадження обчислюють для ділянки та перераховують на 1 га: кількість дерев, суму площ поперечних перерізів, запас, склад за запасом, середній діаметр, середню висоту та розподіл дерев за ступенями товщини (як правило, 4 см). Середній діаметр насадження визначають як діаметр дерева із середньою площею перерізу:

$$D_g = \sqrt{(\Sigma D_i^2 / N)}, \quad (3.4)$$

де D_i – діаметр і-го дерева, см; N – кількість дерев.

Показник на 1 га обчислюють за формулою:

$$A_{га} = A \cdot 10\,000 / S, \quad (3.5)$$

де $A_{га}$ – показник на 1 га; A – показник на ділянці; S – площа ділянки в горизонтальній проєкції, м².

Показники обчислюють окремо для живих і сухостійних дерев. Отримані значення порівнюють із таксаційним описом насадження: значні розбіжності можуть свідчити про помилки в даних.

3.5. Підготовка та завантаження даних на платформу

Для завантаження на платформу martelage.sylvotheque.ch дані переносять у формат, передбачений платформою. Під час підготовки даних:

– коди деревних видів, класів якості та мікрооселищ приводять у відповідність до кодів платформи;

– перевіряють одиниці вимірювання та десятковий роздільник;

– готують опис ділянки та насадження.

Після завантаження перевіряють, чи збігається кількість дерев на платформі з кількістю записів у таблиці, порівнюють карту розміщення дерев на платформі з картою, побудованою під час камеральних робіт, і вибірково звіряють дані кількох дерев.

3.6. Опис ділянки та архівування даних

На кожен мартелоскоп складають опис, у якому зазначають:

– назву ділянки та її місцезнаходження (лісогосподарське підприємство, лісництво, квартал, виділ);

– координати центру та кутів ділянки, визначені GNSS-приймачем, і точність їх визначення;

– розмір, форму та орієнтацію ділянки, спосіб розбивки та нумерацію квадратів;

– дату закладання, виконавців і використані прилади;

– схему вимірювання азимутів і відстаней (магнітні чи географічні азимути, до якої частини стовбура виміряно);

– таксаційну характеристику насадження та лісорослинні умови;

– рівняння кривих висот і нормативно-довідкові дані, використані для обчислення об’ємів.

Усі матеріали ділянки (скани польових відомостей, електронні таблиці, журнал змін, опис, панорами) зберігають в одній папці з однаковою структурою назв файлів. Первинну таблицю не змінюють: усі виправлення вносять у робочу копію.

4. ТИПОВІ ПОМИЛКИ

Більшість помилок, яких припускаються під час закладання мартелоскопа, виникає через порушення послідовності робіт або відсутність контролю на окремих етапах. Помилки, допущені в полі, часто виявляються лише під час камерального опрацювання, коли їх виправлення потребує повторного виїзду на ділянку. Тому найважливіше – запобігати їм безпосередньо під час польових робіт. Типові помилки, їхні наслідки та способи запобігання наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Типові помилки під час закладання мартелоскопа та способи їх запобігання

Помилка	Наслідки	Як запобігти
Розбивка ділянки		
Межі розбито «на око», без контролю кутів і діагоналей	Площа ділянки не відповідає розрахунковій, дані незіставні з іншими ділянками	Контролювати діагоналі квадратів або азимути й відстані між кутами (відхилення не більше ±1° і ±2 %)
На схилі відстані відкладено вздовж поверхні без поправки на кут схилу	Фактична площа ділянки менша за розрахункову, показники на 1 га занижені	Тримати стрічку горизонтально або вводити поправку на кут схилу (додаток 2)
Центр розміщено біля стовбура або так, що кути з нього не видно	Доводиться переносити прилад, частину дерев пропускають	Зсунути центр на 1–2 м так, щоб лінії візування до всіх кутів були вільними
Закріплення точок		
Сигнальні точки нанесено на недовговічних об’єктах або не записано їхні азимут, відстань і опис	Втрачені профілі неможливо відновити	Наносити СТ біля кореневої шийки довговічних дерев, на скелях чи великих каменях; для кожної СТ записувати азимут, відстань і опис
Профіль (маркер) виступає над поверхнею ґрунту	Профіль (маркер) пошкоджує техніка або його вилучають сторонні	Забивати профіль (маркер) урівень із поверхнею ґрунту
Облік і нумерація дерев		
Дерева обліковують без чіткого порядку	Частину дерев пропускають або обліковують двічі; хибні кількість дерев і запас	Обліковувати секторами від точки вимірювання за зростанням азимута; зворотний бік облікованих стовбурів позначати крейдою
Неправильно віднесено дерева, що ростуть на межі ділянки	Кількість дерев завищена або занижена	Відносити дерево до ділянки, якщо в її межах розташований центр стовбура

