

Левченко В. Б.
Шульга І. В.
Трофименко П. І.
Романюк А. А.
Коляда А. М.
Мачульський Г. М.
Ткаченко М. В.

ДЕНДРОІНДЕКАЦІЯ З ОСНОВАМИ БІОМЕТРІЇ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ



В. Б. Левченко, І. В. Шульга, П. І. Трофименко,
А. А. Романюк, А. М. Коляда, Г. М. Мачульський,
М. В. Ткаченко

ДЕНДРОІНДЕКАЦІЯ
З ОСНОВАМИ
БІОМЕТРІЇ
ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Рекомендовано для здобувачів закладів вищої, фахової передвищої освіти, науково-педагогічних працівників спеціальностей: агрономія, лісове, садово-паркове господарство, екологія.

Чернігів
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка
2027

УДК 630*164.3:57.081:519.22/.25 (075.8)

Л 49

Навчальний посібник друкується за рішенням:

*вченої ради Національного університету «Чернігівський колегіум»
імені Т. Г. Шевченка (м. Чернігів) протокол № 8 від 25.03. 2026 р.,
методичної ради Житомирського агротехнічного фахового коледжу
(м. Житомир), протокол № 4 від 16.01.2026 р.*

Рецензенти:

Назаренко Віталій Васильович, кандидат с.-г. наук, доцент, доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового осподарства Державного біотехнологічного університету (м. Харків).

Сидоренко Сергій Григорович, канд. с. - г. наук, старший дослідник, завідувач сектору УкрНДЦЛГА ім. Г. М. Висоцького.

Распопіна Світлана Петрівна, доктор с.-г. наук, професор, завідувачка лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДЦЛГА ім. Г. М. Висоцького.

Автори: Левченко Валерій Борисович, кандидат с.-г. наук, доцент;

Шульга Ігор Володимирович, кандидат с.-г. наук, доцент;

Трофименко Петро Іванович, доктор с.-г. наук, доцент;

Романюк Алла Андріївна, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, Заслужений працівник освіти України;

Коляда Андрій Миколайович, кандидат педагогічних наук, доцент

Мачульський Григорій Миколайович, кандидат с.-г. наук, доцент.

Ткаченко Марина Володимирівна, старший дослідник.

Л 49 Дендроіндексація з основами біометрії лісових екосистем.

Навчальний посібник для здобувачів освіти спеціальності Н1 «Агрономія», Н4 «Лісове господарство», освітньо-професійного ступеня передвищої освіти (фаховий молодший бакалавр), першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, другого (магістерського) рівня вищої освіти. За ред. кандидата с.-г. наук, доцента В. Б. Левченко: - Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2027 р. – 152 с., іл.

Навчальний посібник містить виклад понять про дендрохронологію, дендроіндексацію, біометрію та вплив факторів навколишнього природного середовища на річний приріст деревини. Розкрито методи збору, обробки та аналізу дендроіндексаційної, дендрохронологічної інформації в лісовому господарстві. Наведено приклади з практики лісівничих дендроіндексаційних досліджень та біометричного аналізу. Посібник орієнтований на здобувачів освіти, магістрантів, аспірантів та викладачів аграрних, лісогосподарських закладів вищої освіти, наукових та інженерно-технічних працівників у галузі агрономії, лісового господарства, лісовпорядкування та садово-паркового господарства, екологів та викладачів біології.

©Левченко В. Б., 2027

©Шульга І. В., 2027

©Трофименко П. І., 2027

©Романюк А. А., 2027

©Коляда А. М., 2027

©Мачульський Г. М., 2027

©Ткаченко М. В., 2027

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ДЕНДРОІНДЕКАЦІЯ ТА ЇЇ МІСЦЕ В ЕКОЛОГІЇ	5
РОЗДІЛ 2. СЕЗОННИЙ ТА РІЧНИЙ ПРИРІСТ ДЕРЕВ. РІЧНІ КІЛЬЦЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН	8
РОЗДІЛ 3. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ДЕНДРОІНДЕКАЦІЇ	15
РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДЕНДРОІНДЕКАЦІЇ	28
РОЗДІЛ 5. МЕТОДОЛОГІЇ ДАТУВАННЯ РІЧНИХ КІЛЕЦЬ	35
РОЗДІЛ 6. МЕТОД РАДІОКАРБОНОВОГО ДАТУВАННЯ	56
РОЗДІЛ 7. ДАТУВАННЯ ПАМ'ЯТОК МИСТЕЦТВА	60
РОЗДІЛ 8. ДЕНДРОКЛІМАТОЛОГІЯ	64
РОЗДІЛ 9. ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ ДЕНДРОІНДЕКАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ	72
ПІСЛЯМОВА	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	78
КОМПЛЕКС ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ КОНТРОЛЮ (ПОКРАЩАННЯ) ЗНАНЬ ТА НАВИЧОК ЗДОБУВАЧАМИ ОСВІТИ (Додаток А)	102
100 ПРАКТИЧНИХ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ (Додаток Б)	135

ВСТУП

Дендроіндекація (дендрохронологія) наука, що займається вивченням мінливості річного приросту деревини, виявленням факторів, що визначають цю мінливість, датуванням подій, що впливають на приріст деревних рослин, реконструкцією умов навколишнього природного середовища, впливу погодно-кліматичних змін, хвороб, шкідників, лісових та агроландшафтних пожеж, техногенних катастроф, воєнних дій, змін стану довкілля. Об'єктом досліджень є різні показники річного приросту в стовбурах, гілках та коренях дерев'янистих рослин, а також фізико-механічні властивості, анатомічна структура та хімічний склад деревини. На основі вивчення інформації, що міститься в річних кільцях приросту деревини, проводиться абсолютне та відносне датування річного приросту деревини (дендрохронологія) та подій у природних екосистемах, а також реконструкція багатьох важливих параметрів довкілля за тривалі інтервали часу та з високою тимчасовою роздільною здатністю. Саме завдяки коректному застосуванню деревно-кільцевого аналізу з'являється можливість вивчити природну мінливість клімату в минулому та передбачити глобальні зміни природного середовища у майбутньому.

РОЗДІЛ 1. ДЕНДРОІНДЕКАЦІЯ ТА ЇЇ МІСЦЕ В ЕКОЛОГІЇ

Дендрохронологія – це наука, основними завданнями якої є:

- датування річних кілець деревини та екологічних подій у минулому;
- вивчення впливу абіотичних та біотичних факторів на величину приросту деревини, морфологічну структуру річних кілець та їх хімічний склад;
- аналіз дендроінформації, що міститься в річних кільцях, для цілей визначення кількісних характеристик умов довкілля у минулому.

Дендроіндекація є частиною екології деревних рослин. Провідною екологічною ідеєю дендроіндикації є ідея закономірної обумовленості (тобто не випадковості), виникнення особливостей морфологічної будови річних деревних кілець. Причиною виникнення цих особливостей є дія різноманітних зовнішніх екологічних факторів (температури, вологості, освітленості, біологічного впливу хвороб, шкідників, лісових пожеж, антропічних факторів тощо), накладена на дію внутрішніх факторів (генетична обумовленість, гормональна регуляція клітинних поділів), протягом вегетаційного періоду розвитку деревних порід. Тобто ширина річного кільця, число клітин на ширині кільця, розмір клітин, товщина клітинних стінок та інші особливості річних кілець закономірно залежить від характеру зміни екологічних чинників протягом року формування річного радіального приросту. Закономірно виникнувши, ці особливості будови річних кілець зберігають пам'ять про характер екологічних факторів, що викликали їхню появу.

Річні шари приросту (річні кільця) у багаторічних деревних рослин вивчають фахівці багатьох природничих наук та практики лісівничої галузі. Лісівники та лісовпорядники, дендрологи, лісові таксатори, фітопатологи, ентомологи, лісові пірологи, екологи, метеорологи використовують їх для визначення біологічного віку дерев і деревостанів, поточного та середнього приросту за діаметром, площі поперечного перерізу та об'єму, а також для економічних розрахунків; деревознавці - при діагностиці та вивченні фізико-механічних властивостей деревини. Дендроіндексатори (дендрохронологи) займаються вивченням мінливості річного приросту деревини, виявленням факторів, які визначають цю мінливість, датуванням річних кілець та подій, які впливають на приріст деревних рослин, а також проводять модельну реконструкцію умов довкілля у минулому. Об'єктом дендроіндекаційних досліджень є різні якісні та кількісні показники річного приросту в стовбурах, гілках та коренях деревних рослин, а також

фізико-механічні властивості, анатомічна структура та хімічний склад деревини. На основі вивчення інформації, що міститься в річних кільцях приросту деревини, проводиться абсолютне та відносне датування шарів приросту деревини та подій у природних екосистемах, що відбулися у роки формування цих шарів, а також модельна реконструкція багатьох параметрів зовнішнього середовища за тривалі інтервали часу (сотні та тисячі років), а також з високим хронологічно-часовим виміром (сезон, рік).

Дендроіндексацію поділяють на ряд розділів, такі, як *власне дендрохронологія*, що займається датуванням річних кілець і подій, *дендрокліматологію та дендрогідрологію*, що займаються відповідно реконструкцією кліматичних та гідрологічних умов, *дендрогіоморфологія*, що займається датуванням та реконструкцією геоморфологічних подій і процесів та ін. Подібний поділ штучний, тому що будь-яке дослідження включає хронологічну частину. Цей поділ використовується для того, щоб підкреслити основну мету та напрям тієї чи іншої роботи або досліджень.

Деревно-кільцева хронологія є дискретною тимчасовою послідовністю дат тривалістю від кількох років до багатьох тисячоліть, що характеризує той чи інший показник річного приросту, фізико-механічні властивості, анатомічну структуру та хімічний склад деревини в межах річних кілець у стовбурах, гілках та коренях (переважно) дерев і великих чагарників. Дискретність деревинно-кільцевих хронологій обумовлена тим, що у високих, помірних і навіть у деяких тропічних районах зростання дерев відбувається лише в окремі пори року. Хронологія може бути *безперервною*, якщо в ній послідовно представлені річні зміни характеристик приросту за всі роки певного відрізка часу, і *уривчастою*, якщо в ній представлені характеристики приросту за окремі календарні роки або окремі інтервали часу (наприклад, лише екстремальні значення приросту).

Залежно від мети дослідження, використовуються різні види деревинно-кільцевих хронологій. При датуванні історичної та археологічної деревини, а також різноманітних катастрофічних подій у лісах (пожежі, вітровали, спалахи масового розмноження комах-шкідників та ін.) в основному застосовуються індивідуальні хронології, тобто хронології, що отримані з одного одностовбурного або багатостовбурного дерева, або чагарника. Для реконструкції кліматичних та гідрологічних умов, використовуються узагальнені та генералізовані хронології, - тобто хронології, що побудовані шляхом використання деревинно-кільцевого

матеріалу (кернового матеріалу) від досить великої кількості дерев, що належать одному або декільком видам і ростуть у одному або декількох типах лісорослинних умов.

Хронології також можуть бути поділені на локальні, регіональні та глобальні, які характеризують приріст дерев та умови зовнішнього середовища на територіях різного масштабу. На сьогоднішній день дендроіндикаційні (дендрохронологічні) методи широко використовуються для вивчення просторово-часової динаміки лісових екосистем та реконструкції факторів зовнішнього середовища за тривалі інтервали часу з високим часовим розподілом. Особливе значення дендрохронологічних методів полягає в тому, що вони дозволяють оцінювати відносний внесок різних факторів, як природних, так і антропогенних, які впливають на лісові екосистеми та умови навколишнього середовища.

Контрольні питання:

1. Які об'єкти досліджень дендроіндикації?
2. В чому полягають основні завдання дендроіндикації?
3. Які Ви знаєте види деревно-кільцевих хронологій?
4. Поділ хронологій за просторовими ознаками.
5. Дайте визначення поняття «дендроіндикація» та поясніть її місце в системі екологічних наук.
6. Які основні завдання дендроіндикації як наукового напрямку?
7. Що є предметом дендроіндикаційних досліджень?
8. Яку екологічну інформацію містять річні кільця деревини?
9. Які абіотичні фактори впливають на формування річного приросту?
10. Яку роль відіграють біотичні чинники у формуванні структури річних кілець?
11. Поясніть поняття «деревно-кільцева хронологія».
12. Які типи дендрохронологічних хронологій виділяють за масштабом досліджень?
13. У чому полягає різниця між індивідуальними та узагальненими хронологіями?
14. Які галузі науки і практики використовують дані дендроіндикації?
15. Чому дендроіндикаційні методи вважаються високоточною формою екологічної індикації?
16. Яке значення має дендроіндикація для реконструкції умов минулого середовища?

РОЗДІЛ 2. СЕЗОННИЙ ТА РІЧНИЙ ПРИРІСТ ДЕРЕВ. РІЧНІ КІЛЬЦЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

Річні кільця приросту деревини (або річні кільця на поперечних зпилах стовбурів та гілок деревних рослин) є результатом активності камбію у вегетаційний період. **Камбій** морфологічно розташований між деревиною та флоемою (лубом), - тонкий шар з дрібних тонкостінних клітин, здатних до багаторазового поділу (рис. 1, 2).

Камбіальний шар – це твірна тканина, поділ клітин якої є основною причиною збільшення розмірів деревних рослин (щороку на товщину одного річного кільця). На початку вегетаційного періоду (навесні та на початку літа) в результаті поділу клітин камбію утворюються великі тонкостінні клітини у хвойних і великі судини у листяних деревних порід, а в середині та в кінці літа, - дрібні товстостінні клітини у хвойних та дрібні судини у деяких листяних деревних порід. Клітини, що з'явилися протягом року внаслідок поділу клітин камбію, становлять одне окреме річне кільце. Зовнішнє (що примикає до камбіального шару) кільце - це кільце, що з'явилося в останній вегетаційний період у житті даної деревної рослини. Кільця, що утворилися в перші роки життя рослини розташовані в центрі нижньої частини стовбура дерева. Так як клітини, що утворюються в першій і другій половині вегетаційного періоду, розрізняються за розмірами та формою, а також за кольором та щільністю, в шарі приросту (річному кільці), що утворився за рік, часто легко помітні шари ранньої та пізньої деревини. Перехід між клітинами ранньої та пізньої деревини зазвичай поступовий, але між клітинами пізньої деревини попереднього кільця та ранньої деревини наступного кільця цей перехід різкий.

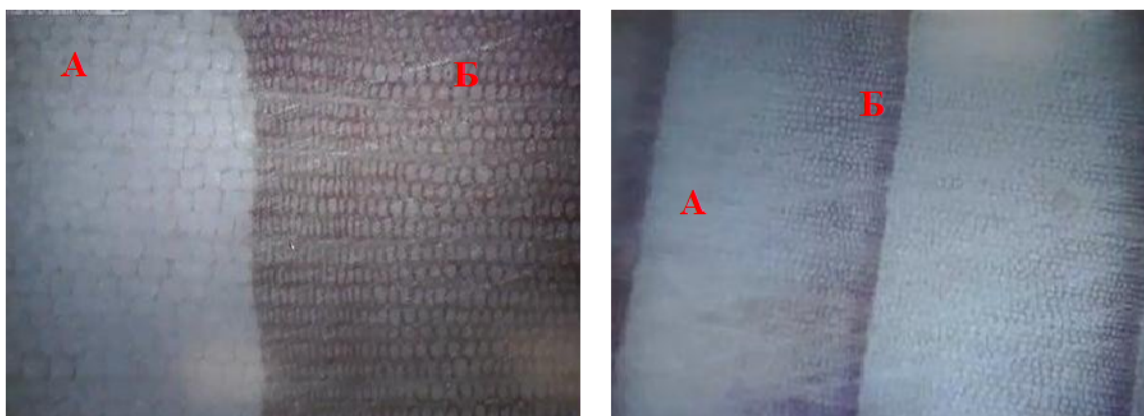


Рис. 1. Рання (А) та пізня (Б) деревина сосни звичайної.

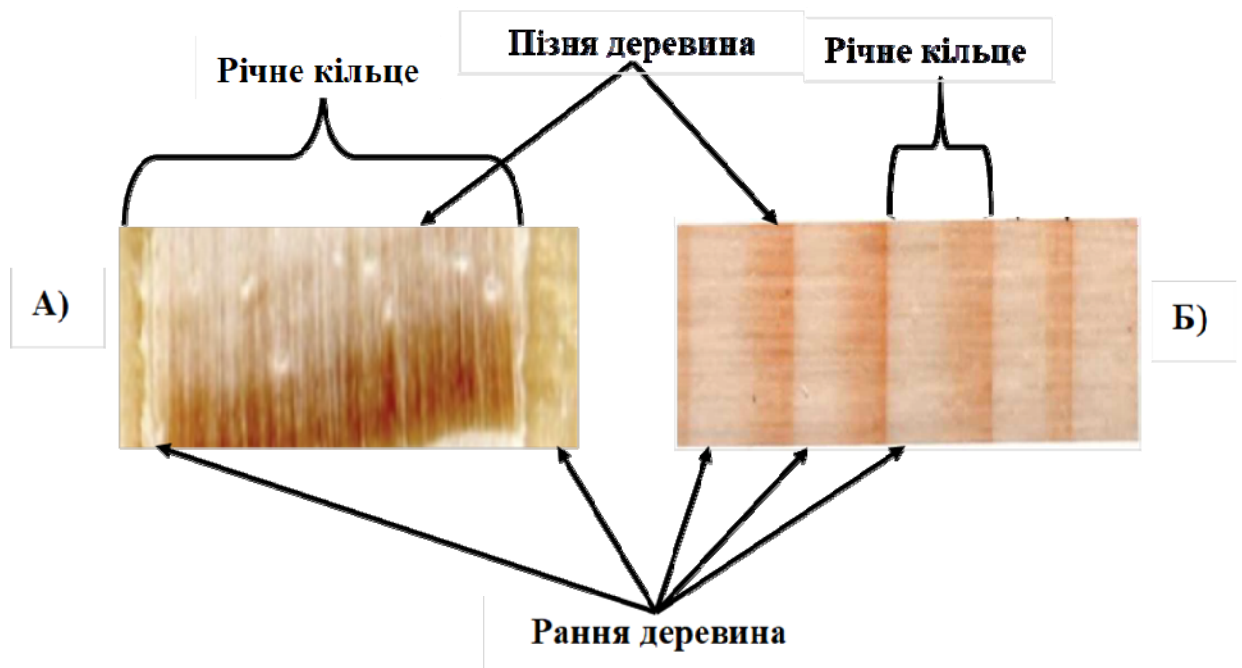


Рис. 2. Загальний вигляд річних приростів: А – дуб звичайний (*Quercus robur L.*), Б – сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*).

Складності у визначенні меж між сусідніми кільцями найчастіше виникають для тих видів деревних порід та чагарників, у яких шар пізньої деревини дуже вузький, а за кольором і щільністю він слабо відрізняється від раннього шару деревини (як, наприклад, у деяких видів берези повислої, берези темною, берези Шмідта).

Наявність ранньої та пізньої деревини відповідає зміні фізіологічних функцій деревини у різні періоди року. В умовах помірного клімату навесні, на початку вегетаційного періоду, необхідно пропустити разом з висхідним потоком у максимальній кількості воду і розчинені в ній мінеральні речовини. Тому навесні камбій розвиває клітини з великими порожнинами і тонкою оболонкою, що мають велику пропускну здатність.

У другу половину вегетаційного періоду утворюються клітини з товстою оболонкою, для того, щоб стовбур міг утримати важку крону. Тому камбій утворює пізню деревину після того, як листя досягнуто найбільших розмірів. У чому ж біологічний зміст поділу річного приросту на ранню деревину (клітини якої мають великі порожнини, але тонкі клітинні стінки) та пізню (клітини якої мають маленькі порожнини та товсті клітинні стінки)?

Вважають, що рання деревина добре пристосована для транспорту води по стовбуру дерева, тоді як пізня забезпечує стовбуру механічну міцність. У хвойних порід, клітини ранньої та пізньої деревини

відрізняються не тільки товщиною стінок, а й кількістю і розмірами облямованих пір. Ранні трахеїди мають на своїх радіальних стінках велику кількість великих обрамлених шпарин, пізні трахеїди - містять більш дрібні облямовані шпарини та в меншій кількості. У листяних порід відмінності ранньої та пізньої деревини за фізико-механічними властивостями виражені не так відчутно. Такий показник, як перевищення щільності ранньої зони над пізньою змінюється від 1,1 у граба до 1,4 у вільхи чорної. Можна гіпотетично припускати, що холодна зима стимулювала підвищені вимоги до відбору на міцність стовбура за рахунок таких факторів, як морозобійні тріщини кори і сніговий покрив, що й обумовило від деревних рослин формування широких шарів пізньої деревини. Труднощі у транспорті води по такій деревині в свою чергу, ймовірно, зумовив процес природного відбору формування вираженого шару ранньої деревини.

Існує думка, що в зоні Полісся України найвужчі кільця в розрізі стовбура дерева перебувають із Північного боку. Проте за неодноразових спроб перевірити останнє гіпотетичне твердження на практиці, у стовбурах дерев, що виростили в умовах середньоповночних деревостанів, підтвердити його не вдалося. Ексцентричність стовбура у деревостані насамперед визначається конкуренцією та просторовою структурою деревостану. Нами встановлено, що у дерев сосни звичайної, що мають ексцентричну форму стовбура в умовах Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) Поліського природного заповідника, напрямок найбільш розвиненого радіуса стовбура щодо напрямів світу не корелює з цією закономірністю. У всіх інших випадках, напрямки більшого радіусу стовбурів сосни звичайної в лісорослинних умовах А₁₋₃, В₂₋₄ збігалися з напрямом кращого розвитку крони, а останнє визначалося впливом сусідніх дерев. Таким чином, можна впевнено стверджувати, що нерівномірність зростання дерев у певному радіальному напрямку, обмежується не різницею мікроклімату створюваної експозицією сонця, а характером їх положення щодо його сусідніх рослинно-деревних угруповань, положенням у просторі екземплярів більш світлолюбних і тіньовитриваліших видів. Чекати прояви ефектів напрямів світу у мінливості радіального приросту можна лише у дерев, що окремо стоять. Ефекти географічного положення на стовбурі дерева мають довготривалий характер, і при індексуванні повинні елементуватись. У наших широтах щороку закладається однорічне кільце. Але в деякі роки у зв'язку з різко несприятливими для зростання дерев погодно-кліматичними умовами, впливом хвороб, шкідників, лісових пожеж, а з 2020 року в

наслідок повномасштабної агресії РФ проти України й військових дій, під час вегетаційного періоду всередині річного кільця можуть сформуватися один або кілька шарів з дрібних і темних клітин, тобто шарів, що складаються з пізньої деревини. **Такі шари схожі на справжні кільця, тому їх називають «хибними», а річні кільця, що складаються з хибних кілець, - множинними.**

Наявність хибних кілець значно ускладнює вимірювання та датування річних кільця деревини. Виявлення хибних кілець вимагає від дендроіндексатора певних навичок, а нерідко можливе лише з використанням зпилів дерев або еталонних дендрошквал.

В особливо несприятливі для життєдіяльності дерев роки у межах окремих частин поверхні стовбура, гілок і коріння, камбій може зовсім не закладати новий шар деревини. Припинення діяльності камбію найбільш часто відбувається в основі стовбурів дерев, корінні і гілках, а також у старих пригнічених дерев. **Такі кільця називаються «випадаючими».** На поперечних зрізах кільце може випасти як в межах окремих частин поверхонь зрізу (**переривчасте випадаюче**), так і по всьому колу (**цілком випадаюче**). Випадання кілець найчастіше спостерігається в особливо несприятливих для зростання дерев умовах, зокрема на верхній межі впливу екологічних, лісопатологічних, антропічних факторів їхнього зростання. Іноді може випадати до 5-10% від загальної їх кількості приростів на зрізі.

В деформованих, нахилених, зігнутих стовбурах дерев формується так звана «реактивна деревина». Характерна її риса – неоднорідність фізіолого-анатомічних і фізико-механічних властивостей у різних частинах річного шару приросту. У хвойних порід на креновому (стиснутому) боці стовбура та нижній стороні гілки утворюються «кренева деревина», що складається з широких річних шарів, і має більшу міцність на стиск. Клітини її округлої форми, сильно лігніфіковані і темніше забарвлені. На розтягнутій стороні стовбура, і верхній стороні гілки формуються «тягова деревина», яка складається з дуже вузьких шарів приросту, і має більшу міцність на розтяг. У листяних дерев, крім самшита, ширші річні кільця формуються, навпаки, на тяговій стороні.

Камбій - шар клітин, здатних ділитися та диференціюватися необмежено довго.

Протягом вегетаційного сезону, камбій утворює (у бік ксилеми і флоєми) кілька шарів клітин, здатних до обмеженого числа поділів і

відповідно їх називають ксилемними та флоемними материнськими клітинами.

Зона, де реєструються поділ клітин (ксилемних материнських, камбіальних, флоемних материнських клітин) називається камбіальною зоною.

Камбій має суворо впорядковану просторову організацію, (рис. 3). Клітини камбію утворюють безперервний шар, що вистилає стовбур, гілки та коріння. У цьому шарі сусідні клітини знаходяться у безпосередньому контакті. Швидкість приросту річного кільця залежить від кількості клітин у камбіальній зоні та швидкості їх поділу. У хвойних порід зростання річного кільця протягом вегетаційного сезону завжди супроводжується зміною чисельності клітин камбіальної зони, що має загальну для всіх видів характерну динаміку. У стані спокою, розмір камбіальної зони досягає мінімуму, і зазвичай становить 2-4 шари клітин. Після активації камбію на початку сезону вегетації, зростання розміру камбіальної зони збільшується, і кількість клітин у ній досягає максимальних значень (5-20 і більше клітин).



Рис. 3. Камбій на поперечному зпилі сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*), зробленому в 2021 році в умовах урочища Висока Піч (23 квартал, 12 виділ, лісорослинні умови С₃₋₄) ДП «Зарічанське ЛГ» ДП «Ліси України».

Залежно від умов місцязростання та виду деревних рослини, досягнутий рівень чисельності може зберігатися досить тривалий час, протягом якого формується основна кількість трахеїдів. Потім розмір камбіальної зони поступово зменшується. У процесі зростання річного

кільця, завжди зберігається основний принцип: збільшення швидкості утворення нових трахеїд незмінно супроводжується зростанням кількості камбіальних клітин. Однак зв'язок між швидкістю утворення трахеїд та розміром камбіальної зони стовбура дерева суто видоспецифічний, і він залежить від умов місця місцезростання деревної породи у лісі.