Помилка	Наслідки	Як запобігти
Номер нанесено не з боку точки вимірювання, надто дрібно або «по колу» стовбура	Номер не читається з точки вимірювання й під час навчальних вправ	Наносити номер на висоті очей, з боку точки вимірювання, розміром, що читається з відстані 10 м
Геопросторова прив'язка дерев		
Змішано схеми вимірювання: азимут беруть то на центр, то на край стовбура	Систематичний зсув дерев на карті	Застосовувати на всій ділянці єдину схему й зафіксувати її в описі ділянки
Штатив установлено не над профілем або не вирівняно	Зсув усіх дерев сектора на карті	Установлювати штатив точно над профілем і перевіряти рівень перед початком вимірювань
У записі не вказано точку вимірювання або змішано магнітні й географічні азимути	Дерева на карті зміщені або розташовані дзеркально	Записувати точку вимірювання для кожного дерева; тип азимутів зазначати в описі ділянки
Вимірювання діаметра та висоти		
Висоту 1,3 м відміряно з нижнього боку схилу або вилку прикладено не перпендикулярно до осі стовбура	Діаметр завищений	Дотримуватися правил вимірювання в складних випадках (рис. 7)
Не позначено місце обміру діаметра	Повторний облік дає хибний приріст	Позначати місце обміру рискою фарбою на кожному дереві
Висоту визначають, візуючи на бічну гілку замість вершини	Висоту занижено на 1–3 м	Вимірювати з точки, з якої добре видно вершину, на відстані, приблизно рівній висоті дерева
Оцінка якості стовбура, положення дерева та мікрооселищ		
Оцінки виконують різні особи	Оцінки різних дерев незіставні	Доручати оцінку одній і тій самій підготовленій особі або постійній парі виконавців
Мікрооселища обліковують в облиснений період або без бінокля	Мікрооселища в кроні пропущено, екологічну цінність дерев занижено	У листяних насадженнях обліковувати в безлистий період, крону оглядати в бінокль
Панорамна зйомка		
У кадр потрапляє оператор або інструменти; між кадрами є пропуски	Панорама містить сторонні об'єкти або не зшивається	Відходити за камеру після кожного оберту, прибирати інструменти з поля зору, зберігати крок 30° на всіх ярусах; опрацьовувати панорами в день зйомки

Помилка	Наслідки	Як запобігти
Записи та камеральні роботи		
Записи веде то один, то інший виконавець	Пропущені рядки, помилки через неоднаковий почерк	Доручати записи одній особі
Помилки під час введення даних; нуль записано замість відсутнього значення	Хибні таксаційні показники	Звіряти введені дані з польовими відомостями, виконувати перевірки за таблицею 3.2
Виправлення вносять безпосередньо в первинну таблицю	Втрачаються вихідні дані, помилку неможливо відстежити	Працювати з робочою копією, кожне виправлення фіксувати в журналі змін

Щоб своєчасно виявити помилки, наприкінці кожного робочого дня звіряють кількість пронумерованих дерев із кількістю записів у польових відомостях і переглядають записи на наявність пропусків. Виявлені недоліки усувають наступного дня, поки бригада працює на ділянці.

5. ПІДТРИМАННЯ ДІЛЯНКИ

Мартелоскоп зберігає навчальну цінність лише доти, доки маркування на ділянці читається, а дані відповідають фактичному стану насадження. Для цього ділянку регулярно оглядають, поновлюють маркування та оновлюють дані. Перелік заходів і їх періодичність наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Заходи з підтримання ділянки

Захід	Періодичність	Зміст робіт
Огляд ділянки	Щороку, а також після буревіїв, снігопадів і пожеж	Перевірка профілів, кілків, сигнальних точок, номерів дерев і підходів до ділянки; фіксування змін у насадженні
Поновлення маркування	Раз на 2–3 роки	Поновлення фарби на сигнальних точках, номерах дерев і позначках місця обміру діаметра
Оновлення даних	Після кожної зміни в насадженні	Позначення вибулих дерев у базі даних і на платформі
Повторний облік	Раз на 5–10 років	Повторне вимірювання діаметрів і вибіркове вимірювання висот, облік нових дерев, оновлення панорам

Ділянку оглядають щороку, бажано перед початком навчального сезону, а також позачергово – після буревіїв, сильних снігопадів, пожеж або інших подій, що могли пошкодити насадження. Під час огляду перевіряють:

−наявність і стан алюмінієвих профілів, кілків і сигнальних точок;

−читабельність номерів дерев і позначок місця обміру діаметра;

−стан підходів до ділянки та наявність небезпечних дерев і зависаючих гілок уздовж маршрутів руху груп;

−зміни в насадженні: вітровал, вітролом, всихання, рубки.

Результати огляду записують у журнал ділянки. Втрачені профілі відновлюють за сигнальними точками, використовуючи записані азимути й відстані.

Фарбу на сигнальних точках, номерах дерев і позначках місця обміру діаметра поновлюють раз на 2–3 роки, а в разі потреби – частіше. Номери поновлюють тим самим кольором і на тому самому місці, щоб не змінювати нумерацію.

Усі зміни в насадженні відображають у базі даних та на платформі martelage.sylvotheque.ch. Вибуле дерево (вітровальне, всохле, зрубане) не видаляють із таблиці, а позначають як вибуле із зазначенням року та причини вибуття. Це зберігає історію ділянки та дає змогу аналізувати зміни в насадженні. Якщо на

ділянці проведено лісогосподарський захід, вирубані дерева позначають так само, а панорами за потреби знімають повторно.

Раз на 5-10 років проводять повторний облік. Діаметри вимірюють точно в позначених місцях обміру, що дає змогу визначити фактичний приріст дерев і насадження; висоти вимірюють вибірково й уточнюють криві висот. Дерева, які за цей час досягли порогу обліку (8 см), обліковують як нові: їм присвоюють наступні вільні номери, визначають азимут і відстань від точки вимірювання та заносять до бази даних. Результати повторного обліку зберігають окремо від попередніх, щоб можна було порівнювати стан насадження в різні роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

BFH-HAFL. (2022). *Einrichtung einer waldbaulichen Dauerbeobachtungs- und Trainingsfläche (PPSS)* [presentation]. Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL.

Bruciamacchie, M., Pierrat, J.-C., & Tomasini, J. (2005). Modèles explicatif et marginal de la stratégie de martelage d'une parcelle irrégulière. *Annals of Forest Science, 62*(7), 727–736. https://doi.org/10.1051/forest:2005070.

Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D., & Larrieu, L. (2024). *Field guide to tree-related microhabitats: Descriptions and size limits for their inventory in temperate and Mediterranean forests* (2nd ed.). Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.

Düggelin, C., Abegg, M., Bischof, S., Brändli, U.-B., Cioldi, F., Fischer, C., & Meile, R. (2020). *Schweizerisches Landesforstinventar: Anleitung für die Feldaufnahmen der fünften Erhebung 2018–2026* (WSL Berichte 90). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.

Kraft, G. (1884). *Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben*. Klindworth.

Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., & Winter, S. (2016). *Catalogue of tree microhabitats: Reference field list* (Integrate+ Technical Paper). European Forest Institute.

Kraus, D., Schuck, A., Krumm, F., Bütler, R., Cosyns, H., Courbaud, B., Larrieu, L., Mergner, U., Pyttel, P., Varis, S., Wilhelm, G., Witz, M., Zenner, E., & Zudin, S. (2018). *Seeing is building better understanding: The Integrate+ marteloscopes* (Integrate+ Technical Paper No. 26). European Forest Institute.

Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Michel, A. K., Regnery, B., & Vandekerkhove, K. (2018). Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators, 84*, 194–207. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051.

Pommerening, A., Pallarés Ramos, C., Kędziora, W., Haufe, J., & Stoyan, D. (2018). Rating experiments in forestry: How much agreement is there in tree marking? *PLOS ONE, 13*(3), Article e0194747. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194747.

Zudin, S., Heintz, W., Kraus, D., Krumm, F., Larrieu, L., & Schuck, A. (2022). A spatially-explicit database of tree-related microhabitats in Europe and beyond. *Biodiversity Data Journal, 10*, Article e91385. https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e91385.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Польова відомість прив’язки та вимірювання дерев

Ділянка: _____ Дата: _____ Точка вимірювання: _____ Виконавець: _____

Табл. 1. Відомість прив'язки

Координата	Назва точки	Азимут	Відстань	Примітки
X				
Y				

Табл. 2. Відомість вимірювання дерев

№	Деревний вид	Стан	Відстань	Азимут	Діаметр/окружність	Висота	Клас якості стовбура	Клас Крафта	Мікрооселища	Примітки
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										

Примітки: механічні пошкодження, морозобоїни, інші вади та особливості дерев.