В однакових кліматичних умовах, максимальний розмір камбіальної зони завжди більший у домінантних (швидкорослих або з більшою енергією росту) дерев, ніж у пригнічених. Внаслідок шарувато-волокнистої будови, деревину слід вивчати на трьох головних розрізах стовбура: **поперечному (або торцевому)** - у площині, перпендикулярній осі стовбура; **радіальній** - у площині, що проходить вздовж осі стовбура дерева через серцевину, і **тангенціальному** - у площині, що проходить уздовж стовбура дерева на тій чи іншій відстані від серцевини (рис. 4,-5). У тангенціальному розрізі, річні кільця мають вигляд витягнутих вгору парабол, оскільки стовбур з річними кільцями звужується догори (має ступінь збігу).



Рис. 4. Морфологічна будова стовбура дуба звичайного (*Quercus robur L.*) на прикладі зпилу 2021 року в умовах урочища Висока Піч (22 квартал, 3 виділ, вік 120 років, лісорослинні умови С₂₋₃) ДП «Зарічанське ЛГ»

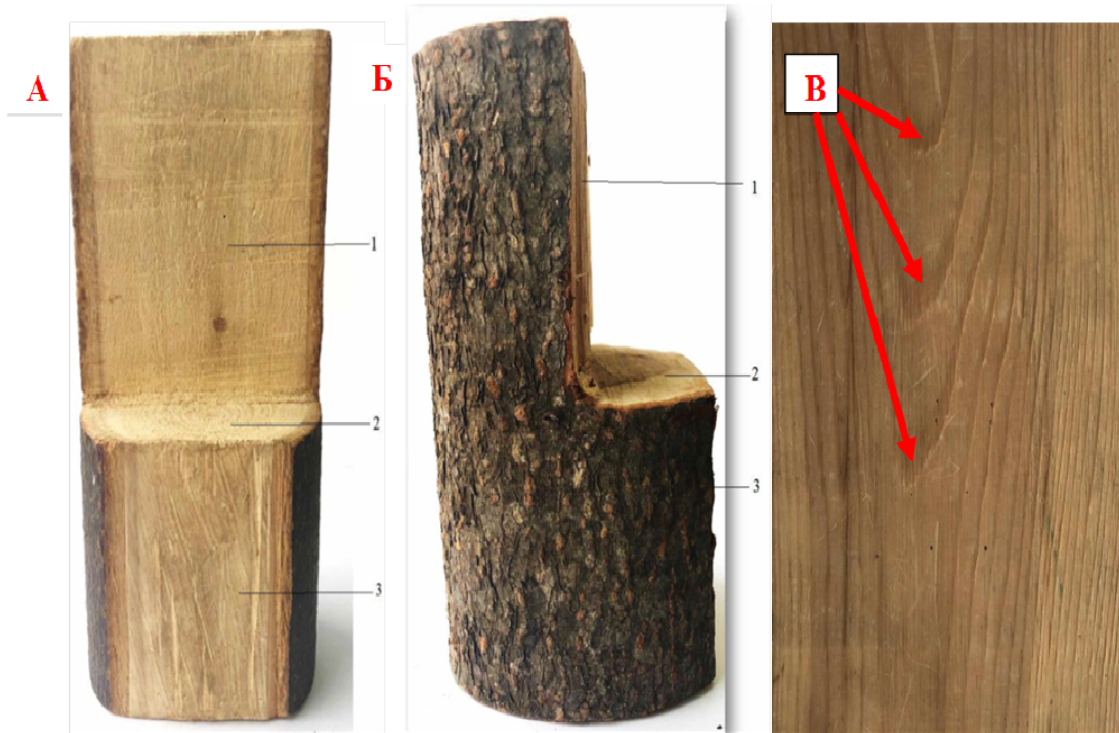


Рис. 5. Розріз стовбура ясеня звичайного (*Fraxinus excelsior L.*)
(вигляд зпереду (А); вигляд збоку (Б):
1- радіальний; 2 – поперечний; 3 - тангенціальний;
В - річні кільця на тангенціальному повздожньому зпилі
у вигляді параболічних кривих.

Контрольні питання:

1. Яка морфологічна відмінність ранньої та пізньої деревини?
2. Камбіальний шар та особливості його будови.
3. Що таке «хибні» та «випадаючі» річні кільця?
4. Що впливає на швидкість приросту річного кільця?
5. На яких розрізах стовбура вивчається деревина?
6. Що таке камбій і яку функцію він виконує у формуванні річного приросту?
7. Як змінюється активність камбію протягом вегетаційного періоду?
8. Чим пояснюється чітка межа між річними кільцями?
9. Які фактори визначають ширину річного кільця?
10. Що таке хибні річні кільця і за яких умов вони формуються?
11. У чому полягає явище випадіння річних кілець?
12. Які труднощі виникають при датуванні річних кілець?
13. Що таке реактивна деревина та в яких випадках вона формується?
14. Які типи реактивної деревини характерні для хвойних і листяних порід?
15. На яких розрізах стовбура вивчають річні кільця і чому?
16. Як просторове положення дерева в деревостані впливає на приріст?

РОЗДІЛ 3. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ДЕНДРОІНДЕКАЦІЇ

Чергування річних кілець «хорошого» та «поганого» приросту та їх залежність від погодно-кліматичних змін були давно помічені лісівниками, мисливцями, таксаторами, метеорологами. Ще у свій час Леонардо да Вінчі в XV ст. зауважив, що у посушливих областях мінливість ширини річних кілець залежить від кількості опадів.

Батько сучасної біологічної систематики Карл Лінней також приділив певну увагу мінливості річних кілець. У своїй праці, опублікованій в 1747 р. (Ліней, 1989), він зазначав що: «Вік більшості дерев обчислюється за смоляними, або внутрішніми кільцями», а також, що: «Літопис більш суворих і легких зим визначається за внутрішніми кільцями у більшості дерев, а особливо у дуба звичайного».

Першою роботою, в якій приділялась значна увага закономірностям мінливості річних кілець, була праця на німецькій мові ботаніка, дендролога Олександра Івановича Шренка «Подорож на Північний Схід Європейської частини Євразії», яка датована 1837 роком. Другий том цієї праці вийшов у 1854 р., і, зокрема, містить відомості про те, що з південного боку стовбура дерева формуються ширші річні кільця, завдяки чому стовбур дерева набуває ексцентричності. З цією думкою полемізує академік О. Ф. Міддендорф у своїй праці «Подорож на Північ та Схід Сибіру: Рослинність Сибіру», що вийшов у 1867 році, стверджуючи, що в галузі його досліджень подібної закономірності немає.

Тема дослідження мінливості річних кілець розвивається у книзі О. М. Бекетова «Про вплив клімату на зростання сосни та ялинки», опублікованій у 1868 році. Ширина річного кільця цікавила його насамперед як індикатор механічних властивостей деревини. Ним зокрема зазначалося, що з повноцінного вивчення впливу погодно-кліматичних змін на ширину річного кільця, необхідно врахувати ще й вплив ґрунту (трофотопу), від якості якого ширина кільця також дуже залежить.

О. М. Бекетова цікавила мінливість річних кілець практично всіх основних лісоутворюючих порід України, але у своїй статті він обмежився лише хвойними: сосною звичайною, ялиною звичайною, модриною європейською та сосною ялицею.

Він зазначає, що деревні породи по-різному реагують на один й той самий екологічний фактор. Наприклад, він пише: «Вологий ґрунт сприяє потовщенню раннього шару ялин звичайної, викликаючи абсолютно протилежне явище у сосни звичайної. Крім того, найбільш щільність

деревини не у всіх деревних порід визначається шириною річного кільця. Зокрема хвойні породи взагалі стають більш щільними із зменшенням товщини річних кілець, листяні - навпаки». Крім впливу погоднокліматичних змін, умов ґрунтового живлення та виду деревних порід

О. М. Бекетов відзначив роль фактора віку, зокрема: «Відомо, що на початку сосна звичайна зростає швидше, утворюючи ширші річні кільця». Відзначено їм той факт, що дерева, які ростуть на відкритому просторі, дають річні кільця ширші, ніж дерева, що ростуть у зімкнутому лісовому деревостані. Було також поставлено питання про необхідність дослідити фактори, які впливають на співвідношення ранньої та пізньої деревини у річному кільці.

Першими дендрохронологічними роботами вважатимуться роботи:

А. Покорні, (Австрія), Ф. М. Шведова (Україна); А. Е. Дугласа (США). Вчитель Віденської гімназії А. Покорні запропонував методикку визначення метеорологічних коефіцієнтів за річним приростом стовбурів двосім'ядольних рослин. Його робота називалася: «Метод визначення метеорологічних коефіцієнтів щорічного приросту деревини стовбурів двосім'ядольних рослин». А. Підкорні виявив залежність річного приросту від погоднокліматичних факторів, і запропонував проводити вимірювання річних кілець за двома радіусами (довгого та короткого), оцінюючи зміни приросту в залежності від віку за десятиліттями. Вплив клімату А. Покорні визначав щодо ширини окремих річних кілець до їх середніх багаторічних величин.

Професор Одеського університету Федір Никифорович Шведов (1859-1905), фізик та метеоролог, у своїй всесвітньовідомій роботі «Дерево як літопис посух» на підставі аналізу річних кілець двох дерев білої акації, зрубаних в місті Одеса, встановив прямий зв'язок річного приросту з опадами гідрологічного року (жовтень-вересень). Він дослідив, що найвужчі річні кільця збіглися з посушливими роками. Ф. М. Шведов визначив умови, необхідних для використання дендрохронологічних даних, з метою прогнозування кліматичних змін. Для нівелювання індивідуальних властивостей кожного дерева Ф. М. Шведов запропонував радіус зовнішнього річного кільця дерев, що вивчаються (який залежний від діаметра дерева), помножити на так званий «нормальний» радіус (500 мм). Потім ширина річних кілець кожного року співвідносилася зі середньобагаторічними значеннями. Ф. М. Шведовим було виявлено 9-річний цикл у мінливості ширини річних кілець, що він пов'язав із дією посух. Водночас, на зпилах сосни звичайної та ялини звичайної, що були

привезені йому на той час з Тригурського лісництва, Волинської губернії (сучасне Трегірське лісництво, Філя «Коростеньське лісомисливське господарство» ДП «Ліси України, Житомирська область»), він не виявив жодної періодичності. Дане спостереження вкрай важливе з погляду лісової дендрохронології та дендроіндексації, оскільки демонструє принципову різницю у закономірностях мінливості приросту межі ареалу (у даному випадку ареалу зони Полісся), та в оптимальних лісорослинних умовах зростання. У своїй роботі Ф. Н. Шведов бачив практичний додаток до можливості на основі мінливості річних кілець виявити періодичність посух, а отже, і періодичність неврожаю зернових культур у сільському господарстві. Однак, як зазначає він сам: «Осередок вагомості результатів цих досліджень полягає в тому, що товщина річного кільця залежить функціонально від кількості річних опадів, і тому поперечний зпил дерева може замінити собою плювіометричні (метеоролого-хронологічні) виміри саме там, де такі не робляться».

В цілому дослідження Ф. Н. Шведова містили в собі всі основні принципи, на яких згодом розвинулась класична дендроіндексація (дендрохронологія). Однак частина прийомів класичної дендрохронології ним ще не були чітко окреслені, наприклад, - принцип перехресного датування контролю річного приросту за правильністю розпізнавання річних кілець та датування деревини мертвих дерев.

Невідомим залишилось для Ф. М. Шведова й існування «випалих» річних кілець. На той час він не допускав думки, що коливання ширини річного приросту можуть бути пов'язані з коливаннями температур, а значить, що на річному прирості позначаються тільки опади, і тому в районах з добрим волого забезпеченням безглуздо шукати періодичність у коливаннях річного приросту деревостанів.

Ф. М. Шведов встановив, що сухі та вологі роки чергуються у певному порядку: рік посухи настає раптово, зазвичай йому передують роки зі зниженою кількістю опадів. Ним був запропонований «дендрометричний метод дослідження опадової діяльності атмосфери». Надалі цей метод нажаль надовго був забутий, хоча ряд вчених-екологів продовжували пізніше роботи у цьому напрямку, як, наприклад, А. П. Тольський в 1904-1913 гг.

Засновником нового наукового напрямку – дендрохронології по праву вважається американський астроном зі штату Арізона – Андреа - Еліотт Дуглас (1867-1962 рр.) Свої перші дендрохронологічні дослідження Дуглас почав у лісах Північної Арізони у 1901-1904 роках на пенях дерев сосни

жовтої. Крім того, він збирав велику кількість зпилів з різних країн Європи та Америки, в тому числі зпилів дуже старих дерев (наприклад, секвойя гігантська з Південної Каліфорнії (вік - 3200 років!). У всіх група обстежених зпилів Дуглас виявив 11-річний сонячний цикл. Роки максимальної діяльності Сонця повністю збіглися зі збільшенням ширини річних кілець, при мінімумах ширина кілець зменшувалась. Дуглас виявив також наявність зв'язку річного приросту із кліматичними факторами. Результати своїх досліджень Дуглас вперше опублікував у 1909 році в роботі «Погодні цикли у зростанні великих дерев». Він вперше сформулював та перевірів на практиці основні принципи дендрохронології, підкреслив значення хвойних видів дерев та деревних рослин із посушливих місцезростань як джерел найбільш чутливих деревно-кільцевих хронологій, обґрунтував та ввів у практику метод перехресного датування річних кілець. А. Е. Дуглас організував в Арізонському університеті першу у світі Лабораторію вивчення річних кілець дерев, яка досі є провідною науковою установою в цій галузі знань.

Успіху робіт Дугласа та взагалі американських дендрохронологів сприяли три дуже важливі та сприятливі умови:

1. Дуглас почав свої роботи на певній замкнутій території у посушливих районах Південного Заходу США. Тут вирішальним чинником формування річного кільця були опади;

2. В руки до нього потрапили відразу найбільш підходящі види хвойних дерев, дуже чутливих до кліматичних факторів - жовта сосна, дугласова ялиця і сосна пінйон. Ці дерева дуже часто досягають віку 1000 років та більше;

3. Дослідники отримали для вивчення не лише багатовікові дерева, що й нині живуть, але й деревні залишки від археологічних об'єктів, що добре збереглися.

У 1920 р. А. Дуглас звернувся і до археологічного датування. Американські індіанці у Північно-Західній частині штату Нью-Мексико та у прилеглих районах протягом багатьох сотень років широко використовували у своїх спорудах деревину хвойних порід, серед яких було багато дугласової ялиці, жовтої сосни та інших видів. При сухому кліматі дерева добре збереглися, як у розкопаних спорудах, так і в наземних руїнах. Спочатку Дуглас спробував скласти відносну хронологію, намагаючись з'ясувати питання про час заселення Пуебло-Боніто та деяких поселень ацтеків у Північній частині штату Нью-Мексико. Зразків дерев було цілком достатньо. Дуглас відразу ж виявив, що дерева можуть бути

перехресно датовані, і встановив, що зразки дерев з Пуебло-Боніто на 40-50 років старші. Ця відповідь, що дала відносну «плаваючу» хронологію, була зустрінута археологами з ентузіазмом. Вони відчували, що може бути створений дендрохронологічний календар, яким можна буде визначати дати поселень різних стародавніх міст. Було розпочато спеціальні роботи зі збору матеріалу. У колекцію включалися зразки дерева від будівель ранніх іспанських поселень, від більш ранніх та пізніх споруд, і навіть від нині заселених будинків у найдавніших поселеннях індіанців племені Хопі. Внаслідок майже десятирічної роботи було отримано абсолютну хронологію від сучасності до 1280 року. нашої ери і ще відносна «плаваюча» хронологія від більш давніх споруд протяжністю в 585 років. На підставі археологічних матеріалів можна було припустити, що відносна хронологія не набагато давніша за абсолютну.

У 1929 р. були організовані спеціальні експедиції для пошуку матеріалів, за якими можна було б побудувати дендрохронологічну шкалу, що зв'язує дві ці хронології. У містечку Шоулоу в Аризоні було організовано розкопки, які дали зразки деревини від стародавніх споруд. На підставі одного зразка деревини, що обвуглився, Дугласу вдалося з'єднати абсолютну хронологію з відносною, отримавши таким чином відразу ж абсолютну дендроіндексаційну (дендрохронологічну) шкалу для південного заходу США з 698 р. по 1929 р. Найбільш давня споруда на Пуебло-Боніто датувалась 919 р. Ця хронологічна шкала була збудована на основі 168 дерев. Пізніше абсолютну дендрохронологічну шкалу споруд цього району було доведено до 11 року нашої ери. Дендрохронологія іншого району – Меза Верде у штаті Колорадо, неподалік міста Дуранго, простягається до 369 р. нашої ери. Хронологія, побудована лише з археологічному матеріалі, охоплює період до 1275 р. Хронологія, заснована на живих деревах, перебиває археологічну хронологію на проміжку 185 років.

Дуглас прожив довге, цілком віддане науці життя. Помер він 1962 р. віком 94 років. Він є автором 159 робіт, присвячених дендроіндексації (дендрохронології) та дендрокліматології. Ним створено найбільшу дендрохронологічну світову наукову школу дендрохронологів. Частина його учнів працює у створеній ним в 1937 р. лабораторії з вивчення річних кілець при Арізонському університеті. Ця лабораторія й понині є найбільшою науковою установою Світу в галузі дендрохронології. В даний час співробітники лабораторії Г. Фрітт, Б. Баністер, К. Фергюсон, В. Робінзон та інші проводять широкі багатопланові роботи з

дендрохронології та дендрокліматології світу. Успіхи дендрохронологів університету Арізони важко переоцінити.

У середині 50-х років учень Дугласа Е. Шульман, досліджуючи варіації річного приросту у зв'язку з впливом температур та вологості, звернув увагу на високогірні породи хвойних дерев, що ростуть в особливо суворих кліматичних умовах. У 1956 р. Е. Шульман виявив у Каліфорнії кілька дерев сосни остистій. Надалі він зосередив пошуки подібних дерев в Білих горах, на сході центральної частини штату Каліфорнія. Хвойні породи там ростуть на висоті понад 3000 м над рівнем моря, і знаходяться в щодо посушливої зони, з річним рівнем опадів від 305 до 330 мм. Посушливість цих місць пояснюється тим, що тихоокеанські циклони, просуваючись на схід, у глиб континенту, затримуються схилами гір Сьєрра-Невада, і це призводить до випадання тут рясних опадів, а Білі гори, що знаходяться на Схід, і долина Оуенз, яка лежить в них, залишаються як би прикритими від них. Комбінація сухості, висоти та переважання доломітових ґрунтів призвела до того, що дерева тут повільно ростуть, але довго живуть. Крім того, смолиста і щільна деревина робить їх стійкими до дії вологи та гнилі. Постійний рівень фотосинтезу дав деревам можливість витримувати багато років несприятливі кліматичні чинники. Пенькі і більші залишки мертвих (засохлих) дерев зберігалися у цих умовах тисячоліттями. Е. Шульман почав збирання зразків від цих дерев. Після його смерті (1958 р.) ця робота на деякий час припинилася, а 1962 р. була відновлена К. Фергюсоном, і продовжується до теперішнього часу.

В результаті широко поставлених робіт до 1967 р. К. Фергюсон зібрав зразки деревини більш ніж від 1000 дерев з району Білих гір. Серед зразків були зпили - суцільні та часткові по діаметру, а також колонки кілець, взяті буром Пресслера. При створенні хронології, заснованої на даних сосни остистої, дослідники для перевірки та порівняння графіків річних коливань використовували отриману раніше для секвоядендрону гігантського, що походить з гір Сьєрра-Невада, дендрошкалу протяжністю до 1250 до нашої ери. Крім того, робились контрольні порівняння з інтегрованою археологічною дендрохронологічною шкалою Південного Заходу, доведеною до 59 р. до нашої ери.

Необхідність перехресної перевірки дендрошкали з іншими шкалам викликала тим, що у дерев, які ростуть винятково повільно, були так звані кільця, що випадають, тобто ділянки річного приросту, що утворилися в роки з особливо важкими кліматичними умовами, які не можуть бути зафіксовані сучасними приладами спостереження та виміру

кілець. Серед зразків були такі, де за радіусом і довжиною 12,7 см розташовувалося більш ніж 1100 кілець. Були кільця в кілька сотих міліметра завтовшки. На деяких зразках випадання кілець становили 3-5% від загальної кількості кілець. Перехресне датування всередині шкали, а також порівняння зі шкалами секвоядендрону гігантського та археологічної (складеною по хвойних деревах), дозволили виявити, чи випадають кільця на конкретному зразку, і в результаті скласти надійну шкалу з показниками варіацій річного приросту рік у рік.

Крім того, Г. Фрітт проробив роботу з кореляції дендрошкали Білих гір із дендрошкалами з інших районів країни. Застосовуючи сучасну обчислювальну техніку, він отримав досить високі коефіцієнти кореляції зі шкалами дерев, що ростуть на відстані до 1600 км на Схід та Південь, та понад 480 км - на Північ від заповідника Іньюн (Білі гори) - основного місця відбору зразків. Найстаріше за віком дерево, що було включено в дендрошкалу мало вік 4600 років, тобто хронологія тягнулась до 2637 до н. е. Потім почалися перехресні порівняння із сухими (мертвими) деревами, яких було зібрано кілька десятків. Одне із сухих тисячолітніх дерев, виміряне за кількома радіусами на серії зрізів з надійним накладенням на пізніші зразки, дало хронологію, що досягає 4732 р. до н. е. Інший зразок, що дав накладення з надійною кореляцією на попередню шкалу та шкалу живих дерев, отримав річну хронологію до 4515 до н. е. Третій зразок подовжив шкалу до 4466 до н. е. Для V та IV тис. до н. е. надійне накладення хронологічної тканини, дали вісім дерев.

У польовий сезон 1967 р. було знайдено зразок, який дав синхронні варіації із зразком 4732 р. до н. е. протягом більш як 300 років. Цей 1110 річний зразок дав загальну шкалу ще на 418 років. В результаті хронологія продовжилася до 5150 до н. е., і таким чином безперервна абсолютна дендрохронологічна шкала отримала довжину 7117 років. У наступні роки К. Фергюсону вдалося знайти серію більш стародавніх зразків, і таким чином продовжити шкалу ще на 1136 років, продовживши хронологію по сосні остистій до 8253 р. від наших днів.

Під час роботи над створенням цієї шкали, в період її уточнення та розвитку, автори дослідження піддавали дані вимірів річних кілець різнобічній математичній обробці з використанням обчислювальних машин. Вони підраховували за спеціальними програмами коефіцієнти кореляцій окремих пар річних значень зразків річних кілець, взятих від одного дерева або від різних моделей дерев. Потім обчислювали кореляцію першого порядку в серії річних кілець, яка вказувала на ступінь залежності

певної величини даного кільця від такої величини попереднього. Визначалися стандартні відхилення конкретного кільця від середньої величини кільця дерева. В останні роки ними розроблено машинну програму, що дозволяє використовувати критерій χ^2 для оцінки відхилень розподілу будь-якої послідовності величин річних кілець від нормального заданого.

Дендрохронологічні дослідження США, крім Південного Заходу, поширилися на інші райони континенту: на узбережжі Тихого океану, на Південно-Західну Канаду, Східний Орегон, американську Арктику та інші райони. Великий та вичерпний огляд робіт американських дендрохронологів до 1955 р. зробив У. Глок.

У Європі дендрохронологічні дослідження стали значно розвиватися пізніше, ніж у США. Найбільш енергійно вони стали проводитися у Скандинавських країнах та Німеччині з кінця 30-х-початку 40-х гг. Причин повільного розвитку дендрохронології в Європі досить багато, але є дві головні. По-перше – вік: дерев тут не досягають такого значного віку, як в Америці. Деревні насадження в Європі досягають віку не більше 300 років, а окремі дерева не перевищують віку 500 років.

По-друге, у Європі набагато більше складні взаємозв'язки кліматичних факторів, а це мало спочатку значення, оскільки дендрохронологічні дослідження тут вперше розпочали застосовувати лісівники, дендрологи, лісові таксатори, лісовпорядники та ботаніки.

Основним і єдиним шляхом складання абсолютних дендрохронологічних багатовікових шкал у Європі, є метод перехресного датування, систем накладання серій зразків річних кілець дерев, що нині живуть на моделі від пам'яток стародавньої архітектури, від об'єктів археології та копалини дерева. Таким шляхом європейські дендрохронологічні шкали, що складені вже протягом 1000 років й більше, можуть бути продовжені в подальшому на кілька тисячоліть.

У 70-х роках в Європі найенергійніше працювала група вчених школи Бруно Губера з Європейського лісоботанічного інституту Мюнхенського університету. У 1972 р. Б. Губер помер, а дендрохронологічні дослідження, розпочаті им, продовжуються в Лабораторії дендрохронології Ботанічного інституту Гогенгеймський університет в Штутгарті. Там їх проводить співробітники, зокрема учень Губера, - Б. Беккер. Велика робота останніми роками проводиться співробітниками лабораторії дендрохронології Інституту біології Гамбурзького лісового університету під керівництвом

Д. Екштейна та І. Бауха. В Німеччині працює ще кілька невеликих груп дендрохронологів у Геттінгені, Трірі та Кьольні. Б. Губер та його учні застосували метод перехресного датування систем накладення зразків від живих дерев сучасного лісу, на зразки від дерев'яних конструкцій архітектурних споруд Південних та Південно-Західних районів Німеччини. Породи деревини – дуб звичайний, дуб болотний. Найбільш повна шкала за кількістю обробленої деревини сягає від сучасності до 832 р. Для тих же районів Півдня та Південного Заходу, Б. Беккер та В. Гірц - Зібенліст у 1970 р. опублікували дендрохронологічну шкалу по ялині білій від сучасності до 820 р. Для західних районів Німеччини Є. Холиптейн за окремими зразками дуба звичайного здатував шкалу Губера до 383 р. н. е.

Для Східної частини Німеччин у районі Везербергланда, шкалу по дубу звичайному від сучасності до 1004 р. Для Півночі Німеччини Д. Екштейн та І. Баух склали абсолютну дендрохронологічну шкалу по дубу звичайному від сучасності до 1266 н. е.

Норвезькі дендрохронологи, досягнувши значних успіхів у галузі теорії та методики дендрохронології, змогли скласти абсолютні шкали по сосні звичайній тільки до XIX-XV ст. П. Ейдем по соснам центральної Норвегії встановив шкалу з 1424 по 1938 р., а, по соснам східної Норвегії – абсолютну шкалу з 1383 по 1954 рр.