Додаток 2

Поправки на кут схилу під час визначення горизонтальних відстаней

Усі відстані під час розбивки ділянки задають у горизонтальній проєкції. Якщо стрічку неможливо тримати горизонтально, уздовж поверхні схилу відкладають похилу відстань L, яка відповідає потрібній горизонтальній відстані d:

$$L = d / \cos \alpha = d \cdot k, \qquad (Д2.1)$$

де d – горизонтальна відстань, м; L – похила відстань, м; α – кут схилу, °; k – поправковий коефіцієнт. Зворотне переведення похилої відстані в горизонтальну виконують за формулою $d = L \cdot \cos \alpha$. Ухил у відсотках дорівнює $\operatorname{tg} \alpha \times 100$.

Наприклад, для горизонтальної відстані 35,36 м (половина діагоналі квадрата 50 × 50 м) на схилі 15° уздовж поверхні відкладають 36,61 м.

Кут схилу визначають окремо для кожної лінії, оскільки в різних напрямках від центру він може відрізнятися. На ламаному схилі лінію ділять на відрізки з однаковим кутом і поправку вводять для кожного відрізка.

Таблиця Д.2.1

Похила відстань залежно від горизонтальної відстані та кута схилу

Кут схилу α, °	Ухил, %	k = 1/cos α	cos α	Горизонтальна відстань, м							
				10	**20**	**25**	**30**	**35,36**	**40**	**50**	**70,71**
				Похила відстань, м							
1	1,7	1,0002	0,9998	10,00	20,00	25,00	30,00	35,37	40,01	50,01	70,72
2	3,5	1,0006	0,9994	10,01	20,01	25,02	30,02	35,38	40,02	50,03	70,75
3	5,2	1,0014	0,9986	10,01	20,03	25,03	30,04	35,41	40,05	50,07	70,81
4	7,0	1,0024	0,9976	10,02	20,05	25,06	30,07	35,45	40,10	50,12	70,88
5	8,7	1,0038	0,9962	10,04	20,08	25,10	30,11	35,50	40,15	50,19	70,98
6	10,5	1,0055	0,9945	10,06	20,11	25,14	30,17	35,55	40,22	50,28	71,10
7	12,3	1,0075	0,9925	10,08	20,15	25,19	30,23	35,63	40,30	50,38	71,24
8	14,1	1,0098	0,9903	10,10	20,20	25,25	30,29	35,71	40,39	50,49	71,40
9	15,8	1,0125	0,9877	10,12	20,25	25,31	30,37	35,80	40,50	50,62	71,59
10	17,6	1,0154	0,9848	10,15	20,31	25,39	30,46	35,91	40,62	50,77	71,80
11	19,4	1,0187	0,9816	10,19	20,37	25,47	30,56	36,02	40,75	50,94	72,03
12	21,3	1,0223	0,9781	10,22	20,45	25,56	30,67	36,15	40,89	51,12	72,29
13	23,1	1,0263	0,9744	10,26	20,53	25,66	30,79	36,29	41,05	51,32	72,57
14	24,9	1,0306	0,9703	10,31	20,61	25,77	30,92	36,44	41,22	51,53	72,87
15	26,8	1,0353	0,9659	10,35	20,71	25,88	31,06	36,61	41,41	51,76	73,20
16	28,7	1,0403	0,9613	10,40	20,81	26,01	31,21	36,78	41,61	52,01	73,56
17	30,6	1,0457	0,9563	10,46	20,91	26,14	31,37	36,98	41,83	52,28	73,94
18	32,5	1,0515	0,9511	10,51	21,03	26,29	31,54	37,18	42,06	52,57	74,35
19	34,4	1,0576	0,9455	10,58	21,15	26,44	31,73	37,40	42,30	52,88	74,78
20	36,4	1,0642	0,9397	10,64	21,28	26,60	31,93	37,63	42,57	53,21	75,25
21	38,4	1,0711	0,9336	10,71	21,42	26,78	32,13	37,88	42,85	53,56	75,74
22	40,4	1,0785	0,9272	10,79	21,57	26,96	32,36	38,14	43,14	53,93	76,26
23	42,4	1,0864	0,9205	10,86	21,73	27,16	32,59	38,41	43,45	54,32	76,82
24	44,5	1,0946	0,9135	10,95	21,89	27,37	32,84	38,71	43,79	54,73	77,40
25	46,6	1,1034	0,9063	11,03	22,07	27,58	33,10	39,02	44,14	55,17	78,02
26	48,8	1,1126	0,8988	11,13	22,25	27,82	33,38	39,34	44,50	55,63	78,67
27	51,0	1,1223	0,8910	11,22	22,45	28,06	33,67	39,69	44,89	56,12	79,36
28	53,2	1,1326	0,8829	11,33	22,65	28,31	33,98	40,05	45,30	56,63	80,08
29	55,4	1,1434	0,8746	11,43	22,87	28,58	34,30	40,43	45,73	57,17	80,85
30	57,7	1,1547	0,8660	11,55	23,09	28,87	34,64	40,83	46,19	57,74	81,65

Додаток 3

Класи якості стовбура

Клас визначають за нижньою (комлевою) частиною стовбура. Якщо стовбур має ознаки двох класів, його відносять до нижчого.

Таблиця Д.3.1

Ознаки класів якості стовбура

Клас	Ознаки стовбура	Орієнтовне використання деревини
A	Прямий, повнодеревний, без сучків і видимих вад; кора рівна, без слідів гнилі, тріщин і механічних пошкоджень	Високоякісний пиловник, сировина для стругання та лущення (шпон)
B	Прямий або зі слабкою кривизною; поодинокі дрібні здорові сучки чи інші незначні вади, що мало впливають на якість деревини	Пиловник середньої та високої якості
C	Помітна кривизна, численні або великі сучки, закомелистість, незначні механічні пошкодження чи обмежена гниль	Пиловник низької якості, будівельна деревина
D	Сильна кривизна, розвилки, значна гниль, великі пошкодження або інші вади, через які отримати пиловник неможливо	Технологічна сировина, дрова

Примітка. Класи A–D відповідають системі оцінки мережі мартелоскопів Integrate+ (Kraus et al., 2018).

Додаток 4

Класифікація положення дерев у деревостані за Крафтом

Таблиця Д.4.1

Класи Крафта

Клас	Назва	Ознаки
I	Виключно пануючі	Висотою помітно перевищують верхній полог. В одновікових деревостанах трапляються рідко, переважно на ранніх етапах розвитку
II	Пануючі	Повною мірою формують верхній полог; мають добрий ріст у висоту та потужну, рівномірно розвинену з усіх боків крону
III	Співпануючі	Ще беруть участь у формуванні верхнього полога, але їхня крона слабша й менш рівномірна, ніж у пануючих дерев
IV	Пригнічені	Не входять до верхнього полога; крона не отримує повного прямого світла, але ще контактує з кронами дерев I–III класів
V	Повністю пригнічені	Крона не контактує з кронами пануючих і співпануючих дерев; верхівка, як правило, перекрита гілками сусідніх дерев

Примітка. У різновікових і багатоярусних деревостанах за потреби додатково зазначають належність дерева до середнього чи нижнього ярусу.

Додаток 5

Основні форми та типи деревних мікрооселищ

Класифікацію наведено за ієрархічною типологією деревних мікрооселищ (Larrieu et al., 2018). Опис кожного типу та порогові розміри, з яких мікрооселище враховують, наведено в польовому довіднику (Bütler et al., 2024).

Таблиця Д.5.1

Форми та основні типи деревних мікрооселищ

№	Форма	Основні групи та типи
1	Дупла	Гніздові дупла дятлів; дупла з гнилою деревиною в стовбурі та біля основи; заповнені водою заглибини в корі чи розвилках; отвори та ходи комах-ксилофагів
2	Пошкодження та оголена деревина	Ділянки без кори; оголена заболонь або ядро; поздовжні тріщини; розщеплений або зламаний стовбур; зламана верхівка; сліди вогню, блискавки чи падіння сусіднього дерева
3	Мертва деревина в кроні	Мертві гілки та скелетні гілки; мертва верхівка (суховершинність)
4	Нарости	«Відьмині мітли»; скупчення водяних (епікормових) пагонів; капи; ракові нарости
5	Плодові тіла грибів і міксоміцетів	Багаторічні трутовики; однорічні трутовики; пластинчасті гриби; міксоміцети
6	Епіфітні та епіксильні структури	Мохи, лишайники, папороті на стовбурі; плющ та інші ліани; омела; гнізда птахів і мурах; накопичення ґрунту в розвилках
7	Витоки	Витоки соку; витоки смоли

Додаток 6

Карта розміщення дерев на платформі martelage.sylvotheque.ch