В Англії для Південних районів І. Флетчер склав шкалу по дубу звичайному на основі дерева з архітектурних пам'яток з 850 до 1550 р. На сьогодні ведуться роботи в Ірландії в Лабораторії палеоекології Королівського університету у Белфасті. Останні дослідження М. Бейлі дозволили встановити абсолютну хронологію для ірландського дуба тривалістю 592 р. - з 1381 до 1973 р. За цією шкалою Ірландські історики нині уточнюють датування середньовічної архітектури. На основі археологічного дерева з розкопок у Дубліні, складена відносна «плаваюча» хронологія протягом 453 р. - з середини IX до початку XIV ст. У Фінляндії Р. Сирен склав по соснах звичайних абсолютну дендрохронологічну шкалу з 1181 по 1960 (81геп, 1961). В Австрії за модриною складено абсолютну шкалу протягом 638 років - з 1333 до 1971 р.

В інших районах земної кулі інтенсивні дендрохронологічні дослідження почали проводитися дещо пізніше, приблизно з сорокових років минулого сторіччя. Зокрема, в Україні посилений інтерес до дендрохронологічних досліджень почав виявлятися з початку 1960-х років 20-го століття. У 70-80-ті роки спостерігається якісне зрушення у створенні робіт цієї галузі науки. Центром, що координує роботи в галузі

дендрохронології та дендрокліматології став Харків, зокрема була створена спеціалізована дендрохронологічна комісія при Науковій Раді НАН України із проблеми «Біологічні основи раціонального використання, перетворення та охорони рослинного світу», що існувала на той час при УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького. В 1978 р. в цьому інституті було створено Дендрохронологічний банк сучасної України, та вже колишнього СРСР, основні функції якого полягали у збереженні дендрохронологічних даних від статистичних втрат, в доступності дендрохронологічної інформації для дослідників будь-якого профілю світу, в обміні дендрохронологічними матеріалами з іншими країнами та Міжнародним банком дендрохронологічних даних. На початок 1989 року у банк було вже закладено 584 дендрошкар, 75 з них було складено з урахуванням річних кілець археологічної деревини, а 24 шкали - за даними дерев із різних історичних пам'яток.

Починаючи з 1983 року УкрНДІЛГА ім. Г. М. Висоцького (м. Харків) тісно співпрацює з Каунаським інститутом ботаніки (Литва). У Каунасі починають регулярно публікуватися серійні випуски наукового журналу: «Дендрохронологічні шкали», а також наукового журналу «Тимчасові, просторові зміни клімату та річні кільця дерев», а також бібліографічні довідники з дендрохронології, дендрокліматології. Основним завданням цього центру є отримання даних про річний приріст дерев в різних деревних порід з найрізноманітніших в екологічному значенні регіонів як України, так й Світу. Крім того в цей період науковцями УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького активно вивчається рослинність рівнинної, гірської зони Карпат й Криму.

З вчених-сучасників, що здійснюють свої наукові дослідження в напрямку дендроіндексації та дендрохронологічних вимірювань слід особливо відмітити наукові роботи доктора сільськогосподарських наук, професора Коваль Ірини Михайлівни, яка у своїй дисертаційній роботі та науковій монографії на тему: «Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України», детально проаналізувала за період з 2001 по 2021 роки дослідні дані стосовно особливостей реакції радіального приросту сосни звичайної, сосни кримської та дуба звичайного на екологічні зміни в лісових екосистемах під впливом кліматичних та антропогенних факторів у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Крім цього вона вперше окреслила нові регіональні деревно-кільцеві хронології тривалістю в 143 роки для сосни звичайної, в 143 роки для дуба звичайного у деревостанах зони Полісся; тривалістю в 97 років для сосни звичайної та

114 років для дуба звичайного у деревостанах Лівобережного Лісостепу. Нею побудовано дві локальні деревно-кільцеві хронології для сосни кримської тривалістю в 149 років та одну в 42 роки для деревостанів Південного схилу Кримських гір. У своїй роботі вона підтвердила наукову гіпотезу про негативний вплив зимових, ранніх весняних температур, і температур вегетаційного періоду на стійкість деревостанів сосни звичайної, дуба звичайного в умовах зони Полісся, Лісостепу та на Південному узбережжі Криму, що проявилось у збільшенні кількості значущих зв'язків між індексами приросту та кліматичними чинниками, що коливаються в межах 0,33–0,40. В її роботі вперше в умовах зони Центрального Полісся України доведено, що посухи, високі зимові та ранньовесняні температури посилюють депресію радіального приросту сосни звичайної в насадженнях. Вона акцентує увагу, що зменшення тенденції радіального приросту сосни звичайної у 2005–2010 рр., що викликано не лише хронічним забрудненням лісових екосистем, а й підвищенням зимових та ранньовесняних температур, які перевищили оптимальний поріг приросту дерев.

Слід також відмітити комплекс наукових дендроідекаційних досліджень старшого дослідника Ткаченко Марини Володимирівни, яка під керівництвом кандидата сільськогосподарських наук, доцента Левченко Валерія Борисовича в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень заклали низку дендрохронологічних пробних площ, провели відбір кернового матеріалу у кількості 1340 одиниць, його датування та визначили вплив збудників хвороб, а саме - кореневої губки сосни звичайної, соснової губки, постпірогенного впливу лісових пожеж в контексті формування пожежної підсушини на депресію радіального приросту в лісорослинних умовах А₁₋₂, В₂₋₃ Перганського та Копищанського відділень Поліського природного заповідника, що було виконано вперше. Крім цього дослідники підтвердили, що зниження рівня болотних вод в умовах оліготрофного болота «Журавлине болото» та мезотрофного болота «Йосипове болото» Поліського природного заповідника, суттєво знижує закладання раннього приросту сосни звичайно (болотна форма), що в подальшому призводить до її депресії та часткового всихання через вплив змін погодно-кліматичних факторів. Ткаченко М. В. підтвердила, що саме рівень обводеності боліт Поліського природного заповідника прямо впливає на динаміку закладання радіального приросту сосни звичайної. Левченко Валерій Борисович довів, що вплив пожежної підсушини на

формування радіального приросту сосни звичайної по межі згарищ від дії лісових пожеж 2020 року є визначальним у їх стійкості до патогенезу кореневої губки сосни звичайної, соснової губки.

Інститут ботаніки академії наук Литви у Вільнюсі, починаючи з 2002 року вів активні наукові роботи з вивчення різних порід дерев дуба звичайного, ялини звичайної, сосни звичайної, модрини європейської, вільхи чорної з різних за своїми географічними особливостями районів країн прибалтійського регіону. У Львівському Лісотехнічному інституті (зараз це Національний лісотехнічний університет України, місто Львів) велись дослідження деревних порід, що ростуть біля верхньої межі лісів Карпат та Криму. На сьогоднішній день зібрано, відцифровано та систематизовано всю доступну інформацію на тему: «Ширина деревних кілець на тимчасовій шкалі», що була систематизована протягом з 1972 по 2023 роки. Вона складається з 13-ти рядів-хронологій тривалістю більше ніж в 1000 років, 56-ти рядів тривалістю в 500 років, у деяких випадках, тривалість хронології становить 7315 років. Є й особливо важливі дані, наприклад, ряди відхилень в морфологічній структурі річних кілець. Їх можна в подальшому використовувати, як своєрідні дендрохронологічні мітки – реперні точки. На сьогоднішній день в Україні географія дендрохронологічних досліджень дуже широка.

У світі зараз функціонує велика кількість науково-дослідних дендроіндексаційних (дендрохронологічних) лабораторій та груп, які відбирають, обробляють та використовують деревно-кільцеву інформацію. Ці лабораторії та групи працюють у різних природно-кліматичних зонах, від зони тропіків до зони арктичних напівпустель. На сьогоднішній день вже накопичено великий обсяг інформації. Тому для її зберігання в 1974 році було створено Міжнародний банк даних деревиннокільцевих хронологій (International Tree-Ring Data Bank), який знаходиться в місті Боулдер, штат Колорадо (США), і є складовою частиною Світового центру дендрохронологічних даних з палеокліматології.

Контрольні питання:

1. Назвіть основних вчених, що були засновниками сучасної дендрохронології в Україні та в світі.
2. Яка роль вчених України у становленні та розвитку дендрохронології?
3. Назвіть основні дендрохронологічні міжнародні дослідні центри.

4. Коли вперше було помічено зв'язок між шириною річних кілець і кліматом?
5. Який внесок у розвиток дендроіндикації зробив Леонардо да Вінчі?
6. Які ідеї щодо річних кілець висловлював Карл Лінней?
7. У чому полягали основні положення праць О. М. Бекетова?
8. Яке значення мали дослідження Ф. М. Шведова для розвитку дендрохронології?
9. Які обмеження ранніх дендроіндикаційних методів були згодом подолані?
10. Чому Андреа-Еліотта Дугласа вважають засновником сучасної дендрохронології?
11. У чому полягає принцип перехресного датування?
12. Які умови сприяли успіху дендрохронологічних досліджень у США?
13. Чому розвиток дендроіндикації в Європі був повільнішим?
14. Яке значення мали археологічні матеріали для створення абсолютних хронологій?
15. Які наукові школи дендрохронології сформувалися у ХХ столітті?

РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДЕНДРОІНДИКАЦІЇ

Основними положеннями (принципами) дендрохронології є закон лімітуючих факторів, вимога вибору відповідних завдань дендрохронології районів та місцепроживання, принципи чутливості, перехресного датування, повторності та уніформізму.

Суть закону лімітуючих факторів у дендрохронологічному контексті полягає в тому, що біологічні процеси в деревних рослинах (зокрема, їх зростання) не можуть протікати швидше, ніж це дозволяється зовнішнім або внутрішнім фактором, що має найбільш неоптимальні для рослин значення. Якщо цей фактор з будь-якої причини змінюватиметься і переходить в розряд оптимальних, то лімітуючим стане інший фактор (або фактори). Новий лімітуючий фактор визначить нову швидкість радіального приросту.

Відповідно до цього закону, для дендрохронологічного аналізу найбільш придатні ті дерева, на приріст яких впливає той чи інший лімітуючий фактор (у граничному випадку - лише один), вплив якого є істотно різним у різні роки, що зумовлює у роки помітно різну швидкість приросту дерев.

Відповідно до цього закону, для дендрохронологічного аналізу слід брати зразки з таких дерев, величина річного приросту яких прямо або побічно лімітується будь-яким зовнішнім чинником. У тому випадку, коли зростання обмежується одночасно кількома факторами, при знаходженні залежностей використовуються комплексні показники (наприклад, гідротермічні коефіцієнти).

Вимога адекватного вибору районів та місцязростання є складовою частиною закону лімітуючих факторів. Відповідно до цієї вимоги, під час проведення дендрохронологічних досліджень зразки деревини повинні братися у дерев, які ростуть у несприятливих та екстремальних кліматичних та ґрунтових умовах, де найбільш повно проявляється дія лімітуючих факторів.

Такими районами є верхня, нижня Північна та Південна межі поширення деревної рослинності, а місцезростаннями - заболочені, скельні та забруднені промисловими викидами території.

Принцип чутливості застосуємо при аналізі будь-яких реєструючи структур з вираженою сезонною періодичністю та пов'язаних з ними тимчасових рядів, але найбільш широко він використовується при аналізі деревно-кільцевих хронології. У сприятливих для приросту дерев районах

формується широкі річні кільця. При цьому у таких дерев добре виражені зміни приросту з віком (тобто за великий проміжок часу), а зміна величини приросту між сусідніми роками виражена слабо. Подібна послідовність річних кілець зі слабкою мінливістю їх ширини одержала назву **«сприятливою»**. У несприятливих для росту дерев умовах, кільця приросту в середньому більш вузькі, їх ширина значно коливається з року в рік, вікова крива приросту виражена слабо. Часто спостерігається випадання кілець. **Такі серії кілець називаються «чутливими»**. Чутливість серій кілець пояснюється тим, що під час переходу лімітуючого фактора з зони меншої в зону більшої оптимальності, швидкість росту деревних рослин змінюється не пропорційно до змін фактора, а набагато швидше. Чим сильніша мінливість величини приросту дерев від року в рік, тим більше надійним індикатором змін умов середовищем є серія річних кілець. **Для оцінки ступеня чутливості серій річних кілець, застосовується спеціальний показник – коефіцієнт чутливості.**

Він визначається шляхом обчислення абсолютної різниці сусідніх значень ширини річного кільця, поділеної на середню величину кільця у цій кільцевій серії.

Коефіцієнт зразка серії загалом береться як середнє значення коефіцієнтів всіх кілець серії. Діапазон мінливості значень коефіцієнта окремо взятих пар кілець та серій коливається від 0 до 2. *Серія кілець вважається чутливими, коли середній коефіцієнт перевищує 0,3.* Дерев з найвищою чутливістю відбирають для побудови дендрохронологічних шкал.

Принцип перехресного датування є найважливішим у дендрохронології, і розроблений з метою абсолютного та відносного датування часу формування кілець із точністю до року.

В основі цього принципу є наступне. Деревні рослини, що ростуть у межах однорідного кліматичного району, однаково реагують на величиною приросту зміни лімітуючих кліматичних факторів. У сприятливі за кліматичними умовами роки, в більшості дерев формуються широкі кільця, а у несприятливі – вузькі. У зв'язку з цим у таких дерев спостерігається синхронна мінливість величини приросту в часі. Особливо показові вузькі кільця, коли приріст найбільшою мірою лімітується тим чи іншим кліматичним фактором (наприклад, у разі гострого дефіциту вологи у посушливі роки). Послідовність вузьких, середніх за величиною та широких кілець, дуже специфічна для кожного досліджуваного району та проміжку часу, можна навіть вважати, що вона неповторна й повністю

оригінальна. Тому максимально можлива схожість величин приросту в різних дерев досліджуваного району, спостерігається лише в тому випадку, якщо порівнюватимуть кільця, сформовані в одні й ті ж роки.

Метод перехресного датування (рис. 6) дозволяє виявляти помилкові та кільця, що випали, проводити абсолютне та відносне датування кожного кільця з точністю до року в порівнюваних індивідуальних послідовностях деревних приростів. Метод дозволяє також продовжувати деревно-кільцеві хронології далеко вглиб століть на основі використання деревини давно відмерлих дерев (сухостої, а також похованої в торф'яних болотах, річкових та озерних відкладах, напіввикопної).

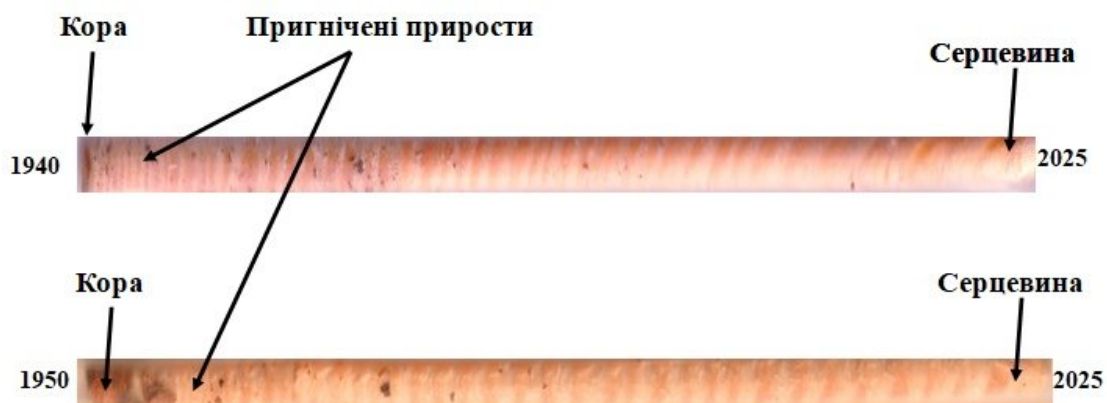


Рис. 6. Принцип перехресного датування, порівняння двох зразків та вибір точного місця, де відповідність між ними максимальна.

(за результати досліджень Левченко В. Б., Ткаченко М. В. в умовах 48 кварталу, 4 виділу Перганське ПНДВ Поліського природного заповідника)

За результатами перехресного датування відібраних деревинно-кільцевих хронологій, можна побудувати графічні узагальнені дендрохронологічної залежності, наприклад впливу лісових пожеж на приріст деревостану сосни звичайної в умовах 48 кварталу 13 виділу Перганського природоохорного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника, в результаті яких Левченко В. Б. та Ткаченко М. В. було проаналізовано 40 індивідуальних хронологічних серій. Було встановлено, що середня довжина серії - 90 років (рис. 7). Середня ширина річного кільця становила 0,82 мм, максимальна 2,76 мм. Середня кореляція між серіями досить висока ($r=0,76$).

Значення річного приросту,
мм

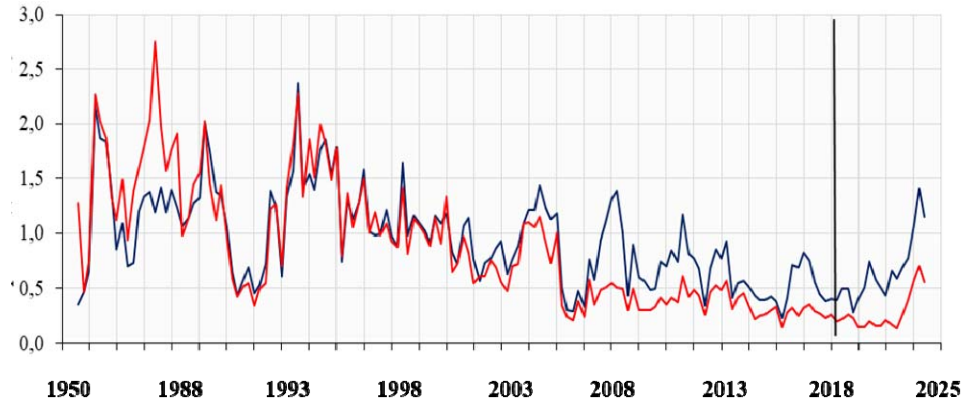


Рис. 7. Деревинно-кільцева хронологія з впливом пожежної підсушени в умовах 48 кварталу 19 виділу Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника (за даними Левченко В. Б., Ткаченко М. В. 2022 – 2025 рр.)

Деревні рослини, що ростуть в межах якогось району, величиною радіального приросту подібно реагують на зміну зовнішніх факторів у сприятливі за кліматичними умовами роки. При цьому формуються широкі річні кільця, у несприятливі - вузькі. У зв'язку з цим у більшості дерев спостерігаються синхронна зміна ширини річних кілець як в часі, так й в просторі (в межах однорідного за кліматичними умовами району). Особливо показові вузькі кільця, коли приріст найбільшою мірою лімітується будь-якими факторами (наприклад, нестача вологи при посуші). Широкі річні кільця зазвичай менш показові, тому що у сприятливі роки вони формуються не у всіх дерев у зв'язку з лімітуючим впливом певних місцевих або другорядних чинників. Чим більш чутлива та чи інша кільцева серія, тобто, чим сильніше приріст залежить від кліматичних факторів, тим легше робити його датування. Чергування вузьких та широких кілець неповторне у часі, тому поєднати графіки зміни ширини кілець у порівнюваних дерев можна лише в межах чітко визначеної ділянки дендрохронологічної шкали.

Перехресне датування - це порівняння подібних відображень річних кілець у різних дерев та вибір точного місця, де відповідність між ними знайдена.

Завдання датування - точно визначити рік формування всіх річних кілець у серії шляхом виявлення помилкових та випадкових. Виявлення останніх виробляється з допомогою вивчення мінливості ширини кілець в багатьох дерев.

У разі наявності помилкового або випадającego кільця у певному відрізьку, порушується синхронність у коливанні ширини річних кілець. Наявність хибних кілець, що випадвають, виявляється за допомогою програм TSAP-Win, ARSTAN, яка дозволяє розглядати на екрані криві зміни показників приросту у великій кількості дерев, згрупувати криві на різну кількість років, вставляти та видаляти кільця. Якість датування оцінюється за допомогою програми COFESHA.

Таким чином, перехресне датування включає знаходження відповідності у характері мінливості ширини кілець серед досліджуваних зразків, визначення розбіжностей, точне визначення місця, де знаходяться помилкові та випадající річні кільця. За результатами цих операцій будуються регіональні дендрохронологічні шкали, засновані на відносних різних завширшки річних кілець.

Метод перехресного датування дає можливість проводити відносне і абсолютне датування часу формування деревних кілець приросту.

Відносне датування полягає у визначенні пар кілець у порівнюваних зразків, які сформувалися в той самий рік, але календарна дата ще не відома.

Абсолютне датування включає точніше визначення календарної дати всіх річних кілець у досліджуваних зразків.

Вона може бути здійснена лише у тому випадку, якщо відома календарна дата рубки дерева (або взяття керового зразка) хоча б у однієї з перехресних датованих серій.

Завдяки методу перехресного датування є можливим розширення деревинно-кільцевих хронології далеко в глибину століть, за межі віку найстаріших дерев. З цією метою використовується давно зрубана (археологічна) і викопна деревини, що збереглася. Вважається, що для надійного датування, необхідно щоб порівнювані кільцеві серії перехресувалися не менше ніж на 50 кілець. Величина мінімального проміжку перехрещення в основному залежить від чутливості та синхронності порівнюваних кільцевих серій.

Принцип повторності означає використання інформації не з одного, а з певної кількості модельних дерев. Принцип є неодмінною умовою (статистичною за змістом) точної датування кілець, побудови надійних деревно-кільцевих хронологій та проведення більш точної реконструкції умов середовища у теперішньому та минулому. Фізичні та біологічні процеси, що зумовлюють зміни у рості дерева під впливом

факторів навколишнього середовища в даний час, викликали подібні ж зміни у минулому.

Принцип уніформізму (актуалізму) стосовно дендрохронології стверджує, що фізичні та біологічні процеси які зумовлюють зміни у прирості дерева під впливом факторів навколишнього середовища в даний час, протікали аналогічно, і викликали подібні зміни в прирості дерев в минулому. Цей принцип є обґрунтуванням широкого використання деревинно-кільцевих хронологій для модельної реконструкції умов довкілля у минулому, враховуючи те, що дерева – довгоживучі рослинні організми, а екстраполяція зазвичай здійснюється на порівняно короткі геологічні інтервали часу (сотні та тисячі років).

В даний час, коли статичні методи широко використовуються при обробці та оцінці отриманих даних, принципу уніфікованості приділяється все більша увага, і щодо деревинно-кільцевих серій (дендрохронологічних рядів). Особливо важливо дотримуватися цього принципу при дендрокліматичних дослідженнях. При побудові дендрошкал лише з метою датування, необхідна кількість кернових зразків в основному залежить від частоти закладання та випадань річних кілець.

Основні переваги дендрохронологічних методів:

- *висока чутливість деревинно-кільцевих хронологій (рік і сезон року) завдяки наявності добре помітних реєструючих структур (річних кілець, приросту деревини);*
- *можливість абсолютного та відносного датування часу формування річних кілець, як у живих, так і давно відмерлих дерев;м*
- *можливість отримання як прямої (характеристики величини приросту, структури та складу деревини, параметрів просторово-тимчасової динаміки лісових екосистем), так і непрямой інформації (реконструйовані параметри умов довкілля);*
- *можливість отримання тривалих та безперервних хронологій (сотні та тисячі років);*
- *наявність у деревинно-кільцевих хронологіях сильних сигналів, що пояснюються мінливістю довкілля;*
- *можливість виявляти коливання різної тривалості (річні, внутрішньовікові, вікові) у мінливості різних характеристик приросту дерев та визначальних приріст факторів зовнішнього середовища;*
- *можливість отримання інформації для величезних територій суші, де ростуть чи росли у минулому деревні рослини.*

•*можливість отримання керованих матеріалів та широкого використання математико-статистичних методів для оцінки та аналізу деревинно-кільцевих хронологій.*

Недоліки дендрохронологічних методів:

•*неможливість виявлення коливань та трендів у хронологіях, тривалість яких перевищує вік використаних дерев;*

•*неможливість точного датування річних кілець та надійної реконструкції параметрів зовнішнього середовища у разі використання деревнокільцевої інформації, отриманої з однієї чи невеликої кількості дерев;*

•*відмінності в реакції приросту дерева на різних етапах онтогенезу на одні й ті самі фактори зовнішнього середовища та у разі різкої й швидкої зміни кліматичних та ґрунтово-ґрунтових умов.*

Контрольні питання:

1. Які основні положення (принципи) дендрохронології Ви знаєте?
2. Які річні кільця називаються «сприятливі»?
3. Що таке «перекресне датування»?
4. В чому полягає основа принципу перехресного датування?
5. Які переваги та недоліки дендрохронологічних методів?
6. У чому полягає принцип закономірності формування річних кілець?
7. Що означає принцип кліматичної чутливості деревних порід?
8. Як реалізується принцип екологічної обумовленості приросту?
9. Поясніть принцип перехресного датування та його значення.
10. Чому необхідна стандартизація дендрохронологічних рядів?
11. Яке значення має принцип просторової репрезентативності вибірки?
12. У чому полягає принцип повторюваності сигналу?
13. Як вікові тренди впливають на аналіз річного приросту?
14. Чому важливо враховувати індивідуальну мінливість дерев?
15. Які помилки можуть виникати при порушенні принципів дендроіндикації?

РОЗДІЛ 5. МЕТОДОЛОГІЇ ДАТУВАННЯ РІЧНИХ КІЛЕЦЬ

Відібрані з модельних дерев зпилки або керни (висвердлені віковим буром Пресслера зразки деревини) зачищають по обраному радіусу (стамескою, гострим лезом ножа і т.п.). Для кращого виявлення структури річних кілець ряд дослідників пропонує змочувати поверхню зразків різними речовинами чи розчинами. На підготовлених зразках проводять датування кілець, тобто точне визначення року формування кожного шару приросту на основі взаємного зіставлення та узгодженості у зміні ширини річних кілець. Потім проводиться попереднє датування та маркування кілець. Знаючи точний календарний час взяття кернового зразка та формування на ньому камбіального кільця приросту, методом зворотного відліку визначаються календарні дати утворення всіх кілець цієї серії, кільце кожного десятиліття (наприклад 1950, 1980, 1990, 2000, 2025 рр. і т. д.) маркується особливою міткою олівцем або уколом тонкої голки. Одна точкова позначка вказує на десятиліття, дві – на п'ятдесятиріччя та три - на сторіччя (рис. 8).



Рис. 8. Маркування річних кілець на прикладі приростного керну, взятого з пробної площі №2 Перганського ПНДВ Поліського природного заповідника (за даними відбору Левченко В. Б., Ткаченко М. В.)

Для датування кілець застосовують різні методи:

а) візуальний (огляд зміни приросту кілець під збільшувальним приладом). Виявляють зразки, у яких є помилкові та випадваючі кільця, та визначають їхнє місце розташування. На зачищеній поверхні зпила або керна кільце кожного десятиліття (1950, 1960, 1980, 1990, 2000 і т.д.) маркується однією точкою, кожного п'ятдесятиліття (1950, 1990) – двома, кожного століття (1900, 2000) – трьома. Для маркування можна використовувати гостро відточений м'який олівець, капілярну ручку, для особливо вузьких кілець – голку. Якщо відомий рік відбору, маркування здійснюється за допомогою зворотнього відліку. У тому випадку, коли візуальне датування ускладнене через слабку мінливість ширини кілець або великої кількості хибних і випадваючих приростів, будують та зіставляють

графіки зміни ширини річних кілець (рис. 9). Графіки зазвичай будують і при датуванні деревини невідомого віку.

**Середньорічний
приріст (соті долі мм)**

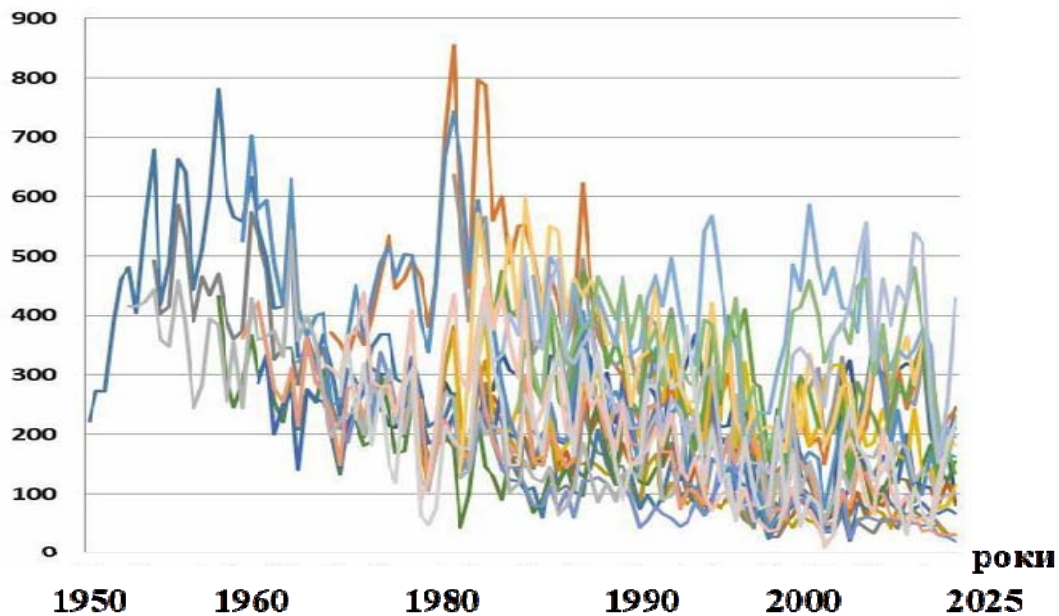


Рис. 9. Динаміка ширини приросту річного кільця в індивідуальних деревинно-кільцевих хронологіях сосни звичайної в умовах Копишанського ПНДВ Поліського природного заповідника (за даними Левченко В. Б., Ткаченко М. В. 2022-2025 рр.)

Дані рис 9 свідчать, що ширина річного кільця суттєвим чином відрізняється у різних дерев. Це пов'язано з їх різним ценотичним статусом (классами за Крафтом).

б) Побудова скелетних графіків (skeletonplot). При аналізі динаміки радіального приросту зразка деревини (керна, спиля) за який-небудь період з середньою, щодо інших, шириною річних кілець приймається за «нормальний період» (normalperiod). Це період буде лінією, вгору або вниз від якої відкладаються ширші чи вужчі кільця. У деяких випадках за еталонний період (preferencereperiod) береться початок зразка (перші річні кільця). На тлі підвищеного чи зниженого (щодо норми) періоду зростання вертикальними лініями виділяються найбільш вузькі або найширші кільця. Скелетні графіки дозволяють швидко і досить точно відобразити найбільш характерні особливості мінливості ширини річних кілець, вони можуть нести різну кількість інформації в залежності від цілей та об'єкта дослідження. При побудові скелетних графіків ширина річних кілець не вимірюється;

в) **Побудова напівлогарифмічних діаграм.** Якщо у дерев зменшення ширини річних кілець з віком сильно виражено, то зіставляти і датувати такі кільця на графіках, побудованих за звичайною шкалою, дуже важко. У цих випадках для зображення відносного варіювання ширини річних кілець застосовують напівлогарифмічні діаграми. Діаграми будуються в такий спосіб. По осі абсцис, у звичайній послідовності, відкладаються календарні роки, а по осі ординат - логарифми товщини кілець у міліметрах. До одиниці логарифмічного числа дорівнює 1 мм річного кільця, відповідно, річні кільця вже 1,0 мм виділяються сильніше, чим широкі. Зіставлення напівлогарифмічних діаграм проводиться за вузькими «пригніченим» кільцям.

Постійною у процедурі дендрохронологічного аналізу є проблема вибору придатного для аналізу зразка, а також необхідної кількості таких зразків для впевненого відносного або абсолютного їх датування. Питання це не має однозначної відповіді, а рішення залежить від цілого ряду обставин. І насамперед - ступеня безпеки деревини, приналежності матеріалу до певного хронологічного періоду та конкретного географічного району.

Щодо кількісної представницькості досліджуваної вибірки то вважають, що необхідно брати можливий максимум зразків. З цього можливого максимуму у процесі обробки постійно відбувається відсівання дендрохронологічних зразків, неминуче скорочуючи обсяг матеріалу, що вивчається. Вже після перших кроків, пов'язані з відбором матеріалу, відокремлюються всі сильно зруйновані та деформовані зразки; потім - якщо дендроаналіз орієнтований, скажімо, на хвойні породи - відкидаються зпили дерева листяних порід: нарешті, відбувається поділ решти зпилів по віку дерев або ж за кількістю річних кілець, що збереглися на них. Цілком непридатними або малоприсдатними для датування є зразки, вік яких не сягає 30 років. Межа ця певною мірою умовна, тому що реакції на вплив навколишнього середовища у дерев в перші десятиліття їхнього життя помітно відрізняються від дорослих.

Іншою підставою для вибору даної вікової межі є статистичний: чим молодше дерево, тим менш надійним виявленням стійких варіацій постає послідовний ряд річних кілець. Адже лише функціонально виражена послідовність річних приростів є основою для синхронізації, того основного прийому, за допомогою якого встановлюється ідентичність у розвитку річних кілець двох і більше дерев.

Найкращими зразками для дендроаналізу вважаються повні торцеві зпилки з колод. Часто використовуються також добре збережені зколи та зпилки з брусів або дощок. Придатною для дендроаналізу є будь-яка частина колод, на якій можна простежити послідовне чергування річних шарів. У ряді випадків, коли неможливо зробити зпил з колоди будівлі або взяти зразок деревини дерева, що росте, вдаються до відбору приростних кернів при допомозі біологічного бура (бура Пресслера).

Зразки, призначені для дендрохронологічного аналізу, потребують в подальшому зберіганні до початку їх обробки. При швидкому висиханні, волога деревина може сильно деформуватися та розтріскатися. Особливо страждають зовнішні найважливіші для дендроаналізу ділянки стовбурів. Щоб уникнути деформацій, які спотворюють отримані дані, пропонується багато способів – від зберігання зразків у воді, до їх швидкого заморожування у спеціальній морозильній установці. Однак для цієї мети цілком придатним є дешевий і доступний у польових умовах спосіб - упаковка очищених від землі та вимитих зпилів в поліетиленову плівку або пакети. У такому вигляді навіть зруйновані зразки можуть добре зберігатися протягом кількох місяців. Керни для зберігання вимагають спеціальних футлярів або фіксуючих рамок.

Контрольні питання:

1. Які Ви знаєте методи датування кілець?
2. Які Ви можете назвати принципи відбору дендрохронологічного матеріалу для аналізу?
3. Які зразки вважаються найкращими для дендроаналізу?
4. Як відбувається збереження відібрані зразків (кернів)?

ВИБІР РАЙОНІВ І МІСЦЕЗРОСТАННЯ ДЕРЕВНИХ ПОРІД

Згідно з вимогою репрезентативності вибору районів та місцезростання, найбільший інтерес для дослідження становлять зразки деревини дерев, що виростають на межі їхнього толерантного відношення в місцях, де найбільш виразніше проявляється дія закону лімітуючих факторів. Тобто необхідно вибирати райони та місцезростання, які за кліматичними та ґрунтовими умовам вкрай несприятливі для зростання деревних рослин. Наприклад, якщо потрібно реконструювати кліматичні умови, то найбільш відповідними районами будуть Північна частина України, зокрема північно-західна, центральна, південна її частини, північна нижня та південна межі поширення лісів та окремих видів деревних

рослин, а з типів місцезростання - сухі, перезволожені, кам'янисті, засолені та інші ґрунти. Одна з головних переваг використання зразків деревини дерев з північних, заболочених регіонів, територій з постійним посушливим кліматом у тому, що в умовах їх росту та розвитку, природно усунуто фактори взаємної конкуренції за світло та поживні речовини, так як дерева часто ростуть поодиноці або в розріджених куртинах.

При цьому найбільш сильний кліматичний сигнал міститься у домінуючих деревах. Інша перевага використання зразків північної деревини полягає в тому, що, як точно встановлено за період інструментальних спостережень, кліматичні та пов'язані з ними зміни природних умов проявляються дедалі більше зі зростанням широти. Так, наприклад, показано, що при глобальних потепліннях на кілька десятих градусів, у більш вищих широтах, потепління проявляється в кілька разів більше. Тому деревинно-кільцева інформація, одержувана з полярних меж поширення лісу, найбільш чітко відбиває зміни зовнішніх умов.

Для реконструкції температурних умов, найбільш підходять рослини з високоширотних, і високогірних районів, так як з місць їхнього зростання рослин, вони не відчують нестачі або надлишку вологи. Для реконструкції умов зволоження вибираються райони з нестачею зволоження (лісостепові, степові), а також сухі та надмірно зволожені місцезростання.

Для вивчення конкурентних та симбіотичних взаємин між деревами, найкраще використовувати деревостани, що виростають у середній та південній частині зони Полісся України, у найбільш сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах.

Контрольні питання:

1. Назвіть найбільш сприятливі райони для реконструкції погоднокліматичних умов?
2. Які найбільш підходящі райони для реконструкції температурних умов Ви знаєте?
3. Які найбільш підходящі райони для вивчення конкурентних та симбіотичних взаємин в Україні Ви знаєте?

ВИБІР ВИДІВ ДЕРЕВ І ЧАГАРНИКІВ

Для проведення деревинно-кільцевого аналізу, найчастіше використовують хвойні види, які чутливі на зміну зовнішніх умов, широко поширені в районах холодного та помірного клімату, довговічні та мають

добре помітні річні шари приросту деревини (представники родів *Pinus*, *Picea*, *Larix* та ін.). З листяних використовуються види, що мають як кільцесудинну (представники родів *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus*, *Fraxinus*), так і розсіяно-судинну деревину (представники родів *Betula*, *Tilia*, *Populus*). В даний час велика увага приділяється також вивченню річних кілець у дрібних дерев та чагарників, багато з яких за віком не поступаються великим деревам, кільцеві хронології яких досить чутливі до впливу факторів довкілля. Наприклад, в зоні Полісся України знайдено екземпляри рододендрона жовтого віком 300-450 років, деревно-кільцеві хронології якого за якістю не поступаються хронологіям, отриманим від модрини європейської. У хронологіях таких видів, як *Salix glauza*, *S. lanata*, *S. Dasyclados* nf *syiclados* також міститься сильний кліматичний сигнал. Використання чагарникових видів, які широко представлені в малолісистих районах та умовах місцезростання (Полісся, лісо-степова та Степова зони, високогір'я Карпат та Криму, болота), набагато збільшує можливості використання дендрохронологічних методів для вирішення різних наукових та практичних завдань.

З видів деревних рослин, що виростають на території України, особливий інтерес викликають представники роду *Larix*. Вони є єдиними з представниками хвойних листопадних дерев, у яких хвоя минулих років не бере участі у фотосинтезі, внаслідок чого вона не дає суттєвого впливу на приріст деревини цього року. Представники цього роду є довгоживучими і світлолюбними видами, найбільш стійкими до дії лісових пожеж. Модрина європейська здатна виростати на холодних ґрунтах, переносити низькі зимові температури, змінювати форму зростання та утворювати підрядну кореневу систему. Вона формує переважно одновікові та рідкісні деревостої, а модринові деревостани в Україні займають площу близько 21% покритої лісом площі. Деревно-кільцеві хронології модрини європейської найбільш придатні для проведення перехресного датування та для дендрокліматичних досліджень.

Дослідженнями встановлено, що найбільший дослідницький календар річних кілець нараховує близько 90 століть. Головну роль його у його створенні зіграла сосна остиста. Наявні в результати досліджень свідчать, що найбільш довгоживучий вид планети є сосна остиста (*Pinus aristata* Engelm), що росте на верхній межі лісового поясу у горах Південного Заходу США. Найстаріша знайдена до теперішнього часу особина цього виду була здатована віком 4900 років.

Контрольні питання:

1. Які види найчастіше використовують для проведення деревно-кільцевого аналізу?
2. У чому особливість представників роду *Larix* для дендрохронології?

ВИБІР ДЕРЕВОСТАНІВ І МОДЕЛЬНИХ ДЕРЕВ

Існує два підходи до відбору деревостанів та дерев.

Перший з них полягає в тому, що використовуються лише дерева, що ростуть у межах пробної площі чи однорідної ділянки.

В цьому випадку в деревинно-кільцевих хронологіях максимально міститься інформація про мінливість умов у межах цієї ділянки. Такий підхід широко практикується під час проведення дендрохронологічних досліджень із лісівничим спрямуванням.

Суть другого підходу полягає в тому, що модельні дерева відбирають на різних ділянках, що знаходяться на певній віддалі одна від одної, що належать до одного типу лісу. Обов'язковою умовою є те, щоб ці ділянки були розташовані в межах однорідного за кліматичними та ботаніко-географічним умовам району. Другий підхід використовується під час проведення дендрокліматичних досліджень, коли у деревинно-кільцевих хронологіях необхідно виявити кліматичні сигнали з великих територій (мезо- та макрокліматичні сигнали), і звести до мінімуму вплив випадкових та локальних сигналів.

Для дендрокліматичних досліджень найбільш придатними є окремі дерева, що ростуть, або одновидові, одновікові, одноярусні і малозімкнені деревостани (наприклад, соснові та ялинові ліси, рідколісся та зріджені деревостани). У таких деревостанах фактор конкурентних відносин між деревами має менший вплив на величину та мінливість радіального приросту деревини в порівнянні з високоповнотними та складними за складом та структурою деревостанами. Бажано, щоб деревостани не піддавалися впливу таких факторів, як лісові пожежі, вітровали та буреломи, рубки догляду, техногенні забруднення, ураження патогенними грибами, масове розмноження комах-шкідників та ін. В цьому випадку значну увагу слід звертати на сталість ґрунтових умов (відсутність процесів заболочування, посухи, змиву та ущільнення ґрунту). Домінантні дерева, що підходять для визначення таких параметрів, краще відображають зміну кліматичних умов, тому зразки деревини з них беруться насамперед. Зразки краще брати у прямостоячих дерев, які не піддавалися механічним, вогневим та іншим впливам. Однак, знайти деревостани, які б не відчували

впливу некліматичних факторів практично неможливо. Тому зазвичай стоїть завдання вибору серед наявних деревостанів тих, у яких вплив названих факторів найменший. Виключення впливу некліматичних факторів можна робити на стадіях індексування середніх деревинно-кільцевих хронологій, але дуже важливо коли під час відбору деревостанів, а також модельних дерев, зібрати можливо більш повну інформацію про час та інтенсивності дії таких факторів. Наприклад, якщо деревостан піддавався дії пожеж або вітровалу, то бажано взяти спеціальні зразки деревини для датування цих подій та оцінити інтенсивність їх впливу.

Якщо стоїть завдання виявлення ролі некліматичних факторів, то критерії відбору деревостанів та дерев будуть зовсім іншими. Найбільш придатними будуть ті з них, які піддавалися інтенсивній та неодноразовій дії таких факторів. У кожному конкретному дослідженні фахівець повинен знати характер впливу того чи іншого фактора на деревостан та дерева, і на цій основі проводити відбір відповідних об'єктів. Наприклад, наявність пожежних підсушин у нижній частині стовбурів є основою для проведення робіт з датування часу проходження низових пожеж у минулому.

Контрольні питання:

1. Опишіть два підходи по відбору деревостанів та дерев для дендрохроноіндексації?
2. Які деревостани є найбільш придатними для дендрокліматичної індексації?

ВІДБІР, ТРАНСПОРТУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ЗРАЗКІВ ДЕРЕВИНИ

Для дендрохронологічного аналізу використовуються такі зразки деревини: кругові поперечні зпилки, бруски деревини по радіусу та діаметру, клиноподібні випили з пеньків і живих дерев та бурові керни, відібрані за допомогою приростного буру Пресслера.

Найбільш придатні для датування та вимірювання характеристик радіального приросту деревини кругові поперечні зпилки, які дозволяють аналізувати приріст за будь-яким радіальним напрямком, виключати різного роду порушення у формуванні кілець, і легко виявляти місцезнаходження частково випадających кілець. Однак взяття зпила з живого дерева призведе до його загибелі. Іноді підходять для таких досліджень дерева, зрубані при лісозаготівлях, з яких можуть бути взяті кругові зпили. Часто виникає проблема транспортування та зберігання

зпилів у зв'язку з тим, що вони мають велику вагу та обсяг. В даний час поперечні зпилки беруться в основному з залишків відмерлих дерев (сухостій, повалені, напіввикопна деревина) та зрубаних у минулому дерев (будівельні колоди історичних та археологічних пам'яток), з яких важко, а найчастіше неможливо взяти бурові зразки у зв'язку з наявністю численних тріщин та гнилей. Товщина зпилів залежить від ступеня збереження деревини, діаметра дерева, завдань дослідження та необхідності їх подальшого зберігання. Якщо деревина здорова, то поперечні зпили беруть товщиною 1-5 см, а якщо збереження деревини погана, то необхідно брати товстіші спилки (іноді до 10-20 см).

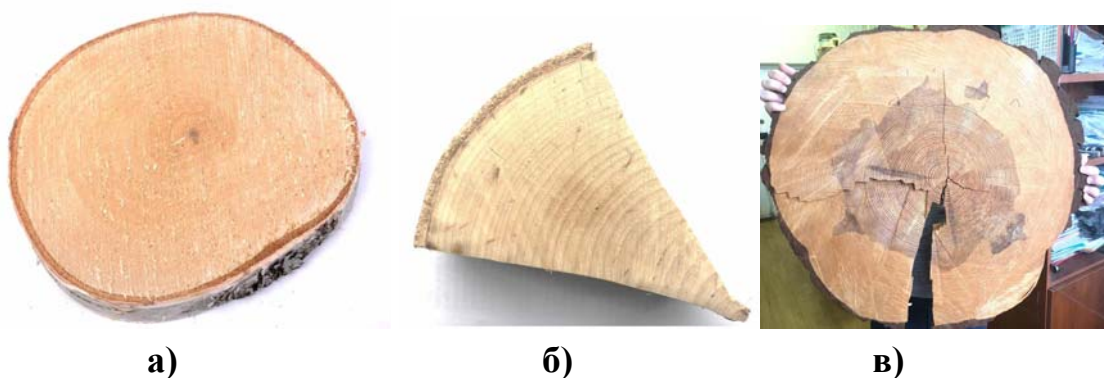


Рис. 10. Відібрані зразки деревини для проведення дендроіндексаційного аналізу в умовах Поліського природного заповідника:

- а) поперечний зпил стовбура берези повислої;**
- б) клиновидний випил зі стовбурв берези повислої;**
- в) поперечний зпил сосни звичайної (вік 112 років).**

Найбільшу складність представляє собою взяття поперечних зпилів з дуже розтрісканих і згнилих залишків деревини. Перед тим як зробити зпил з такої деревини, необхідно ділянку випилювання обв'язати, і стягнути стрічкою, мотузкою або дротом. З цією метою найбільш придатний алюмінієвий дріт діаметром 2-4 мм. Перевага стягування зпилів алюмінієвим дротом перед іншими способами полягає в тому, що вона не перешкоджає висушуванню деревини, і в той же час може запобігти її розпаду на дрібні шматки під час висушування, якщо через кожні кілька днів стягувати зпил цим же дротом за допомогою плоскогубців. Зпили, що сильно розтріскалися, наклеюють на рівну поверхню, найчастіше на фанеру. Якщо залишок деревини перегнив, то зробити з нього поперечний зпил часто неможливо. Більш того, такий залишок при висушуванні розпадається на дрібні шматочки та пилоподібні частинки. У цьому випадку найбільш збережену ділянку деревини необхідно обернути

ізоляційною стрічкою (найчастіше така ділянка знаходиться в місцях наявності зарослих сучків), відокремити її від решти частини за допомогою гострого ножа або пилки, і щільно загорнути в поліетиленовий пакет для запобігання висушуванню. Обробку такого зразка у лабораторних умовах слід проводити відразу після його вилучення з пакета. Шматок деревини, що розклався, можна висушити і залити гарячим парафіном. Зазвичай така операція використовується за наявності невеликих за розмірами зразків деревини та вугілля. Часто виникає завдання визначення календарного року загибелі чи рубки дерев. Таке точне датування можна здійснити в тому випадку, якщо на залишку стовбура, кореня або гілки є ділянки, де зберігся підкоровий шар приросту. Тому слід уважно оглянути поверхню деревного залишку, виявити місця, де такий шар зберігся, і зробити зпил у цьому місці. Іноді з одного залишку доводиться брати кілька зпилів, щоб бути впевненим у тому, що для аналізу взято зразок із підкоровим шаром річного приросту. Про наявність підкорового шару приросту свідчать такі ознаки, як присутність залишків кори та лубу на поверхні зразка. На жаль, у більшості сильно перегнаних залишків деревини, підкоровий шар приросту, як правило, відсутній у зв'язку з тим, що периферійні шари приросту, насамперед шари заболонної деревини руйнуються швидше. У цьому випадку важливо визначити, збереглися чи ні шари заболонної деревини. У багатьох видів дерев, заболонна деревина відрізняється від ядрової по кольору і має більш темне забарвлення. Заболонна деревина зазвичай складається з 10-30 річних шарів приросту. В різних видів дерев та в різних умовах місцезростання кількість їх неоднакова. Тому якщо на взятому зразку деревини виявлено сліди заболонної деревини, то додавши до останнього кільця, що збереглося певне число років, ми можемо досить точно (не більше ніж на 10-15 років) визначити дату рубки або загибелі дерева.

Для датування механічних та вогневих пошкоджень іноді беруть клиноподібні поперечні зпили з периферійної частини стовбурів, зазвичай на контактній живій поверхні із пожежною підсушиною. Такі зпили хоч і ушкоджують живі дерева, але не призводять до їхньої загибелі. Проте щодо деяких видів дендрохронологічних досліджень, наприклад для датування часу проходження лісової пожежі, все ж таки необхідно використовувати поперечні зпили. Декілька останніх десятиліть, для взяття зразків деревини, особливо з живих дерев, використовуються вікові бури переважно шведського чи фінського виробництва (бур Пресслера), за допомогою яких

висвердлюються радіальні керни деревини діаметром 4-5 мм та довжиною 10-50 см (рис. 11).



а)

б)

Рис. 11. Відбір радіального керну зі стовбура сосни звичайної при допомозі вікового буру Пресслера в умовах:

а) лісового урочища Висока Піч ДП «Зарічанське лісове господарство» (з використанням буру Мога, Швеція);

б) Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника (з використанням буру Halgö, Фінляндія).

Керни беруться за одним або декількома радіусами стовбура дерева. Радіуси можуть бути орієнтовані по відношенню до напрямів світу або мати випадкові напрями. Якщо дозволяє довжина бура, то дерево просвердлюється наскрізь, та за один прийом береться зразок за двома протилежними радіусами. У нахилених дерев зразки слід брати з тих боків стовбура, для яких радіуси стовбура перпендикулярні площині його нахилу, якщо не стоїть завдання вивчення реактивної деревини. Бажано, щоб бур пройшов через серцевинне кільце або поблизу нього.

На сьогодні розроблено конструкції спеціальних бурів, у тому числі й електричних, які дозволяють брати керни діаметром до 10-15 мм (рис. 12).



Рис. 12. Відібраний для датування керн сосни звичайної (2025 рік, Поліський природний заповідник, 48 квартал, 14 виділ).

У дерев, що мають ексцентричні річні кільця, з першого разу важко визначити зразкове положення серцевини стовбура. Непридатні керни, які містять деревину зарослих сучків. При відборі кернів зі старих дерев,

взяттю цільного зразка заважає наявність ділянок стовбура, що містять гнилу деревину. Тому часто доводиться свердлити одне і те ж дерево кілька разів з різних боків, і на різній висоті, щоб отримати зразок задовільного якості.

Свердління потрібно проводити в напрямку, перпендикулярному до поздовжньої осі стовбура дерева. Якщо зразки намічено використовувати для вимірювання щільності деревини, то дотримання цієї умови є обов'язковим. Невелике відхилення у напрямку свердління від перпендикулярного, допускається у разі, якщо вимірюватися лише розмірні показники приросту (ширина річних кілець, ширина зон ранньої та пізньої деревини та ін.). Щоб висвердлити керн, перпендикулярний осі стовбура дерева, розроблені спеціальні пристосування, що закріплюються на стовбурі перед бурінням, і дозволяють ввести бур у стовбур дерева під потрібним кутом. Однак така операція займає багато часу та в польових умовах використовується рідко. Найчастіше коригування введення бура в стовбур дерева під потрібним кутом здійснюється помічником, що знаходяться збоку за кілька метрів.

Взяття кернів деревини вимагає значно менших витрат часу, ніж проти взяття спилів. Крім того, вони мають невелику вагу та габарити. Все це дає можливість проводити збір масового матеріалу, що необхідно під час проведення багатьох видів дендрохронологічних досліджень. Але віковим буром важко взяти керни необхідної якості у дерев, які мають підгнилу деревину. Висвердлені керни поміщають у спеціально підготовлені паперові або поліетиленові контейнери, внутрішній діаметр яких на 2-3 мм перевищує діаметр зразка. У контейнерах зразки зручно транспортувати, сушити та зберігати до проведення робіт з датування та вимірювання кілець.

Зпилки та бурові керни зазвичай беруться на висоті 1,0-1,3 м від поверхні землі. У дрібних дерев та чагарників, особливо у тих, що ростуть в екстремальних умовах середовища, і мають вузькі кільця, часто беруть зразки на висоті 0,2-0,3 м, або навіть нижче. У цьому випадку тривалість індивідуальних хронологій дерев значно збільшується (до 50-100 років). Зазвичай для побудови однієї узагальненої хронології відбирають зразки деревини з 15-30 дерев одного виду, а з кожного дерева – по двох радіусах.

В екстремальних умовах місцязростання, де спостерігається висока мінливість і синхронність у мінливості приросту з року в рік, можна обмежитися взяття зразків з 10-15 дерев. Кожен зразок деревини необхідно закодувати, при цьому код пишеться на поверхні зразка або контейнері.

У дендрохронології найбільш широко використовується кодування, що складається із шести символів. Перші три символи є поєднанням літер латинського алфавіту, які позначають код місцязростання (наприклад, ZAPOV – заповідник). Наступні два цифрові символи (від 01 до 99) позначають номер модельного дерева, а останній цифровий символ (від 1 до 9) означає номер радіусу. На зразку деревини або контейнері пишуть найважливіші відомості про зразок (код ділянки або керна, вид дерева, висота та дата взяття, прізвище колектора).

Для кожної пробної площі або типу місцезростання робиться опис лісорослинних умов, рослинності, модельних дерев та взятих зразків деревини. Для цих цілей можна використовувати бланки описів, які використовуються при проведенні геоботанічних та лісівничих досліджень. В них потрібно внести зміни, пов'язані з необхідністю мати додаткову інформацію про деревостани, модельні дерева та зразки деревини. Транспортування зібраних зразків деревини слід проводити у контейнерах та твердій тарі, щоб виключити їх пошкодження. Бажано вже у польових умовах висушити зразки до повітряно-сухого стану, щоб поверхня кернів і зпилів не вкрилася пліснявою. Можна транспортувати і недосушені зразки, але в цьому випадку необхідно організувати сушку зразків відразу після їхнього прибуття до місця призначення. Вологі зпили, напіввикопної деревинні залишки, стягнуті під час збору алюмінієвим дротом, необхідно через кожні 3-5 днів, у міру їх висихання та зменшення радіальних розмірів, знову стягувати дротом. Для зберігання висушених зразків підходить будь-яке сухе приміщення. Зразки, використані для побудови однієї хронології, мають зберігатися разом у картонних коробках чи дерев'яних ящиках. Щоб швидко знаходити необхідні зразки, слід розташовувати коробки у визначеному порядку, а на зовнішній стороні коробок виписувати дані про зразки, що містяться в них. Допустимо зберігати бурові зразки в тому ж конверті, в якому містяться дані вимірів, графіки, аналізи, описи, фотографії та інше, що стосується до цієї дендрохронологічної інформації.

Контрольні питання:

1. Які зразки деревини використовуються для дендрохронологічного аналізу?
2. Який порядок визначення календарного року загибелі чи зрубу дерева?
3. Яка послідовність відбору простних кернів?

ВИБІР РАДІАЛЬНИХ НАПРЯМКІВ ДЛЯ ДАТУВАННЯ ТА ВИМІРЮВАНЬ КІЛЕЦЬ

У разі використання бурових зразків, радіальні напрямки вздовж яких проводиться датування та вимірювання характеристик приросту, намічаються на конкретному модельному дереві під час взяття кернів. Уздовж обраних напрямів, відхилення від прямої лінії можливе лише в межах ширини зачищеної поверхні керна (трохи більше 4-5 мм). У висвердлених бурових зразків важко, а часто і неможливо, виключити спотворення у прирості, які спостерігаються біля зарослих сучків, у місцях механічних та опікових поранень стовбура, а також у місцях утворення кренової та тягової деревини. На поперечних зпилах можна цілеспрямованіше вибирати радіальні напрями, і тим самим вже на стадії виміру звести до мінімуму вплив факторів, що порушують нормальний перебіг приросту. Вибір радіальних напрямків на спилах, що містять концентричні річні кільця, особливих проблем не викликає. Найчастіше вибирають один або два радіуси, вздовж якого проводять пряму лінію у напрямку від серцевинного кільця до зовнішньої поверхні зпила, уникаючи ті ділянки, де є зарослі сучки, гнилі, реактивна та ранева деревина. Залежно від завдань дослідження, напрямки для датування та вимірювань можуть бути обрані за випадковим радіусом або строго орієнтовані за напрямом світу. Під час проведення дендрокліматичних досліджень, найчастіше використовують напрями за випадковими радіусами. Важливо, щоб кут між обраними напрямками становив не менше 90° , але найкраще близько 180° . У цьому випадку можна врахувати частку мінливості, обумовлену неоднаковою величиною приросту по колу стовбура. У поперечних зпилів, що містять багато порожнеч і гнилі, часто неможливо вибрати прямі напрямки. Тому доводиться виміряти кільця вздовж звивистої кривої, вносячи, якщо це можливо, поправки до результатів вимірів у зв'язку з нерівномірною шириною кільця по колу стовбура. Однак краще такі зразки відбракувати, якщо вони не є одиничними або унікальними.

У зпилів, що містять сильно ексцентричні річні кільця, вибір радіальних напрямів для вимірів представляє певну проблему (рис. 13). У кожному конкретному випадку, необхідно приймати рішення, відповідно з характером приросту та поставленими завданнями. Наприклад у дерев, що ростуть на верхній межі лісу зони Центрального Полісся України, кільця з північної сторони стовбура дуже вузькі, і багато які з них випали. Тому вздовж цього напрямки часто неможливо зробити точне датування кілець і навіть вимір їх ширини. Єдиний напрямок, вздовж якого можна здійснити

таку роботу — це південна сторона стовбура, на якій розташовані найширші кільця і де число кілець, що випали, набагато менше. У зпилів з ексцентричними кільцями, часто неможливо вибрати напрямок вимірювань у вигляді прямої лінії, тому доводиться використовувати звивистий напрямок, обходячи стороною різноманітних порушення у будові кілець.



Рис. 13. Ексцентричні річні кільця дуба звичайного.

Зпил зроблено в умовах 54 кварталу, 6 виділу

Тригірського лісництва

Філія «Коростенське ЛМГ» ДП «Ліси України» в 2021 році.

Якщо на зпилі є зони з великою кількістю дуже дрібних і випадючих кілець, то для виявлення останніх, корисно використовувати додаткові напрямки в межах цієї зони, які віддалені на різній відстані від основних радіальних напрямів. Особливо часто додаткові напрямки використовуються при аналізі зразків, взятих зі старих дерев, периферійні кільця яких дрібні та ексцентричні. Бурові зразки для зручності їх кодування, обробки (полірування, зачистки, збільшення контрастності кілець), датування та вимірювання, а також для запобігання втраті та розлому на дрібні фрагменти, наклеюють на дерев'яну основу, яка є рейкою у формі паралелепіпеда шириною і висотою приблизно 1 см, і довжиною дещо більшої довжини зразка. В рейці на одній із сторін виточений паз шириною трохи більший та глибиною менший діаметра керна. Для фіксації кернів можна використовувати будь-який клей, але найчастіше використовується клей ПВА, який добре скріплює дерев'яні поверхні, і водночас дозволяє легко від'єднувати kern від дерев'яної основи після рясного змочування їх водою. Головною вимогою при наклеїці зразка є те, що поперечним волокнам деревини (торцева) поверхня керна була

паралельна верхній поверхні дерев'яної основи. Торцева поверхня добре відрізняється від радіальної (що проходить через вісь стовбура, паралельній волокнам) поверхні при уважному розгляді зразка (рис. 14).

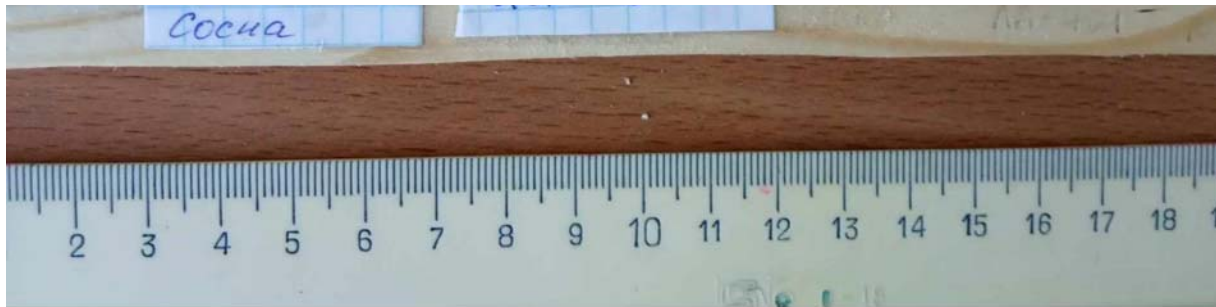


Рис. 14. Керновий зразок на дерев'яній основі.

Послідовність процедури наклеювання бурових зразків на дерев'яну основу полягає у наступному. Спочатку на бічних поверхнях дерев'яної основи олівцем або ручкою наносять найважливіші характеристики зразка (код, вид дерева, місце та час взяття, прізвище колектора). Це виключить надалі помилки щодо ідентифікації зразків. Потім у паз дерев'яної основи наносять шар клею товщиною близько 1 мм і в нього поміщають керн, звертаючи особливу увагу на те, щоб торцева поверхня була паралельна верхній поверхні дерев'яної основи. Після цього зразок міцно притискають до дерев'яної основи та обмотують міцною ниткою або липкою стрічкою (скотчем), щоб виключити короблення та зміна нахилу торцевої поверхні зразка під час висихання клею. Притиснуті до основи зразки деревини поміщаються в сухе приміщення на кілька годин, найчастіше на добу, тобто до повного висихання клею. Після цього, обмотку знімають та приступають до подальшої роботи із зразком.

Контрольні питання:

1. Який порядок відбору радіальних напрямів для датування та вимірювання кілець?
2. Опишіть послідовність процедури наклеювання бурових зразків на дерев'яні основи.

ПОЛІРУВАННЯ І ЗАЧИЩЕННЯ ТОРЦЕВОЇ ПОВЕРХНІ

Для того щоб межі клітин та річних кілець було чітко видно при проведенні вимірювань у відбитому світлі, необхідно ретельно зачищати торцеву поверхню дерев'яного зразка. Шліфування та полірування можна проводити за допомогою будь-якого промислового шліфувального інструменту стрічкового або кругового типу. При цьому зпил або наклеєні

на дерев'яну основу бурові зразки міцно закріплюють на рівній поверхні (наприклад, столярному столику). Спочатку проводиться обробка за допомогою крупнозернистої шліфувальної стрічки (шліфування), а потім за допомогою дрібнозернистої шліфувальної стрічки та суконного кола проводять полірування. Така обробка торцевої поверхні зразка дає хороші результати в тих випадках, коли річні кільця порівняно широкі (більше 1 мм), а деревина здорова, тобто не піддавалася процесам гниття. Щоб зробити більш помітними межі вузьких кілець і межі клітин, поверхню вздовж обраного радіального напрямку краще зачищати гострим різальним інструментом (бритвою, скальпелем, стамескою). Такий самий спосіб обробки слід застосовувати при підготовці до вимірювань сильно потрісканих та гнилих деревних зразків. На зпилах зазвичай зачищається смуга шириною 1-3 см. У бурових зразків зрізається верхня частина керна (товщиною 1-1,5мм). При цьому необхідно оброблювану частину зпила та керна попередньо змочити водою. Якнайкраще зачищати поверхню зразка, не деформуючи початкову клітинну структуру деревини дозволяє бритвене лезо. При цьому найбільш зручним положенням леза є таке, коли воно знаходиться дещо під кутом у бік зразка. Щоб зробити використання леза зручним та безпечним, запропоновано спеціальний пристрій для утримання його у вигнутому стані. Цей спосіб також дає можливість використовувати досить велике силове навантаження під час зачистки. Застосунок являє собою алюмінієву трубку діаметром 30-40 мм і довжиною 5-7 см, на який одягнений пристрій, що затягує так за званий «хомут» («хомути» легко доступні та можуть бути придбані, наприклад, у магазинах автозапчастин). Лезо затискається таким чином, щоб внутрішній його розріз не виступав за краї трубки та хомута. Таке пристосування особливо зручне для зачищення поверхні великих зразків деревини, наприклад радіальних напрямів на поперечних зпилах.

Контрольні питання:

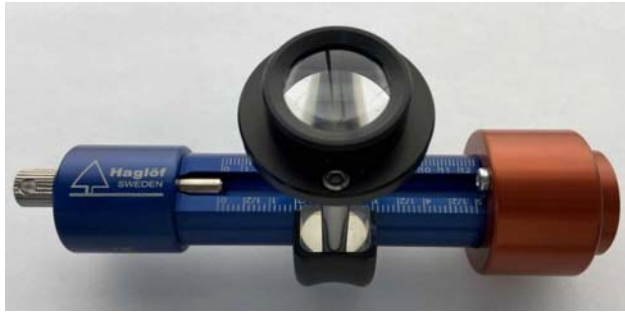
1. Який порядок зачистки торцевої поверхні зразка дерева?
2. Чим краще зачищати поверхню зразка?

ЗБІЛЬШЕННЯ КОНТРАСНОСТІ КІЛЕЦЬ І КЛІТИН

Для підвищення контрастності меж між клітинами та річними кільцями, використовуються такі способи, як змочування поверхні керна водою та маслянистими рідинами, фарбування різними барвниками, втирання порошків, обпалювання поверхні на полум'ї.

Попереднє змочування керна водою полегшує процес його зачистки лезом бритви, що особливо важливо для порід з твердою деревиною, наприклад: дуба звичайного, модрина європейської, берези повислої. Але і для інших порід, змочування завжди покращує якість зачищення кожного річного кільця. Крім того, змочування водою забезпечує кращу видимість річних кілець. Іноді, коли вимір керна ведеться довго та неодноразово (наприклад: не зійшлася кількість вимірювань загальної ширини річного кільця та вимірювань частки пізньої деревини), kern встигає підсохнути і тоді має сенс додаткове його змочування, що покращує видимість. Іноді при підсиханні kern згинається, адже зачищена частина, що спрямована до лампи поверхнею пересихає і стискається швидше, ніж незачищена, спрямована до стінок використовуваного при вимірі жолобка. Допомогти тут може додаткове змочування поверхні керна водою.

В даний час для датування та вимірювання ширини річних кілець найчастіше використовується сухий спосіб, а саме втирання на зачищеній поверхні у клітинні шпарини дрібно розмеленого порошку білого кольору (наприклад, зубного порошку) за допомогою шматочка тканини або вати. Сухий спосіб зручний тим, що немає необхідності постійно підтримувати зразок у змоченому стані, і виключаються спотворення, пов'язані з набуханням деревини. Особливо ефективний сухий спосіб при обробці, ураженої гнилями і потемнілої деревини, зокрема напіввикопної. Контрастність меж анатомічних елементів деревини можна також збільшити за допомогою розглядання зразка під певним кутом падаючого світла. Цього можна досягти зміною кута нахилу освітлювальної лампи або зміною кута нахилу поверхні зразка по відношенню до горизонтальної поверхні. Особливу складність виявляють межі між клітинами і кільцями у залишків деревини, що обвуглилися. У деревному вугіллі ці структури найкраще видно на свіжих розломах, і при певному куті освітлення. Ширина річних кілець вимірюється під бінокулярним мікроскопом з переведенням числа поділів вимірювальної шкали в міліметри або на напівавтоматичних установках LINTAB -5, LINTAB -6 (рис. 15, 16, 17, 18).



**Рис. 15. Ручний зчитувач ядра
дерева фірми Haglof**



**Рис. 16. Пристрій для
вимірювання та
зчитування річних кілець**

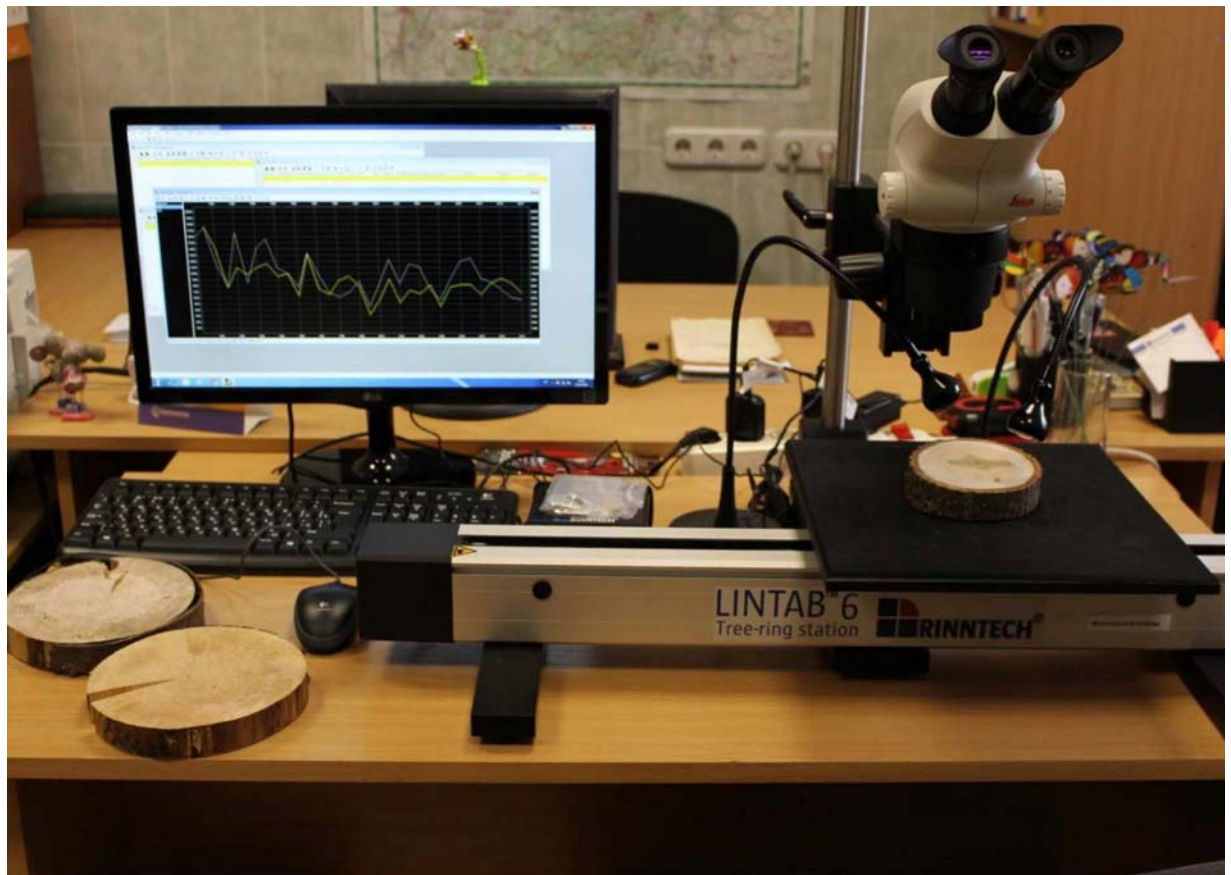


Рис. 17. Стенд для вимірювання річних кілець LINTAB – 6 (USA).

Часто в польових та лабораторно-камеральних умовах здійснюють пряме оптично-аналітичне датування приростних кернів, відібраних на тимчасових та постійних закладених пробних площах при допомозі бура Пресслера із застосуванням оптичної системи, що складається з портативного керновимірювача (kernreider), а також оптично-механічної системи, створено на базі лабораторного оптичного комплексу БМ-51-2 зі збільшувальною здатністю в 8,75 рази (рис. 18).



Рис. 18. Оптична портативна система БМ-51-2 (з кратним збільшенням в 8,75 рази, а також керновимірювач.

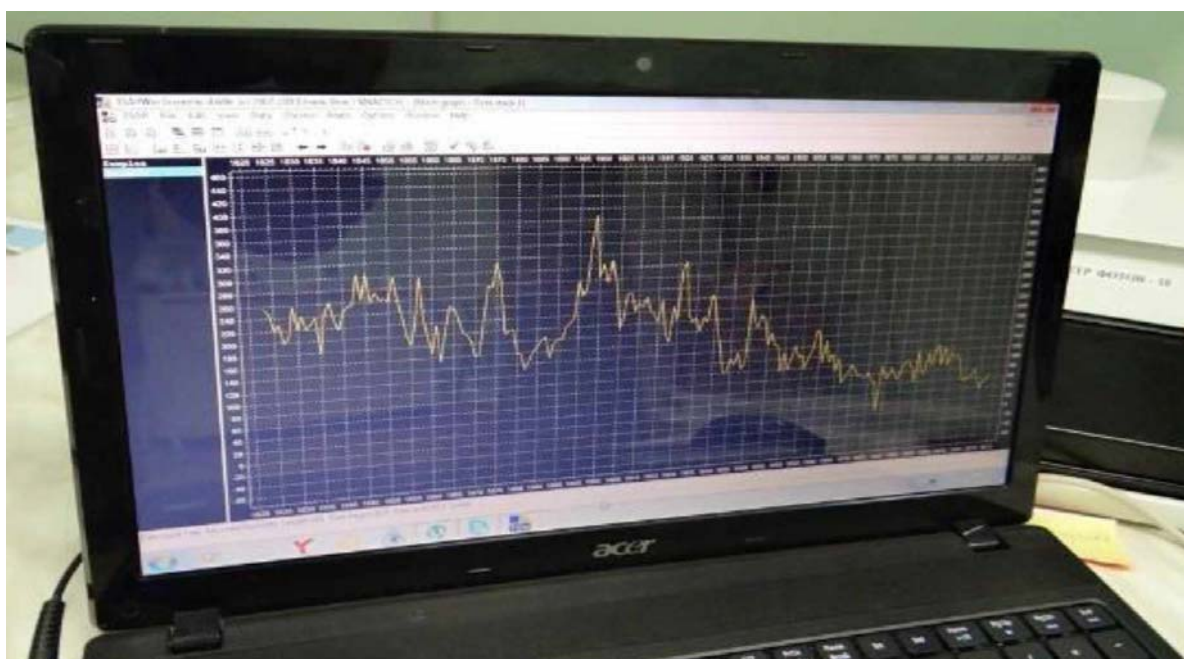


Рис. 19. Програма ARSTAN (USA), що використовується для камерального аналізу річних приростів дерев.

Контрольні питання:

1. Які основні способи підвищення контрастності меж між клітинами та річними кільцями Ви знаєте?
2. Як підвищити контрастність у залишків обугленої деревини?

3. Що таке абсолютне та відносне датування річних кілець?
4. Які етапи включає процес дендрохронологічного датування?
5. У чому полягає метод перехресного співставлення серій?
6. Які матеріали використовують для датування?
7. Як виявляють і коригують хибні та випадваючі кільця?
8. Яке значення мають еталонні хронології?
9. Які статистичні показники застосовують для перевірки датування?
10. У чому полягає роль біометричних методів у датуванні?
11. Які чинники ускладнюють точне датування деревини?
12. Як перевіряється достовірність отриманих дат?

РОЗДІЛ 6. МЕТОД РАДІОКАРБОНОВОГО ДАТУВАННЯ

Методи радіовуглецевого (радіокарбонového) датування полягають у тому, що співвідношення ізотопів карбону в атмосфері в часі та просторі не змінюється, а вміст ізотопів у живих організмах точно відповідає поточному станом атмосфери.

Карбон є однією з основних складових біологічних організмів, що знаходиться в земній атмосфері у вигляді стабільних ізотопів ^{12}C (98,89%) та ^{13}C (1,11%), та радіоактивного ^{14}C , який присутній у вкрай малих кількостях. Чинниками утворення ^{14}C у верхніх шарах атмосфери (в основному, на висоті 12-15 км) є нейтрони, що утворюються головним чином при розщепленні ядер атмосферних газів космічним випромінюванням. Ізотоп ^{14}C постійно утворюється при зіткненні вторинних нейтронів від космічних променів із ядрами атмосферного азоту. Радіоізотоп карбону ^{14}C схильний до розпаду з періодом напіврозпаду $T=5730\pm 40$ років. Співвідношення радіоактивного та стабільних ізотопів вуглецю в атмосфері та біосфері Землі приблизно однакове через активне перемішування атмосфери, оскільки всі живі організми постійно беруть участь у вуглецевому обміні, одержуючи вуглець з навколишнього середовища, а ізотопи, в силу їх хімічної нерозрізненості, беруть участь у біохімічних процесах практично однаковим чином. Із загибеллю організму, карбонівий обмін припиняється.

Після цього стабільні ізотопи зберігаються, а радіоактивний ^{14}C поступово розпадається, тому його вміст в рослинних залишках поступово зменшується.

Знаючи вихідне співвідношення вмісту ізотопів карбону в організмі, та визначивши їх поточне співвідношення в біологічному матеріалі масово-спектрометричним методом, або вимірявши активність методами радіоспектрометрії, можна встановити час, що минув від загибелі біологічного організму.

Останнім часом для малих вмістів ^{14}C або дуже невеликих масових часток зразків (кілька міліграмів), використовується прискорювальна мас-спектрометрія визначення змісту ^{14}C . Це розширило сферу застосування методу радіокарбонového датування на такі об'єкти, як окремі зерна злакових, залишки комах, вуглецеві включення в кераміку, металеві вироби, чавун, проведення аутентифікації витворів мистецтв, виявлення підробок вин та інших напоїв.

Граничний вік об'єкта, який може бути точно визначений радіо-карбонним методом, - близько 60 000 років.

Вміст ізотопу ^{14}C в атмосфері залежить від багатьох факторів, таких як:

- інтенсивність космічних променів та активності Сонця;
- стан атмосфери та магнітосфери;
- географічна широта території;
- вулканічна діяльність (вуглець, що міститься у вулканічних викидах, є так званим прадавнім, що практично не містить ^{14}C);
- кругообіг вуглекислого газу в природі;
- проведення атмосферних ядерних випробувань, в результаті яких у 50-х – 60-х роках ХХ ст. було зафіксовано суттєвий викид (близько 0,5 т) радіовуглецю в атмосферу (бомбовий ефект);
- спалювання великої кількості викопного палива (вуглець, що міститься у нафті, природному газі та вугіллі - прадавній, що практично не містить ^{14}C).

За наявності в сейсмоактивних зонах деревної рослинності, вагомим доповненням, а іноді і альтернативою радіовуглецевому методу, може стати дендрохронологічний аналіз, який дає можливість датувати події з точністю до року, інколи навіть до сезону. У світовій сейсмологічній практиці з метою датування землетрусів, до цього часу використовувалося кілька аспектів дендрохронологічного аналізу. Для визначення часу виникнення розривних порушень земної кори проводилось:

1) датування первинних дендросейсмологічних свідчень – розривів стовбурів, коренів дерев, а також нахилу та вивалу дерев у зоні поверхневих сейсмозривів земної кори;

2) датування вторинних свідчень - початку уповільненого зростання та/або загибелі дерев уздовж сейсмозривів, пов'язаних з повною або частковою втратою крони внаслідок сеймострусу поверхні.

Для датування зсувів та обвалів з доведеною сейсмічною природою, їх формування вивчається визначенням та дендроіндексацією деревини з дерев-свідків, які ростуть безпосередньо на тілі зсуву (початок формування кренової деревини відповідає часу сеймоподібності); визначається мінімальний вік обвалу/зсув (за віком найстарішого дерева, що виросло на тілі обвалу або стінці його відриву), а також встановлюється точна дата переміщення (за часом загибелі похованих обвалом/зсувом дерев). В Україні дендрохронологічний аналіз був успішно застосований при вивченні сейсмічності Кримського нагір'я для датування землетрусів за

часом загибелі дерев та формування нахиленої деревини в дерев-свідків у зонах розривних порушень земної кори.

Напряма щодо дендрохронологію та радіокарбонівий метод має по суті два рівнозначні дослідницькі аспекти:

по-перше, - дендрохронологія для потреб радіокарбонівого датування;

по-друге, радіокарбоніве датування для потреб дендрохронології.

Перший етап відіграє, як добре відомо, істотну роль в коригуванні закономірностей поведінки ізооту ^{14}C у часі та уточненні періоду його напіврозпаду. Другий аспект – це датування «плаваючих» дендрошквал за допомогою радіокарбонівого аналізу та надання шкалам хоча б наближеного календарного значення.

Вивчення вмісту ізооту ^{14}C , що становить невід'ємну частину живої матерії, проводиться зараз у найтіснішому зв'язку з дослідженням річних кілець дерева. Вже до початку 70-х років 20-го століття американські вчені створили абсолютну дендрохронологічну шкалу за брістольською сосною або сосною остистою довжиною в 8253 років. На середину 80-х років, її вдалося продовжити до 8681 року, завдяки тому, що для зв'язування та коригування «слабких» ділянок шкали було застосовано радіокарбонівий аналіз.

Аналогічні роботи велися в Європі, де західнонімецька шкала для дуба звичайного, побудована за ступінчастим принципом, була також уточнена на слабкостікуючих ділянках по ^{14}C . Коригування європейської та американської дендрохронологічних шкал за радіоактивним карбоном та порівняння цих показників між собою, уможливили абсолютне датування будь-яких органічних залишків у значеннях, що наближаються до календарних.

Б. Беккер тоді ж сформулював три основні умови, за дотримання яких стає можливим датування «плаваючих» дендрошквал із застосуванням аналізу ^{14}C .

По-перше, «плаваючі» серії річних кілець повинні мати не менше 5-10 зразків дерева та їх криві повинні покривати відрізок часу не менш ніж у 50-100 років; останнє дуже суттєво для виявлення пропущених або подвійних кілець, і навіть для з'ясування похибок вимірів.

По-друге, рік рубки дерева повинен бути встановлений при перехресному зіставленні кривих приростів.

По-третє, з перехреснодатованих колод необхідно відібрати 5-10 зразків річних кілець на одне століття для радіокарбонівого аналізу.

На його думку, середні варіації значень ^{14}C у такій серії можуть призвести до точного датування дерева, будівель з окремих регіонів усієї Північної півкулі.

З кінця 70-х років 20-го сторіччя, коли було розпочато нову серію робіт з перегляду датування скіфських поселень, застосовувався комплексний метод дослідження, де вирішальна роль відводилася радіокарбонному аналізу. Автори цих досліджень при обліку даних археології, дендрохронології та радіокарбонного аналізу запропонували нові дати для поселень стародавніх скіфів, де довірчий інтервал був звужений до ± 40 років. Вони вважають, що зі збільшенням кількості досліджуваних зразків, зростають шанси зменшити цей інтервал до ± 10 років. Всього ж для зразків із поселень скіфів отримано 32 радіовуглецеві дати. Інтерпретація деяких із них дала привід авторам датувати багато стовбурів з точністю до 1 року. Дендрохронологія та радіокарбонний аналіз добре доповнюють один одного, причому перш за все там, де повністю відсутні можливості порівняння результатів дендроаналізу з сучасною шкалою або ж з письмовими літописами. І якщо раніше вважалося, що дендрохронологія забезпечує задовільне датування в межах нашої ери, а радіокарбонний аналіз дає більш точні дати для періоду в 2000-5000 років, то комплексне застосування цих методів дозволило дійти низки принципових за новизною і значущістю висновків.

Контрольні питання:

1. Який механізм утворення ^{14}C ?
2. Який період напіврозпаду ^{14}C ?
3. Назвіть чинники, що впливають на вміст ізотопу ^{14}C в атмосфері.
4. Яке співвідношення дендрохронології та радіокарбонного датування?
5. У чому полягає фізична основа радіокарбонного методу?
6. Які матеріали можуть бути датовані цим методом?
7. Яка роль ізотопу ^{14}C у датуванні?
8. Які переваги радіокарбонного методу порівняно з іншими?
9. Які обмеження має цей метод?
10. Чому необхідна калібровка радіокарбонних дат?
11. Як поєднують радіокарбонне та дендрохронологічне датування?
12. У яких випадках радіокарбонний метод є незамінним?
13. Яка точність методу залежно від віку зразка?
14. Які фактори можуть спотворювати результати датування?

РОЗДІЛ 7. ДАТУВАННЯ ПАМ'ЯТОК МИСТЕЦТВА

Суттєві результати отримують у датуванні, здійсненому під час дослідження пам'яток мистецтва. Особливий інтерес представляють дошки, що використовуються для написання картин, ікон, що датовані 12-15 сторіччям.

Обстеження художніх колекцій із художніх галерей Західної Європи виявило приблизно тисячу картин XIV-XIX ст., написаних на дубових дошках. Дуб звичайний був найкращим матеріалом для цього, а інша деревина використовувалася значно рідше. З цього числа в Гамбурзькій лабораторії вдалося проаналізувати 440 дубових дощок картин голандських, фламандських та німецьких художників. В Оксфорді в цей же час Д. Флетчер вивчав дубові дошки панелей із церковних будівель, а також портрети епохи Тюдорів. Дубові дошки для картин виготовлялися з поздовжньо розпиляних стовбурів дерев, тому на їх торцях добре простежуються послідовності річних кілець, що нараховують іноді до 200 річних кілець. В одній картині могли використовуватись від однієї до кількох з'єднаних дощок. На самих дошках зберігаються часом і заболонні частини стовбурів, проте на 35 зразках, вивчених у Гамбургській лабораторії картин Рубенса, річні кільця заболонної деревини були зовсім відсутні. У той же час на дошках картин Боуверманна, принаймні 40% з них, були виявлені заболонні частини деревини, що іноді навіть збереглися повністю.

Якщо на дошках частково зберігається заболонь або можливо встановити межу між ядром і заболонною деревиною, визначення часу рубки дерева може здійснюватись з точністю до 5 років. Заболонь вказує ранню межу віку картини. При поєднанні дендрохронологічного аналізу з іншими методами, наприклад, з пігменторентгенографією, а також з вивченням письмових документів та мистецтвознавчим аналізом, може бути вирішений цілий ряд важливих для історії мистецтва питань. Серед них — можливість відрізнити оригінал від підробки, відокремити роботу того чи іншого майстра від робіт учнів його школи, виділити копії сучасників, встановити послідовність створення картин одного майстра. Для датування самого твору живопису, надзвичайно суттєво з'ясувати відрізок часу від моменту зрубання дерева, та початок живописних робіт.

Порівнюючи дати зрубання, встановленої за допомогою дендроаналізу, з датами створення картин, проставленими майстром на вже готових творах, можна виявити традиції, що існували при заготівлі та

підготовці дощок, які призначалися для картин. Вивчення дощок картин німецьких художників кйольнської школи XIV-XVI ст., привело до висновку, що витримування та висушування деревини, а також підготовка дошки до використання займали досить тривалий період часу - не менше 14-15 років.

Вже іншу традицію виявлено для картин XVII ст. Порівняння дат останніх кілець на дошках із проставленими живописцями датами свідчить, що між цими подіями відбувалося не більше чотирьох – п'яти років. Однак у XVIII-XIX ст. для написання картин знову слід використовувати тривалий час підготовки дощок як основи для живопису. Крім того, у XVI-XVII ст. виникає раніше не застосована практика, вторинного використання дощок для живопису. Це мабуть було пов'язано швидше за все з нестачею якісної дубової деревини. Можливо, про це свідчить і використання дощок з деяких тропічних порід дерев.

У Каунаській лабораторії на початку 60-х років XX століття також було розпочато дослідження дошки давніх ікон. Початкове обстеження десяти ікон XVI-XVIII століть, що вийшли з північних майстерень, показало, що переважна більшість із них написано на соснових дошках. Більш детально проаналізовано шість дощок, що належать трьом іконам Новгородс-Сіверського князівства. Виміри річних кілець проводилися на зачистках торцевих частин дощок, де збереглося від 80 кілець (ікона «Преображення господнього») мала на торцевому зпилі до 150 — 160 кілець. Синхронізації отриманих кривих виконувались із залученням матеріалів з архітектурних пам'яток XVI ст. з Новгород-Сіверського та його околиць: церкви Благовіщення, побудованої в 1553 р., та церкви Успіння Господнього, що була побудована в 1596 р., прив'язки були потім перевірені на масових матеріалах будівель з культурного шару Новгород-Сіверського XV-XVI ст. Досить впевнено визначається час утворення останніх кілець трьох дощок, що збереглися: одна з дощок ікони «Петра й Павла» датується 1535 р., ікони «Святого Параскева» - 1505 р. Масовий аналіз 300 картин 30 голандських художників, які писали на бових дошках показав, що між зрубом дерева та написанням картини проходило трохи більше 5-8 років. Раніше вважали, що дошки витримували 20 років і більше. Серед картин Рубенса, написаних на дошках, є картина К 90, яка мистецтвознавцями датується 1620 р. Склавши дендрохронологічні шкали цієї та ще семи картин Рубенса, автори дослідження виявили, що дошки для написання картини К 90 були виготовлені не раніше 1635 року. Тому на той час ця картина не могла бути написана самим Рубенсом, а належить

творам рук учнів його школи. У Пітера Пауля Рубенса не існує картини під назвою «К90». Так як у дослідженнях використовували не одну сотню творів голандських майстрів, очевидно, автори використали кодування картин за якоюсь своєю системою.

Результативним також є дослідження деревних деталей стародавніх та середньовічних кораблів та човнів. Тривалий час вважалося, що ці матеріали непридатні для побудови дендрошкар, оскільки джерело їхньої деревини залишається невідомим. Однак в міру розширення мережі локальних та регіональних дендрошкар думка ця стала змінюватися, і до подібних матеріалів почали звертатися дедалі частіше. Нечисленні аналізи дерева корабельних частин, проведених у Дрезденській лабораторії, загалом підтвердили можливість такого датування. Дендрохронологи зуміли визначити точні дати створення корабля та споруд, що мають дерев'яні конструкції. Іноді дендрохронологічні дати дозволили виявити помилки хронології, допущені сучасниками ще за часів будівництва будівель. Наприклад, на фронтоні кам'яної церкви святого Мартіна в Ландшуті під Мюнхеном стоїть дата 1432 р., що зазвичай приймається за дату завершення будівництва головного входу та церкви в цілому. Дендрохронологічне датування кількох ялинових лежаків фундаменту самої будівлі церкви показало, що колоди на лежачі були заготовлені лише в 1441 р., тобто на 9 років пізніше зазначеної дати, і природно, що головний вхід до церкви з написом 1432 р. був побудований саме в 1432 р.

Контрольні питання:

1. Як застосовується дендрохронологія під час датування картин?
2. Як здійснюється датування дощок стародавніх ікон?
3. Як здійснюється датування віку дерев'яних кораблів та човнів?
4. Як проходить датування споруд, які мають дерев'яні конструкції?
5. Які об'єкти мистецтва\архітектури можуть бути датовані дендрохронологічно?
6. Які вимоги висуваються до зразків деревини з пам'яток?
7. У чому полягає специфіка датування архітектурних об'єктів?
8. Які труднощі виникають при повторному використанні деревини?
9. Як встановлюють час заготівлі деревини?
10. Чому дендрохронологія не завжди дає дату створення об'єкта?
11. Які приклади успішного датування відомі з практики?

12. Яку роль відіграють регіональні хронології?
13. Як поєднують мистецтвознавчі та дендроіндексаційні методи?
14. Яке значення має цей метод для охорони культурної спадщини?

РОЗДІЛ 8. ДЕНДРОКЛІМАТОЛОГІЯ

Річні періоди приросту деревних порід відомі вже давно. Хрестоматійним є приклад, коли прослідковується пряма залежність товщини річного кільця від кількості опадів поточного року, а приріст дерев — від природних умов загалом, про що писав у своїх творах ще Леонардо да Вінчі. На узгодження взаємообумовленості цих показників, визначення чітких якісних та кількісних впливів на річний приріст деревних порід, - спрямовані праці перших дослідників арізонської школи дендроіндексації А. Дугласа, Є. Хантінгтона, Є. Шульмана.

Основні їх положення дендрокліматологічних досліджень полягали в таких постулатах:

1. Річні кільця – індикатори коливань зміни клімату.

2. Головні чинники зміни приросту – тепло та вологість.

3. У зоні надмірного зволоження та нестачі тепла, саме це є визначальним у формуванні товщини річного приросту, а у зоні недостатнього зволоження, приріст визначають кількість опадів та умови їх випадання.

4. У областях, де кліматичні умови створюють границю поширення даної породи, дерева особливо чутливі до коливань клімату (верхня межа лісу в гірських місцевостях, у лісостепу та степу); саме тут треба шукати зв'язки між змінами клімату та коливаннями приросту річних кілець.

5. Відзначається зв'язок приросту із сонячною активністю.

Основне завдання, яке стоїть перед дослідниками – розшифрувати причини тієї чи іншої закономірності річного приросту, що спостерігається як в окремих дерев, так і для цілих лісових угруповань на певних територіях в регіонах. Ось чому ретельному вивченню дендрохронологічних шкал, складених для сучасних дерев різних порід та різних умов місцезростань і навіть ландшафтних зон, приділяється підвищена увага.

Останні десятиліття для з'ясування механізмів взаємозв'язку річних приростів з умовами навколишнього середовища та окремими кліматичними факторами застосовуються дедалі складніші методики, вивчається не лише загальна річна товщина річного кільця, але й співвідношення його різних частин - ранньої та пізньої деревини.

Особливо важливими ці ознаки є для тих регіонів, де фіксується вплив складного комплексу кліматичних факторів, зокрема тепературного поряд з

підвищеною вологістю. Подібний комплекс тією чи іншою мірою характерний для Північної Італії, Франції, Німеччини, Балтійських країн. ***Все більше прихильників серед дендрохронологів набуває так званий метод «денсиметричного» аналізу, що базується на вивченні щільності деревного кільця та його окремих частин.*** Ряд дослідників вважає, що ці показники дають більш надійні результати для кліматичних побудов, ніж криві простих річних кілець.

При всій різноманітності методик визначення, розшифрування взаємозв'язку величини річного приросту дерева за діаметром та екологічними умовами, зокрема погодними, - їх основою залишається дендрощкала, коли проводиться порівняння характеристик річного приросту із даними метеостанцій. Донедавна ці спроби викликали заперечення у низки дослідників, так як посилалися на відсутність будь-яких даних про умови місцезростання та походження дерева з археологічних розкопок чи музейних колекцій. Такі заперечення не цілком справедливі, адже сам принцип побудови дендрохронологічних шкал по дереву археологічних та історичних об'єктів базується на відборі для синхронізації лише таких кривих приростів деревини, які демонструють подібні тенденції розвитку річного приросту по роках. Останнє вже саме по собі є ознакою подібності за умов зростання використаних у спорудах стовбурів дерев та дерев'яних конструкцій.

Існує чимало і комбінованих шкал, складених з відрізків, що взаємоперекриваються, для більшої частини яких використовуються матеріали з археологічних споруд, а для пізніх відрізків - сучасних багаторічних дерев, що ростуть у тих або близьких районах, де відомі умови навколишнього середовища та вплив зовнішніх чинників.

Робляться спроби реконструювати природні умови для більш віддалених періодів людської історії. У 1942 р. Б. Хубер та У. Хольдхейде вивчаючи дерево з будівель неолітичного поселення на озері Федерзеї у Баварії, і порівнюючи тенденції розвитку річного приросту стародавнього дерева та сучасних насаджень сосни Банка з околиць озера дійшли висновку, що у дерев того часу коливання річного приросту були одночасно ширшими та однаковішими. До подібних спостережень дійшли Б. Хубер та У. фон Яцевич під час дослідження дубових свай іншого неолітичного поселення на озері Тайген-Вір в Північній Швейцарії.

Однак вивчення колод з поселення пізнього бронзового віку Бургаші-Зюд привело до інших висновків. О. Фюрст порівняв середні річні коливання приростів центральноєвропейських дерев, виявлених на

поселеннях різних історичних епох від неоліту до сучасності, і дійшов висновку, що порівняно з сучасним, клімат епохи неоліту був більш континентальним. Але вже у бронзовому віці, кліматичні умови стали м'якшими, без різких перепадів. У середні віки - приблизно 1330-1650 рр. контраст між зимовими та літніми температурами знову зменшується порівняно з попередніми століттями. Проте вже після 1650 р. відбувається повернення до високих температурним коливанням (так званий малий льодовиковий період). Спостереження по річних кільцях порівнювались у цьому випадку з пилковими аналізами та даними змін лісових деревних порід, відстежених також по деревині археологічних будівель (O. Furst, 1978). Дослідження такого роду були виконані М. Ліфшицем на матеріалах Близького Сходу, де кліматичні умови абсолютно подібні до європейських. Програма також базувалася на комплексному вивченні дерев з більш ніж шістдесяті різновікових груп, від епохи бронзи до сучасності, — пам'яток природи з урахуванням даних паленології та палеоботаніки. Вдалося відновити палеокліматичну карту останніх п'яти тисячоліть для великої території від вологих субтропиків Східного Середземномор'я до напівпустельних областей Центральної Анатолії, Північного Ірану та пустель Центрального Синаю. М. Ліфшиць наприклад, доводить, що в так званій перехідній між вологими та напівпустельними субтропіками в зоні XIX-XIV ст. до нашої ери клімат був більш прохолодним та вологим; у IX ст. до нашої ери він змінився на більш жаркий і сухий, схожий на сучасний.

Застосування комплексного методу щодо природної обстановки на певних етапах людської історії, допомагає отримати цікаву інформацію також про розвиток сільського господарства, різних ремесел та промислів. Так, наприклад, М. Мікола встановив тісну кореляцію між північною межею поширення лісів та літньою температурою повітря у вегетаційний період, після чого дані своїх спостережень він пов'язав із збільшенням продуктивності лісів та розвитком деревообробного промислу в Лапландії на початку XX століття.

Найбільшу кількість досліджень в галузі дендрокліматології проведено на матеріалах граничних меж місцезростання деревних деревостанів, де лімітуючі фактори приросту деревини виявляють корінні деревостани найповніше. Численними дослідниками у всьому світі встановлено, що у верхній та нижній межах росту деревної рослинності, коливання річного приросту в основному залежать від змін температурного режиму під час вегетаційного періоду. У районах південних границь поширення лісів, вплив режимів зволоження є найбільш оптимальним. У зонах, сприятливих

для зростання деревних порід, тобто в зонах помірного клімату, річні кільця деревного приросту відображають комплексні показники рівня вологозабезпечення та температурних градієнтів. За даними дендрохронології можна досить добре визначати динаміку стоку річок та інших природних чинників. У найбільш дендрохронологічно вивчених районах Південно-Західних областей США на сьогоднішній день вже проведено роботи з вивчення просторових та тимчасових змін клімату за останні 500 років. Розпочато роботи з пошуків показників кореляційного зв'язків між річним приростом дерев та характеристиками макроциркуляційних процесів в атмосфері.

В галузі дендрокліматології виконано сотні науково-дослідних робіт з багатьох проблем динаміки біосфери. Деякий їхній огляд подано в наукових роботах Г. Фріттса, Т. Бітвінського та С. Шиятова. З вивченням циклічності сонячної активності розпочалися планомірні роботи з дендрохронології на початку ХХ ст. Особливо інтенсивно ця проблема розроблялась у 20-40-х роках. Після II-ї світової війни, сонячною активністю на основі дендрохронологічної інформації досить багато займалися в Європі. Великий інтерес до вивчення цієї проблеми на матеріалах дендрохронології пояснюється можливостями виявляти як короткочасні, так й довготривалі багатовікові сонячні цикли. Роботи з реконструкції клімату минулого на матеріалах східноєвропейської деревини проводилися й у лабораторії Ганноверського університету з 1983 по 2005 роки. Для досліджень було обрано матеріал із Західних областей Європейської території. Як дослідні зразки використовували деревину із середньовічних поселень, віднесених умовно до так званої «західної групи пам'яток». Причини такого вибору обумовлені:

По-перше тим, що Західна група була представлена у вивченому на той час матеріалі якнайкраще. Тут були зразки дерев з археологічних споруд одинадцяти пам'яток архітектури. Ця деревина характеризується великою різноманітністю набору кривих приросту річних кілець, що пов'язано з різними умовами місцезростань. З цієї причини саме тут слід виявляти ті загальні аномалії у розвитку приростів річних кілець, які є індикаторами деяких глобальних кліматичних впливів, що позначалися на великих просторах.

Подруге, передбачувана реконструкція вимагала вичерпної інформації природознавчого характеру, що міститься в середньовічних письмових джерелах - Скаandinavських літописах та Західно-Європейських хроніках.

Тому районом дослідження доцільно було обрати ті області Стародавньої Європи, де дані літописів могли б доповнюватися Західними хронологіями.

Однією з найважливіших тем, які привертають особливу увагу вчених-дендрокліматологів, є побудова так званих дендрокліматичних профілів, що простягаються в широтному, - по Північній Європейській межі лісів. Подібний метод дозволяє виявляти закономірності річних приростів лісових масивів у конкретних районах, та вирішувати питання про вузьке або ж широке поширення лісів, що було встановлено за окремими дендрошкалам ритму приросту деревини. Є також можливість виявляти повторюваність екстремальних значень приросту, та пов'язаних з ними кліматичних явищ. На основі такого роду спостережень, можна навіть робити висновки про вплив на рослинність не тільки кліматичних, а й антропогенних і навіть космічних чинників. При цьому вдається фіксувати впливи, що мають як глобальні, так і вузько локальні наслідки.

Загальний комплекс напрямку, що розробляється, доповнюється також ще двома важливими напрямками:

- 1) Побудова наддовгострокових дендрохронологічних шкал;
- 2) Вивчення концентрацій ізотопу ^{14}C у річних кільцях деревини.

При дослідженні останньої проблеми, дуже важливе значення має аналіз річних кілець із зразків археологічної деревини.

Багато тисяч вивчених дерев лягли в основу великої кількості багатовікових дендрошкал для найрізноманітніших регіонів України. Особливе місце в цьому переліку займає побудова наддовгострокових шкал, у процесі чого застосовується цілий комплекс аналітичних методів (дендрохронологія в поєднанні з радіокарбоним, пилковим та геоботанічним аналізами деревини і торфу), що дозволяють повніше відповідати на деякі питання палеоекології. Основним матеріалом при цих дослідженнях є викопні залишки стовбурів дуба звичайного, що зберігаються в торфовищах, і дерново-підзолистих важко суглинистих, болотних та торфоболотних ґрунтах зони Центрального Полісся України. Такі дослідження авторами цього навчального посібника проводяться і на теперішній час в лісорослинних умовах Поліського природного заповідника, зокрема в умовах боліт - Журавлине та Йосипове болото. Важливим лісоутворювальним фактором, що визначає стан та динаміку лісів, є лісові пожежі. Оцінка календарних років минулих пожеж, що вивчається нами на сьогоднішній день в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науководослідних відділень Поліського природного заповідника базується на

зворотньому відліку річних кілець від підкорового кільця, коли рік утворення його точно відомий, до пожежепошкодженого шраму на прирості деревини. З її допомогою ми можемо визначати терміни, повторюваність і поширення різних видів пожеж в умовах природно-заповідного фонду України, а іноді і кліматичні умови років з найбільш інтенсивними пожежами. Нами встановлено, що найбільш сильні лісові пожежі в лісорослинних умовах Поліського природного заповідника спостерігалися в основному в посушливі фази різних за тривалістю кліматичних циклів. Дендроіндексаційні прийоми визначення пожежних років дають надійні результати лише у випадках зростання дерев, коли немає випадання або появи хибних річних кілець у прирості. Іноді хронологічне датування пройдених старих лісових пожеж ускладнюється тим, що пожежні шрами на стовбурах дерев, що збереглися, поширені досить локально як у висоті, так й по колу стовбура. Тому для повного виявлення впливу лісової пожежі різного виду на фізіологічний стан дерева, визначення їх інтенсивності та наслідків найкраще використовувати поперечні зпили на різних висотах стовбурів дерев (рис. 20). Аналіз кернових зразків, що найчастіше використовується у дендрохронологічних дослідженнях для датування строку проходження лісових пожеж є менш надійний, оскільки призводить до пропуску слідів термічного впливу пожеж та до суттєвої втрати інформації про їх вплив. Також слід враховувати, що інтенсивні пожежі викликають значне зрідження деревостанів, коли в першу чергу випадають дерева, що найбільш постраждали від прямого впливу лісової пожежі.

Сліди вогневого
ураження



Рис. 20. Зпил сосни звичайної на старих згарищах в лісорослинних умовах А₂₋₃ Перганського природоохоронного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника (автор датування річних приростів на зпилі - Ткаченко М. В.)

Крім того пожежі, особливо низові, суттєво змінюють розподіл приросту по висоті стовбура дерева. У нижній частині дерева післяпожежний приріст по діаметру відкладається інтенсивніше, ніж вгору по стовбуру.

В останній час дендрохронологічна інформація широко використовується в екологічному прогнозуванні. Прогнози, що базуються на даних деревного приросту, виділяються в особливий клас екологічних прогнозів – дендрохронологічних. Причому ряди індексів приросту разом з іншими геліо- та геофізичними даними використовуються для прогнозування клімату (рис. 21), врожаїв сільськогосподарських культур, екологічної обстановки та інших природних процесів.

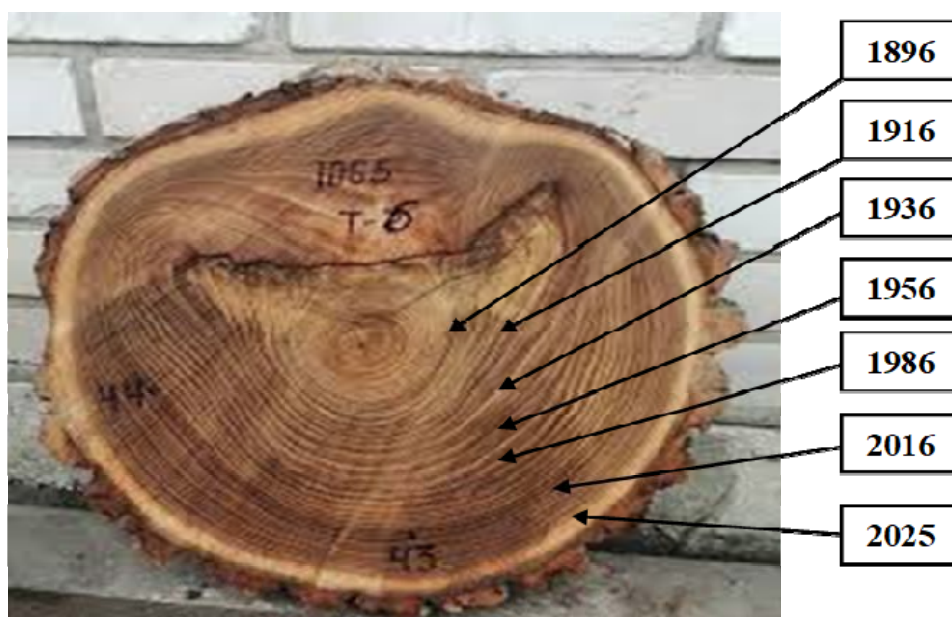


Рис. 21. Зпил сосни звичайної, отриманий в результаті видалення напівзгорівшого та поваленого дерева (2022 рік), через масштабну лісову пожежу 2020 року в умовах 49 кварталу 12 виділу Копищанського природоохоронного науково-дослідного відділення Поліського природного заповідника. (Автор датування – Левченко В. Б.).

В лісовому господарстві, а також об'єктах природно-заповідного фонду, такі прогнози необхідні під час планування охорони лісів від пожеж та захисту від біологічної діяльності шкідників та хвороб, лісо відновлювальних робіт, рубок догляду (в лісгосподарських філіях ДП «Ліси України») за лісом та інших видів лісгосподарської діяльності.

Контрольні питання:

1. Назвіть основні положення дендрокліматологічних досліджень.
2. В чому полягає суть денсиметричного методу?
3. В чому особливості побудови довгострокових дендрошкал?
4. Дайте визначення дендрокліматології.
5. Які кліматичні параметри реконструюють за річними кільцями?
6. Які деревні породи найбільш чутливі до клімату?
7. У чому полягає кліматичний сигнал у річному прирості?
8. Як впливають температура та опади на ширину кілець?
9. Що таке кліматичні екстремуми і як вони відображаються в деревині?
10. Які методи використовують для аналізу кліматичних рядів?
11. Яка роль дендрокліматології у вивченні змін клімату?
12. Які обмеження має цей напрям досліджень?
13. Як результати дендрокліматології використовують на практиці?

РОЗДІЛ 9. ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ ДЕНДРОІНДЕКАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Практика використання дендрохронологічного (дендроіндексаційного) методу на практиці, базується на використанні цілого ряду біологічних принципів, а саме:

1. Дерева помірної зони щороку утворюють добре помітне річне кільце приросту деревини за діаметром.

2. Формування розмірів річних кілець пов'язане із впливом лімітуючих факторів навколишнього природного середовища. У сприятливі роки дерева формують широкі річні кільця, а несприятливі - вузькі.

3. У дерев однієї породи, що ростуть у подібних умовах, річні прирости закладаються й утворюються однаково.

В лісовому господарстві дендрохронологічний метод ефективний при розслідуванні лісопорушень, що пов'язані з незаконними рубками, крадіжками лісопродукції, незаконним обігом деревини, умисними підпалами Державного лісового фонду України. Об'єктами дендрохронологічної експертизи у цьому випадку виступають частини лісоматеріалу, деревні частинки (тирса, стружка), щ були виявлені на одязі підозрюваного, а також дошки, колоди, стовбури дерев, щ були вилучені на місцях лісопорушень.

Лісоекспертна дендрохронологія спрямована на визначення:

1) екологічних умов місцезростання лісових дерев та типу лісорослинних умов;

2) імовірної ділянки місцевості, де росло зрубане дерево або група дерев;

3) абсолютної та відносної дати кілець у рядах приростів та останнього річного приросту - рік рубки або загибелі дерева, рік останнього кільця в оброблених пиломатеріалах;

4) сезону року (місяця протягом вегетаційного періоду зростання дерева), коли відбулася рубка або коли загинуло дерево;

5) життєвого стану дерева на момент рубки (живе, життєздатне, пригнічене, ослаблене, сухостійне).

Крім того, можлива ідентифікація цілими частинами, що не мають спільної лінії поділу (встановлення частин стовбура одного дерева).

Об'єктами дослідження лісоекспертної дендрохронології є зразки деревини хвойних та листяних порід: круглі зпилки та їх фрагменти; бурові керни та різні пиломатеріали.

У структурі експертного дослідження зразків деревини методами дендрохронології виділяється кілька етапів:

1. Підготовка зразків деревини до дослідження, їх морфологічного та анатомічного опису.
2. Дослідження кільцевих приростів деревини, об'єктів та контрольних зразків - кернів деревини (вимірювання, індексування, абсолютне та відносне датування зразків).
3. Побудова графіків середніх груп об'єктів – хронологій, що характеризують умови місцезростання (конкретну територію).
4. Порівняння графіків та математичних показників груп об'єктів - хронологій із групами - хронологій, побудованими за зразками деревини, яка вилучена на місці лісопорушення.
5. Пошук частин стовбурів одних і тих же дерев (з лінією поділу чи без неї).

На завершення дослідження експертом з дендроіндексації формуються висновки, проводиться оформлення висновку експерта, яке у свою чергу складається з текстової частини, фотографій об'єктів деревини, графічних та математичних додатків.

Основними питаннями, на які можна отримати відповідь, використовуючи методи експертної дендрохронології є такі:

1. До яких порід деревини належать зразки, представлені на експертизу?
2. Чи мають зразки деревини, вилучені з місця лісопорушення або транспортного засобу, лісопильного цеху, будівництва і т. д. та зразки, вилучені з пеньків, від порубкових залишків, з колод, вилучені з місць (я) лісопорушень (ня), загальну групову приналежність?
3. Чи зростали раніше дерева, зразки від яких вилучено з місця лісопорушення або транспортного засобу, лісопильного цеху, будівництва і т. д., на місці (ях) лісопорушення?
4. Чи не були раніше зразки деревини, представлені на експертизу, частинами стовбура одного й того ж дерева?
5. У якому календарному році, і в якому сезоні року зрубане дерево (група дерев)? На скільки років пізніше чи раніше зрубано дерево (група дерев) в порівнянні з іншими деревами (групою дерев)?

Як яскравий приклад практичного використання дендрохронологічної інформації на користь лісового господарства, можна навести викладений в матеріалах розслідування лісопорушення, що було здійснено в умовах Тетерівського ЛГ в 2010 році. Це реальний випадок із експертної практики,

коли дендрохронологічний метод був задіяний у розслідуванні справи про самовільну порубку лісосмуги.

Кримінальна справа про скоєне лісопорушення щодо незаконного рубання дерев дуба звичайного в полезахистній лісосмузі почалася з того, що в Тетерівському держлісгоспі звернули увагу на те, що одна і та сама людина систематично продавала місцевим жителям дрова дуба звичайного, які привозила вантажівкою. Під час чергового приїзду вантажівки зі дров'яною продукцією довжиною 1 м на кузові вантажного автомобіля ЗіЛ – 131, вантажівка, що була під верх кузова завантажена дров'яною продукцією, була зупинена патрульною поліцією. Невідомий учасник дорожнього руху, що їхав за вантажівкою з дров'яною лісопродукцією на мотоциклі, об'їхав зупинену вантажівку, потім стрімко набрав швидкість і втік. Водій вантажівки під час пояснення показав, що його зупинила на дорозі людина, яка зникла на мотоциклі і попросила, щоб він підвіз до села неподалік заготовлену дров'яну лісопродукцію, що знаходилась тут же, на іншій вантажівці ЗіЛ-130 яка ніби-то зламався і стояв на узбіччі. Дров'яну продукцію перевантажили, проте людина в кабінку не сіла, а поїхала позаду мотоциклом. Покази водія підтвердилися свідком, що їхав з водієм весь цей час у кабінці вантажівки ЗіЛ – 131. Підозра у скоєнні лісопорушення впала на лісників Тетерівського лісництва, що знаходилось до цього місця на відстані 2,5 км. Потрібно було чітко встановити джерело походження як затриманої дров'яної лісопродукції, так і вже придбаних місцевими жителями дров. Крім цього, якщо досліджувані фрагменти дерев раніше справді виростили в Терерівському лісництві, то в обході якого майстра лісу вони виростили (при конторольному переліку лісу, зрубів виявлено не було)?

Для відбору зразків для порівняння було задіяно експерта. Зразки деревини було взято з трьох кварталів Тетерівського лісництва, а також від затриманої у кузові вантажівки дров'яної продукції.

При відборі зразків для порівняння у лісництві експерт оглянув насадження в 35, 102 та 134 кварталах. У кожному кварталі було обрано дубові деревостани, найбільш характерні для цих насаджень. Від них було відібрано зразки. Кwartали розрізнялися ґрунтами та режимами вологості.

Крім цього, насадження кварталу 35 належали до лісорослинних умов С₂₋₃, II-III класу бонітету з відносною повнотою 0,7; насадження кварталу 102 - до лісорослинних умов С₃, D₃ II-III класу бонітету, відносною повнотою 0,5 – 0,6; насадження кварталу 134 - до лісорослинних умов С₄, класу бонітету III-IV, й відносній повності 0,5. В ході експертизи, на основі аналізу динаміки приросту було встановлено, що досліджувані зразки не

могли зрости в 35 кварталі. Тобто в обході майстра лісу «М» (з умов етичних мікувань ми не наводимо прізвищ, імен, по-батькові учасників розслідування).

В той же час було доведено, що досліджувані дерева могли зростати в кварталах 102, 134, тобто, в обході майстра лісу ДП «Тетеріське» ЛГ, громадянина «Ч». Також дендроіндекаційною експертизою було встановлено, що частина досліджуваних дерев була зрубана у першій половині вегетаційного сезону (навесні) 2010 року, друга ж частина - у другій половині вегетаційного періоду (у другій половині літа або на початку осені) 2010 року. Було достойменно встановлено, що всі висновки дендрохронологічної експертизи повністю підтвердились матеріалами справи. Розкрадачем лісу виявився рідній брат майстра лісу ДП «Тетеріське ЛГ», громадянин «К», який самовільно зрубав деревину для заготівлі дров без відповідних на те дозвільних документів. Мйстер лісу «М» не був причетний до скоєння лісопорушенн. Розкрадач деревини був засуджений до 3-х років позбавлення волі з виплатою завданого екологічного збитку. Все це наявно демонструє, наскільки складні комбінації можуть бути розплутані у справі про лісопроушення, якщо до експертизи буде залучено грамотного експерта дендрохронолога.

Завдяки використанню сучасного обладнання, низка дендроіндекаційних досліджень (визначення часу рубки стовбура дерева, визначення сухостійності дерева на момент рубки, підтвердження приналежності, пенька та стовбура організму одного дерева), в даний час являють собою вже стандартне експертне завдання.

В наш час в Україні досить розвинена науково-практична основа екологічної, лісовпорядної, лісотаксаційної, водно-болотної дендрохронології, сучасне вимірювальне та аналітичне обладнання, що сприяє значною мірою розширення доказової бази під час розкриття та розслідування лісопорушень лісовому господарстві економіки України з метою припинення нелегального обігу деревини, дров'яної продукції та лісоматеріалів.

Контрольні питання:

1. Які основи застосування дендрохронології у визначенні лісопорушень в лісовому господарстві України?
2. Наведіть приклади застосування дендрохронологічної інформації під час проведення розслідування лісопорушення.

3. У яких галузях застосовують дендроіндексаційний аналіз?
4. Як дендроіндексація використовується в лісовому господарстві?
5. Яке значення має аналіз річного приросту для оцінки стану лісів?
6. Як дендроіндексація допомагає виявляти антропогенний вплив?
7. Які приклади застосування методу дендроіндексації у природоохоронній діяльності?
8. Як дендроіндексація використовується при оцінці наслідків пожеж?
9. Яка роль дендроіндексації у моніторингу екосистем?
10. Які вимоги до якості польового та лабораторного матеріалу?
11. Які помилки найчастіше трапляються у прикладних дослідженнях з дендроіндексації?

ПІСЛЯМОВА

Дендрохронологія - це наука, що вивчає мінливість річних кілець вторинної ксилеми деревних порід у хронологічно-часовому аспекті. Вона має давню історію та багатий методологічний апарат, який розвивався в основному поза прямим зв'язком із завданнями лісознавства і лісівництва, лісової таксації, лісовпорядкування. Вона виникла завдяки працям американського астронома Ендрю Дугласа та його учнів; реконструктивна методологічна концепція стала системоутворюючим кластером сучасної дендроіндексації (дендрохронології). У її межах, основними сферами застосування дендрохронологічної інформації були, і залишаються, археологія та палеокліматологія. У галузі лісознавства, лісівництва, лісової таксації, лісової пірології, лісової тельматології, лісовпорядкування на сьогодні основний обсяг дендрохронологічних досліджень виконано у галузі реконструкції історії лісових фітоценозів як в умовах експлуатаційних лісів, так й в умовах об'єктів природно-заповідного фонду України.

Авторський колектив навчального посібника приносять глибоку подяку та шану рецензентам: кандидату с.-г. наук, доценту, доценту кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства Державного біотехнологічного університету (м. Харків) Назаренку Віталію Васильовичу, а кандидату с.-г. наук, старшому досліднику, завідувачу сектору УкрНДІЛГА ім. Г. М. Висоцького Сидоренку Сергію Григоровичу, а також доктору с.-г. наук, професор, завідувачці лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА ім. Г. М. Висоцького Світлані Петрівні Распопіній за цінні поради та зауваження, що дозволили покращити книгу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Андрущенко Р. О., Коваль І. М. Радіальний приріст феноформ дуба звичайного в осередках масового розмноження п'ядуна зимового (*Operophtera brumata* L.) в лісах центрального Полісся. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України: електронний фаховий журнал. 2014. Вип. 5 (47). https://nd.nubip.edu.ua/2014_5/21.pdf.
2. Балабух В. О., Зібцев С. В. Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у північно-чорноморському регіоні України. Український гідрометеорологічний журнал. 2016. Вип. 18. С. 60–71.
3. Барабаш М. Б., Татарчук О. Х., Гребенюк Н. П., Корж Т. В. Практичний напрямок досліджень змін клімату в Україні. Фізична географія та геоморфологія. Науковий вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2009. Вип. 57 (28). С. 28–36.
4. Бондар В. Н. Причини та наслідки санітарного стану лісів і деградація лісових екосистем. Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення в Україні: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 12 червня 2019 р.: матер. конф. К., 2019. С. 8–17.
5. Букша І. Ф., Бондарук М. А., Целіщев О. Г., Пивовар Т. С., Букша М. І., Пастернак В. П. Прогноз життєздатності сосни звичайної і дуба звичайного у разі зміни клімату в рівнинній частині України. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 146–158.
6. Букша І. Ф., Швиденко А. З., Бондарук М. А., Целіщев О. Г., Пивовар Т. С., Букша М. І., Пастернак В. П., Краковська С. В. Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип. 266. 2017. С. 26–38.
7. Ваколюк В. Д. Радіальний приріст дерев дуба звичайного у лісах Поділля, пошкоджених і непошкоджених льодоламом 2000 року. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2009. Вип. 19 (10). С. 37–47.
8. Ваколюк П. Г., Тимошенко М. М., Левченко В. Б., Шульга І. В., Залевський Р. А. Розвиток лісогосподарської справи на Україні. Навчальний посібник / за ред. к. с.-г. н., проф. П. Г. Ваколюка // Житомир. Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 2018. 212 с.
9. Ворон В. П., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Бологов О. Ю. Рекомендації щодо ведення лісового господарства в умовах

антропотехногенного впливу [затверджені науково-технічною радою Держлісагенства протокол № 3 від 20.04.2017 року]. Х.: УкрНДІЛГА, 2017. 54 с.

10. Ворон В. П., Бондарук М. А., Коваль І. М., Целіщев О. Г. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них. Збірник рекомендацій Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації. Харків: Нове слово, 2011. С. 10–112.

11. Ворон В. П., Романенко О. І., Мельник Є. Є., Бологов О. Ю. Зміни соснових лісів в умовах забруднення атмосфери викидами Балаклійського ВАТ «Балцем». Лісовий журнал. 2011. Вип. С. 7–12.

12. Ворон В. П., Коваль І. М., Лещенко В. О. Вплив погодних умов і рекреації на динаміку радіального приросту дерев в сосняках зеленої зони м. Харкова. Лісівництво і агролісомеліорація. 2010. Вип. 117. С. 86–93.

13. Ворон В. П., Коваль І. М. Вплив низових пожеж на динаміку радіального приросту сосни в лісостеповій зоні України. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2011. Вип. 21.7. С. 45–50.

14. Ворон В. П., Коваль І. М. Реакція радіального приросту сосни звичайної на зміни клімату та рекреаційного навантаження в лісостеповій зоні України. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2011. Вип. 21 (2). С. 63–70.

15. Ворон В. П., Коваль І. М. Динаміка радіального приросту сосни як критерій реакції лісових екосистем Волинського Полісся на дію кліматичних та антропогенних факторів. Збірник Національного аграрного університету. 1998. С. 44–47.

16. Ворон В. П., Коваль І. М. Формування шарів ранньої, пізньої та річної деревини в соснових насадженнях під впливом викидів ВАТ «Балцем» на північній межі степової зони України. Вісник Харківського Національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. 2013. № 1. С. 188–194.

17. Ворон В. П., Коваль І. М., Леман О. В. Методичні підходи до вивчення впливу негативних чинників на радіальний приріст сосняків в Поліссі. Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць Львів: РВВ НЛТУ України. 2011. Вип. 9. С. 156–161.

18. Ворон В. П., Коваль І. М., Лещенко В. О. Вплив погодних умов і рекреації на динаміку радіального приросту дерев в сосняках зеленої зони м. Харкова. Лісівництво і агролісомеліорація. 2010. Вип. 117. С. 86–93.
19. Ворон В. П., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Ткач О. М., Борисенко В. Г., Тимошук І. В., Бологов О. Ю. Пірогенна трансформація лісів України. Харків: ТОВ Планета-Прінт, 2021. 286 с.
20. Ворон В. П., Коваль І. М., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Постпірогенна динаміка радіального приросту в середньовіковому сосняку Рівненського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 30. С. 159–168.
21. Гриневецький В. Т., Давидчук В. С., Шевченко Л. М., Сорокіна Л. Ю., Чехній В. М., Голубцов О. Г. Ландшафтознавство в Інституті географії Національної академії наук України. Український географічний журнал, 2017. Вип. 4. С. 3–12.
22. Гульчак В. Державний облік лісів України – підсумки та прогнози. Лісовий і мисливський журнал. 2012. Вип. 2. С. 6–8.
23. Діагностика та зонування пошкодження лісів України аеротехногенним забрудненням. Ворон В. П., Лавров В. В., Бондарук М. А., Стельмахова Т. Ф., Распопіна С. П., Коваль І. М., Романенко О. І., Леман О. В., Целіщев О. Г. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Збірник рекомендацій УкрНДІЛГА. Х.: Нове слово, 2011. С. 113–164.
24. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко; за ред. С. П. Іванюти. К.: НІСД, 2020. 110 с.
25. Зборовська О. В., Краснов В. П., Ландін В. П., Захарчук В. А. Радіальний приріст сосни звичайної на моренних відкладах Житомирського Полісся. Агроєкологічний журнал. 2018. Вип. 1. С. 7–13.
26. Іванюк І. Д., Фучило Я. Д. Вплив метеорологічних чинників на радіальний приріст дуба звичайного в умовах свіжих і вологих сугрудків Полісся України. Наукові праці ЛАНУ. 2020. Вип. 20. С. 57-63.
27. Іванюк Д. П., Шульга І.В. Управління природоохоронною діяльністю [Текст] : навч. посібник. К. : Алерта, 2007. 366 с.
28. Коваль І. М., Воронін В. О. Реакція радіального приросту *Pinus Sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу. Лісівництво і агролісомеліорація. 2019. Вип. 135. С. 140–148.

29. Коваль І. М. Реакція радіального приросту *Quercus robur* L. на зміни клімату Поліссі та Лісостепу. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2020. Вип. 20. С. 64–73.

30. Коваль І. М. Кліматичний сигнал у регіональній деревно-кільцевій хронології дуба звичайного (*Quercus robur* L.) Лівобережного Лісостепу. Лісівництво і агролісомеліорація. 2020. Вип. 137. С. 72–81.

31. Коваль І. М. Реакція радіального приросту сосни на зміни клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу України. Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 12–13 червня 2019 року. Київ, 2019. С. 123–125.

32. Коваль І. М. Регіональна індексна деревно-кільцева хронологія дуба звичайного (*Quercus Robur* L.) для лісової зони України. Збірник наукових статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань (29–30 жовтня 2020 року). Харків: національний університет імені В. Н. Каразіна. Навчально-науковий інститут екології, 2020. С. 55–56.

33. Коваль І. М., Браунинг А. Вплив клімату на радіальний приріст дуба звичайного в насадженні Лівобережного Лісостепу. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Освіта – наука – виробництво – 2018. XXI Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків 18–20 квітня 2018 р. С. 100–102.

34. Коваль І. М., Браунинг А., Воронін В. О., Невмивака М. А., Токарева Н. А. Особливості формування шарів ранньої, пізньої та річної деревини дуба звичайного в насадженні Лівобережного Лісостепу України. XIV Всеукраїнські наукові Таліївські читання: охорона довкілля. Харків, 2018. С. 61–64.

35. Коваль І. М. Біоіндикація стану насаджень ясена звичайного Західного Лісостепу на прикладі деревостану Ярунського лісництва ДП «Новоград-Волинське ДЛМГ». Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2016. Вип. 26 (8). С. 81–87.

36. Коваль І. М. Вплив клімату на динаміку радіального приросту *Pinus sylvestris* L. у лісовій і лісостеповій зонах України. Лісівництво і агролісомеліорація. 2007. Вип. 111. С. 53–58.

37. Коваль І. М. Вплив клімату та забруднення на динаміку радіального приросту сосни звичайної в лісостеповій зоні. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. 2012. Вип. 3. С. 182–185.

38. Коваль І. М. Дендрохронологія та заповідна справа. Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: I Міжнародна Інтернет-конференція, м. Харків, 26 лютого 2021 р.. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 71–72.

39. Коваль І. М. Дендрохронологічний аналіз сосни під впливом клімату та забруднення в степовій зоні України. Біорізноманіття та стійкий розвиток: II Міжнародна науково-практична конференція. Сімферополь: Кримський науковий центр НАН і МОН України, 2012. С. 86–90.

40. Коваль І. М. Дендрохронологічні дослідження в Україні. Посібник українського хлібороба. Науково-практичний збірник. 2016. Том. 2. С. 282–284.

41. Коваль І. М. Дендрохронологічні дослідження післяпожежного розвитку соснових деревостанів в лісостепу. Тези доповідей міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та молодих вчених. Київ, 2011. С. 23–24.

42. Коваль І. М. Дендрохронологія в Україні: ретроспектива і перспективи розвитку. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. Науковий вісник НЛТУ України. 2006. Вип. 31. С. 221–227.

43. Коваль І. М. Динаміка радіального прироста *Pinus sylvestris* L. в степній зоні України под влиянием выбросов цементного предприятия «Балцем». Дендрохронология: достижения и перспективы: Всероссийское совещание, г. Красноярск 27–30 октября 2003 г.: тезисы докл. С. 27.

44. Коваль І. М. Динаміка радіального приросту дуба звичайного під впливом рекреації в зеленій зоні м. Харкова. Конференція науково-педагогічних працівників і аспірантів та 60-а ювілейна студентська науково-виробнича конф. Київ, 2006. С. 78.

45. Коваль І. М. Застосування дендрохронологічних методів для вивчення особливостей радіального приросту *Quercus robur* L. під впливом рекреації в зеленій зоні м. Харкова. Науковий вісник Національного аграрного Університету. 2007. Вип. 106. С. 180–191.

46. Коваль І. М. Лісова екологія та заповідна справа. Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: I Міжнародна Інтернет-конференція, м. Харків, 26 лютого 2021 р. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 3–4.

47. Коваль І. М. Оцінювання стану соснових і дубових лісостанів України дендрохронологічними методами. Лісівнича наука в контексті сталого розвитку: Наукова конференція, присвячена 150-річчю від дня

народження академіка Г. М. Висоцького, 90-річчю від дня народження професора П. С. Пастернака та 85-річчю від часу заснування Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. м. Харків, 29–30 вересня 2015 року. С. 108–110.

48. Коваль І. М. Радіальний приріст як індикатор стійкості лісових екосистем на прикладі соснових лісів зеленої зони м. Харкова. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. 147. С. 223–232.

49. Коваль І. М. Реакція на зміни клімату радіального приросту сосни звичайної у насадженнях з різними лісорослинними умовами у Центральному Поліссі. Лісівництво і агролісомеліорація. 2012. Вип. 120. С. 113–119.

50. Коваль І. М. Сакс-Клаассен У., Волошинова Н. А., Присяжнюк А. А. Вплив клімату на формування деревних кілець дуба звичайного в надзвичайно вологих умовах Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2006. Вип. 109. С. 127–134.

51. Коваль І. М., Бологов О. В., Нусбаум С. А., Юзвинський Г. А. Радіальний приріст дуба звичайного та ясена звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізико-географічного району. Лісівництво і агролісомеліорація. 2015. Вип. 126. С. 202–211.

52. Коваль І. М., Борисова В. Л. Реакція на зміни клімату радіального приросту ясена звичайного в насадженнях Лівобережного Лісостепу. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2019. № 29 (2). С. 53–57.

53. Коваль І. М., Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Бологов О. В., Мельнік Є. Є., Ткач О. М., Невмивака М. А., Воронін В. О. Дендрохронологічні аспекти після пірогенного розвитку соснових насаджень в Поліссі та Лісостепу. XIII Всеукраїнські наукові Таліївські читання: наукова конференція, м. Харків, 19–20 квітня 2017 року: тези доповіді. Харків, 2017. С. 28–31.

54. Коваль І. М., Воронін В. О. Дендрокліматологія як складова частина дендрохронології. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2019. № 32. С. 85–94.

55. Коваль І. М., Кошеляєва Я. В. Дендроіндексація берези повислої в насадженні, пошкодженому бактеріальною водянюкою, на Харківщині. XIII Всеукраїнські наукові Таліївські читання: наукова конференція,

- м. Харків, 19–20 квітня 2017 року: тези доповіді. Харків, 2017. С. 32–34.
56. Кошеляєва Я. В., Коваль І. М. Радіальний приріст берези повислої, ураженої бактеріальною водянкою, в зеленій зоні м. Харкова. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. № 130. С. 208–214.
57. Краснов В. П., Мешкова В. Л., Усцький І. М. Сучасний санітарний стан лісів України. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2001. Вип. 39. С. 133–140.
58. Лавний В. В. Особливості формування ясеневих насаджень Західного Лісостепу України.: дис... канд. с.-г. наук: 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво». Український держ. лісотехнічний університет. Львів, 2000. 176 с.
59. Лакида П. І., Букша І. Ф., Пастернак В. П. Перспективи та напрямки діяльності у лісовому господарстві у зв'язку з ратифікацією Україною Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміни клімату. Аграрна наука і освіта. 2004. Т. 5. № 3–4. С. 116–121.
60. Лакида П. І., Домашовець Г. С. Динаміка продуктивності головних лісоутворювальних порід Львівщини. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Вип. 31. 2006. С. 214–221.
61. Лакида П. І., Василишин Р. Д., Лащенко А. Г., Терентьев А. Ю. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід. К.: Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. 192 с.
62. Levchenko V. V., Shulga I. V. Perspectives of lisotathological monitoring by materials of resistance of fusion scanning of forests by the example of Zhytomir regional management of forest and horticultural holding. Innovative Solutions In Modern Science № 2(29), 2019. doi 10.26886/2414-634X.2(29)2019.2 Bur Dubai. S. 15 – 45.
63. Левченко В. Б., Шульга І. В., Остапчук Ю. В. Екологічні особливості боліт Житомирського Полісся: посібник Житомир: вид-во ЖДТУ ім. І.Франка. 2014. 40 с.
64. Левченко В. Б., Романюк А. А. Математична модель гідрофізичних процесів в лісових болотних екоценозах Житомирського Полісся. Науковий огляд. № 6(59), 2019. Люблінський технологічний університет (Люблін, Польща). С. 13-27.
65. Левченко В. Б., Шульга І. В., Шкатула В. П., Котков В. І. Світове лісове господарство. Підручник //За ред. Левченко В. Б: – Житомир. Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 2019. 302 с., іл.

66. Levchenko V. B., Shulga I. V., Romanyuk A. A., Bezverkha L. M. Use of remote geoinformation technologies for forest pathology monitoring in the Zhytomyr Polissya. *Innovative Solutions in Modern Science*. 2(38). doi: 10.26886/2414-634X.2(38), 2020.3 Bur Dubai. S. 21-45.
67. Levchenko V. B., Martenuk G. M., Pasichnyk I. O., Maksymova T. M. Pathological process of root sponge of pine in the conditions of forest edatops and climate change state enterprise «Zarichanske forestry». *Paradigm of knowledge*. 5(43). doi: 10.26886/2520-7474.5(43), 2020.2 Frankfurt, Germany. S. 24-45.
68. Levchenko V. B., Shulga I. V., Nemerytska L. V., Zhuravska I. A., Romanyuk A. A. Organization and monitoring of forest pests with the use of pheromones in the conditions of the state enterprise «ZARICHANSKE FORESTRY». DOI 10.26886/2414-634X.1(45)2021.4 *Innovative Solutions In Modern Science* № 1(45), 2021. State of New York. S. 60-81.
69. Hurzhii R. V., Yavorovskyi P. P., Sydorenko S. H., Levchenko V. B., Tyshchenko O. M., Tertyshnyi A. P., Yakubenko B. Y. Trends in forest fuel accumulation in pine forests of Kyiv Polissya in Ukraine. DOI: 10.2478/ffp-2021-0013. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 2021, Vol. 63 (2), Scopus, Web of Science, Copernicus, Google Scholar (Search). S. 116-124.
70. Levchenko V. B., Shulga I. V., Ivanyk I. D., Budnik I. P., Korkulenko A. M., Ganzhalyuk T. S. Restoration of forests in the territories passed by large-forest forest fire in conditions of the state enterprise «Ovrutske Forestry». DOI 10.26886/2414-634X.6(50)2021.2 *Innovative Solutions In Modern Science* № 6(50), 2021. State of New York. P. 14-29.
71. Levchenko V. B., Shulga I. V., Ivanyk I. D., Romanyuk A. A., Rusetskaya N. M. Innovative forest and biological methods of entomological monitoring of trumpet pest in the conditions of the Pergan nature conservation research department of Poliska nature reserve. DOI 10.26886/2520-7474.1(51)2022.1. *Paradigm of knowledge* № 1(51), 2022. Frankfurt, Germany. P. 5-29.
72. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Karpovych M. S., Romanyuk A. A., Belska O. V. Forest pathological monitoring of pine stands in the conditions of the Pergans scientific and research nature protection department Polissky nature reserve. *Innovative Solutions In Modern Science* № 3(55), 2022. DOI 10.26886/2414-634X.3(55), 2022.2. Edition address: 901 Dick Rm 238 City Buffalo, State of New York. P. 18-62.
73. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Karpovych M. S., Romanyuk A. A., Hornovska S. V. Phytopathological monitoring of dangerous

outbreaks disease of forest trees with use method of changing radial increments in the conditions of the Polisky nature reserve. DOI 10.26886/2520-7474.1(55). 2023.1. Paradigm of knowledge № 1(55), 2023. Frankfurt, Germany P. 5-53.

74. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Romanyuk A. A., Karpovych M. S., Hornovska S. V. Methodology for assessing the pathological impact of diseases and forest pests on the sanitary condition of forests in the conditions of forestry branches of the Central interregional forestry and hunting management and Nature protection research Department of the Polissky nature reserve. Innovative Solutions In Modern Science № 5(60), 2023. DOI:10.26886/2414-634X.5(60). 2023.2. State of New York. P. 28 – 64.

75. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Hurzhii R. V., Romanyuk A. A., Belska O. V. Fall of Pine phytomass after large scale forest fires in the conditions nature protection scientific research departments Polisky nature reserve. Paradigm of knowledge № 1(59), 2024. DOI 10.26886/2520-7474.1(59), 2024.1. Frankfurt, Germany. S. 5 – 32.

76. Levchenko V. B., Fuchilo Y. D., Romanyuk A. A., Karpovych M. S., Zakharchuk V. A., Budnik I. P. Methodological innovation of the integral assessment of the forest pathological state of trees in the conditions of the Polissky nature reserve. Innovative Solutions In Modern Science № 4(64), 2024. DOI 10.26886/2414-634X.4(64), 2024.1 State of New York, USA. P. 5 – 40.

77. Levchenko V. B., Shulga I. V., Romanyuk A. A., Hornovska S. V., Makarchuk Y. I. Innovative methodological aspects of forest pathological monitoring using meteorological information in forest management conditions of the Polissya nature reserve. Paradigm of knowledge № 1(65), 2025. DOI 10.26886/2520-7474.1(65), 2025.1 Frankfurt, Germany. S. 5 – 47.

78. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Romanyuk A. A., Trofimenko P. I., Hornovska S. V., Karpovych M. S., Belska O. V. Dendrobotanical indication of the Forest pathological impact of pathogens of Root sponge, Pine sponge, postpirogenesis from the effects of Forest Fires on the radial growth of Scots Pine in the conditions of the Polissky nature reserve. Innovative Solutions In Modern Science. № 4(68), 2025. DOI 10.26886/2414-634X.4(68), 2025.1 New York, USA. P. 1-38.

79. Trofymenko P. I., Trofymenko N. V., Levchenko V. B., Machulsky H. M., Romanyuk A. A., Pinchuk O. V., Fuchilo Y. D., Kotlyarevska U. M., Hornovska S. V. Scientific and analytical substitution of parameters of risk models of the occurrence and spread of the causant of Septoriosi (Septoria tritici blotch, STB) on the example of winter wheat in Ukraine and Europe in the context of climate change dynamics dy 2050. Innovative Solutions In Modern

Science. № 5(69), 2025. DOI 10.26886/2414-634X.5(69)2025.1 1 New York, USA. P. 5 – 41.

80. Мазепа В. Г., Криницький Г. Т., Леонтяк Г. П. Наслідки впливу змін клімату та атмосферного забруднення на радіальний приріст сосняків в умовах Малого Полісся України. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Вип. 19(15). 2009. С. 56–63.

81. Мазепа В. Г., Новак А. А., Сопушинський І. М. Особливості радіального приросту дубових деревостанів зеленої зони Львова. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Вип. 20(4). 2010. С. 36–42.

82. Мацях І. П. Всихання ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) на заході України. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2014. Вип. 24.(7). С. 67–74.

83. Мацях І. П., Крамарець В. О. Всихання ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) на заході України. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2014. Вип. 24 (7). С. 67–74.

84. Метод закладання: СОУ 02.02–37–476: 2006. [Введ. з 2006–12–26]. К.: Мінагрополітики України, 2006. 32 с.

85. Мешкова В. Дослідження в Україні з питань прогнозування шкідливих організмів в соснових лісах. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: тези доп. К., 2019. С. 137–140.

86. Мешкова В. Л. Динаміка санітарного стану дубових деревостанів у лівобережному Лісостепу України після проведення лісогосподарських заходів. Лісовий журнал. Вип. 1. 2011. С. 28–32.

87. Мешкова В. Л., Коленкіна М. С., Зінченко О. В. Радіальний приріст дерев сосни в осередках соснових пильщиків у Луганській області. Біологічне різноманіття і сучасна стратегія захисту рослин: Міжнародна науково-практична конференція до 90-річчя з дня народження доктора біологічних наук, професора Б. М. Літвінова. Х.: ХНАУ, 2011. С. 83–84.

88. Мешкова В. Л., Коленкіна М. С. Відпад дерев сосни в осередках соснових пильщиків у Луганській області. Лісівництво і агролісомеліорація. Вип. 117. 2010. С. 278–283.

89. Мешкова В. Л. Історія і географія масових розмножень комах-хвоєлистогризів. Харків: Майдан, 2002. 244 с

90. Моїсеєва Н. І., Кобченко Ю. Ф., Коваль І. М. Радіальний приріст як індикатор стійкості лісових екосистем на прикладі соснових лісів зеленої зони м. Харкова. Вісник Харківського національного технічного

університету сільського господарства ім. П. Василенка. 2017. Вип. 188. С. 16–127.

91. Мошинський В. С., Солодка Т. М. Моніторинг осушуваних земель: біологічно–індикаційний підхід: [монографія]. Рівне: НУВГП, 2018. 220 с.

92. Національний Атлас України: [карти]. К.: ДНВП «Картографія», 2007. 440 с.

93. Паламарчук Л. В., Гнатюк Н. В., Краковська С. В., Шедеменко І. П., Дюкель Г. та інші. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ столітті. Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. Вип. 259. 2010. С. 104–120.

94. Паризька кліматична угода (2015). Угода ООН від 12.12.2015. Офіційний вебпортал парламенту України. [Електронний ресурс]: <https://zakon.rada.gov.ua/go/995>

95. Прокопюк Ю. С., Нецветов М. В. Динаміка депонування вуглецю у стовбуровій біомасі *Quercus Robur L.* парку «Феофанія». Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2016. Вип. 26 (3). С. 158–164.

96. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (1992). Конвенція ООН від 09.05.1992. Офіційний вебпортал парламенту України. [Електронний ресурс]: https://zakon.rada.gov.ua/go/995_044

97. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них: [Ворон В. П., Бондарук М. А., Коваль І. М., Целіщев О. Г.]. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Збірник рекомендацій УкрНДІЛГА. Х.: Нове слово, 2011. С. 10–112.

98. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь. С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко за ред. С. П. Іванюти. К.: НІСД, 2020. 110 с.

99. Санітарні правила в лісах України. Постанова КМ України від 9 грудня 2020 № 1224. [Електронний ресурс]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1224-2020-%D0%BF#Text>

100. Стойко С. М. Вплив глобальної зміни клімату на лісові формації Карпат. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2011. № 9. [Електронний ресурс]: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/360/277>.

101. Українські ліси та зміни клімату. [Електронний ресурс]: <http://epl.org.ua/about-us-posts/lisy-ukrayiny-v-konteksti-zminy-klimatu-znachni-problemy-i-velyki-mozhlyvosti/>

102. Черневський І. Ю., Третяк П. Р. Приріст старовікових деревостанів та його екологічне значення. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Вип. 20.9. 2010. С. 70–77.

103. Шевчук Ю. І. Біологічні особливості діагностики фенологічних фаз у *Taxus baccata* L. в умовах Національного дендрологічного парку «Софіївка». Міжвідомчий науково-технічний збірник УкрДЛТУ. 2004. Вип. 29. С. 61–65.

104. Шпаківська І. М., Марискевич О. Г. Оцінка запасів вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. Лісівництво і агролісомеліорація. Вип. 115. 2009. С. 176–180.

105. Юхновський В. Ю., Проценко І. А., Крук В. М. Санітарний стан соснових насаджень на рекультивованих землях. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2018. Вип. 28(11). С. 55–59.

106. Árvai M., Morgós A., Kern Z. Growth–climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) tree–ring chronology in Eastern Hungary iForest. Biogeosciences and Forestry. 2018. Vol. 11 (2). P. 267–274.

107. Berger A. L., Guiot J., Mathieu L., Munaut A.V. (1979). Tree rings and climate in Morocco. *Tree–Ring Bull.* 1979. Vol. 39. P. 61–75.

108. Bose A. K., Gessler A., Bolte A., Bottero A., Buras A., Cailleret M., Camarero J., Haen M., Hereş A., Hevia A., Mathieu L., Juan C., Martinez–Vilalta J., Matías L., Menzel A., Sánchez-Salguero R., Matthias S., Vennetier M., Ziche D., Rigling A. Growth and resilience responses of Scots pine to extreme droughts across Europe depend on predrought growth conditions. *Global change biology.* Vol. 26 (8). 2020. P. 4521–4537.

109. Bouriaud O., Popa I. Dendrochronological reconstruction of forest disturbance history, comparison and parametrization of methods for Carpathian Mountains. *Analete ICAS.* 2007. Vol. 50. P. 135–151

110. Bräuning A., Vollandtoigt F., Burchard I., Ganzhi O., Nauss T., Peters T. Climate variability of the tropical Andes since the Pleistocene. *Progress in Geosciences.* Vol. 22. 2009. P. 13–25.

111. Brown S. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution.* Vol. 116. 2002. P. 363–372.

112. Campelo F., Vieira J., Nabais C. Tree-ring growth and intra-annual density fluctuations of *Pinus pinaster* responses to climate: Does size matter? *Trees*. Vol. 27. 2013. P. 763–772.

113. Cedro A., Cedro B. Growth-climate relationships at yew and wild service trees on the eastern edge of their range in Europe. *Forest Systems*. 2015. Vol. 24(3). Retrieved from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6240057>

114. Clark J. S., Iverson L., Woodal C. W., Allen C. D., Bell D. M., Bragg D. C., Zimmermann E. The impacts of increasing drought on forest dynamics, structure, and biodiversity in the United States. *Glob. Chang. Biol*. 2016. Vol. 22. P. 2329–2352.

115. Cook E. R., Kairiukstis L. A. *Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences*. Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis, 1990. 394 p.

116. Cook E. R. A time series approach to tree ring standartization. Dissertation submittes to the Faculty of the School of renewable natural resourches. Dissertation for degree of doctor of philosophy with a major in watershed management. The University of Arizona, 1985. 36 p.

117. Cufar K., Grabner M., Morgós A. et al. Common climatic signals affecting oak tree-ring growth in SE Central Europe. *Trees*. Vol. 28. 2014. P. 1267–1277.

118. Dai A. G. (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.*, 2, 45–65. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>

119. Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. Carbon Pools and Flux of Global Forest Systems Science. Vol. 263. 1994. P. 185–190.

120. Dobrowolska D., Hein S., Wagner S., Oosterbaan J., Wagner S., Clark J., Skovsgaard J. P. A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture. *Forestry*. 2011. Vol. 84 (2). P. 133–148. 258. Douglass A. E. Weather cycles in the growth of big trees. *Mon Weather Rev*. Vol. 37. 1909. P. 225–237.

121. Douglass A. E. A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. *Climatic cycles and tree-growth*. Washington: Carnegie Inst. 1919. Vol. 11. 127 p.

122. Eilman B., Buchmann N., Siegwolf R., Saurer M., Cherubini P., Rigling A. Fast response of Scots pine to improved water availability reflected in

tree-ring width and ^{13}C . *Plant Cell and Environment*. 2010. Vol. 33. P. 1351–1360.

123. Elferts D. Scots pine pointer-years in northwestern Latvia and their relationship with climatic factors. *Acta Univ. Latv.* 2007. Vol. 723. P. 163–170. Retrieved from: <http://eeb.lu.lv/EEB/2007/Elferts.shtml>

124. Elling W., Dittmar Ch., Pfaffelmoser K., Rotzer T. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management*. Vol. 25(4). 2009. P. 1175–1187.

125. Executive Report. The Condition of Forests in Europe. 2011. 25 p. Available from: <https://www.icp-forests.org/pdf/ER2011.pdf>

126. Finley K., Zhang Ji. Climate effect on ponderosa pine radial growth varies with tree density and shrub removal. *Forests*. 2019. Vol. 10(6). P. 477. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/6/477>.

127. Fischer R., Beck W., Calatayud V., Cools N., De Vos B., Dobbertin M., Stofer S. The condition of forests in Europe. 2011 executive report. Hamburg: Institute for World Forestry, 2011. 25 p.

128. Fritts H. C. Tree ring evidence for climate changes in western North America, *Monthly weather review*. 1965. Vol. 93(7). P. 421–443.

129. Gebrekirstos A., Bräuning A., Sass-Klassen U., Mbow Ch. Opportunities and applications of dendrochronology in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2014. Vol. 6(1). P. 48–53.

130. Goychuk A. F., Kulbanska I. M. Etiology of common ash diseases in Podolia, Ukraine. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2014. Вип. 24.11. С. 15–20.

131. Grissino–Mayer H., Holms R., Fritts H. International tree-ring data bank program library manual. Laboratory of Tree–Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona, 1996.

132. Grissino–Mayer H.D. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program Cofecha. *Tree ring research*. 2001. Vol. 57(2). P. 205–220.

133. Gritsan Y. I., Lovynska V. M., Sytnyk S. A., Hetmanchuk A. I. Dendroindication of ecoclimatic condition in forest remediation area within Northern Steppe of Ukraine. *Regulator y Mechanisms in Biosystems*. 2019. 10(4). P. 457–463.

134. Grodzki W. Oszako T. Current problems of forest protection in spruce stands under conversion. Preface. Warsaw: Forest Research Institute, 2006. P. 4–6.

135. Håkan Grudd. Tree Rings as Sensitive Proxies of Past Climate Change Stockholm University, Faculty of Science, Department of Physical Geography and Quaternary Geology. 2006. Doctoral thesis, 74 p.

136. Head M., Bernier P., Levasseur A., Beauregard R., Margni M. Forestry carbon budget models to improve biogenic carbon accounting in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 213. P. 289–299.

137. Helama S., Sohar K., Läänelaid A., Bijak S., Jaagus J. Reconstruction of precipitation variability in Estonia since the eighteenth century, inferred from oak and spruce tree rings. *Climate Dynamics*. 2018. Vol. 50. P. 4083–4101.

138. Holmes R. L. Quality control of crossdating and measuring. Users manual for computer program COFECHA. In: Holmes RL, Adams RK and Fritts HC, eds., *Tree-rings chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Tucson, Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona. Chronology Series. 1986. Vol. 6. P. 41–49.

139. Höppner K., Kätzel R. Adaptation strategies in forest management under the conditions of climate change in Brandenburg. *Folia Forestalia Polonica*. 2011. Vol. 53 (1). P. 43–51.

140. Hudiburg T., Law B., Turner D. Carbon dynamics of Oregon and Northern California forests and potential land-base carbon storage. *Ecological Applications*. 2009. Vol. 19. P. 163–180.

141. Juday G. P., Alix C., Grant T. A. Spatial coherence and change of opposite white spruce temperature sensitivities on floodplains in Alaska confirms early-stage boreal biome shift. *For. Ecol. Manag.* 2015. Vol. 350. P. 46–61.

142. Juknys R., Stravinskiene V., Vencloviene J. Tree-ring analysis for the assessment of anthropogenic changes and trends. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2002. Vol. 77(1). P. 81–97.

143. Juknys R., Vencloviene J., Stravinskiene V., Augustaitis A., Bartkevicius E. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growth and condition in a polluted environment: from decline to recovery. *Environmental Pollution*. 2003. Vol. 125(2). P. 205–212

144. Kätzel R., Höppner K. Adaptation strategies in forest management under the conditions of climate change in Brandenburg. *Folia Forestalia Polonica*. 2011. Vol. 53(1). P. 43–51.

145. Kienas F., Schweingruber F., Braker O., Schar E. Tree-ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analyses. *Can. J. Forest. Res.* 1987. Vol. 17. P. 683–696.

146. Koval I. Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (*Pinus nigra pallasiana*) from Crimean Mountains, Ukraine. *Baltic Forestry*. 2013. Vol. 19 (2). P. 245–251.
147. Koval I. Influence of climate on radial growth of *Pinus sylvestris* L. in forest and forest-steppe zones of Ukraine. Conference: EuroDendro 2008 «The long history of wood utilization», May 28th to June 1st 2008. Hallstatt, Austria, 2008. P. 57–58.
148. Karpavičius J., Vitas A. Influence of environmental and climatic factors on the radial growth of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Ekologija*. 2006. № 1. P. 1–9.
149. Koval I. M., Bräuning A., Melnik E. E., Voronin V. O. Dendroclimatological research of Scots pine in stand of the left-bank forests-steppe of Ukraine. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. № 3–4 (28), 2017. С. 66–73.
150. Khedive E. Climate–Growth Relationship of European Ash using Multiple Response Function. In: International Conference on Green Supply Chain (ICGSC'17), Lahijan, May 4, 2017: 1–11. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Ehsan_Khedive/publication/336553327_Climate_Growth_Relationship_of_European_Ash_using_Multiple_Response_Function/links/5da5898fa6fdcc8fc353391f/Climate-Growth-Relationship-of-European-Ash-using-Multiple-ResponseFunction.pdf.
151. Koval I., Maksymenko N. The radial increment of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) under climate change. *Journal of Forest Science*. Vol. 66. 2020. P. 288–298.
152. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology*, 2006. № 36. P. 264–270.
153. Koval I., Meshkova V., Maksymenko N., Roibu C., Obolonik I. Assessment of climate change by dendrochronological methods in Polissya. IV International Scientific Congress “Society of Ambient Intelligence – 2021” (ISCSAI 2021). Kryvyi Rih, Ukraine, April 12–16, 2021 Volume 100. Available at: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2021/11/shsconf_iscsai2021_05005.pdf.
154. Koval I., Voron V., Leman A., Vorontsova O. Radial growth of oak under recreational influence in the Forest-Steppe of East Ukraine. International Conference of Dendrochronology EuroDendro 2005, September, 28 – October 2, 2005. Viterbo, Italy, 2005. P. 54.

155. Koval I. The radial growth of European ash in Forest-Steppe Zone of West Ukraine. EuroDendro conference 2017 (Tartu, 6–10 September 2017). Tartu, Estonia, 2017. P. 90.

156. Koval I. M., Voron V. P., Leman A. V. Influence of climate on formation of radial growth *Pinus Sylvestris* L. in forest and forest-steppe zones of Ukraine. Conference: «TRACE 2007». Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. Radial increment of *Pinus sylvestris* L. under the influence of air pollution in forest zone in Ukraine. Dendrology. Environmental Change and Human History 6th International Conference on Dendrochronology (August 22nd–27th). Canada, Qeebec City, 2002. P. 192–194.

157. Koval I. M., Sydorenko S. V., Sydorenko S. H., Maksy-menko N. V., Cherkashyna N. I. Differences in response of radial growth of pedunculate oak (*Quercus Robur* L.) to climate change in shelterbeltand forest stand in the forest–steppe zone of Ukraine. *Forestry ideas*, 2020. Vol. 26 (1). P. 224 – 235

158. Kessle M., Böhner J. Kluge J. Modelling tree height to assess climatic conditions at tree lines in the Bolivian Andes. *Ecol Model.* 2007. Vol. 207. P. 223–233.

159. Kaiser H. F. The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika.* 1958. Vol. 23. P. 187–200.

160. Koval I., Sydorenko S. The influence of surface fire on radial and height growth of *Pinus sylvestris* L. in forest-steppe in Ukraine. *Folia Forestalia Polonica*, 2019. Vol. 61 (2). P. 123–134.

161. Kirchhefer A. J. The influence of slope aspect on tree-ring growth of *Pinus sylvestris* L. in northern Norway and its implications for climate reconstruction. *Dendrochronologia.* 2000. Vol. 18. P. 27–40.

162. Koval Iryna. Influence of climate change on the radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Forest-Steppe, Ukraine. ENVIRO 2021. 25th Internationasl scientific conference. June 3–4, 2021. On behalf of the Faculty of Horticulture and Landscape Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia and Faculty of Environmental Engineering and Land Surveying, University of Agriculture in Krakow, Poland.

163. Kilgore J. S., Telewski F. W. Climate-growth relationships for native and nonnative Pinaceae in northern Michigan’s pine barrens. *Tree-Ring Research.* 2004. Vol. 60. P. 3–13.

164. Kowalski T., Bilanski P., Holdenrieder O. Virulence of *Hymenoscyphus albidus* and *H. fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. pennsylvanica*. *Plos One.* 2015. Vol. 10 (10). P. 1–15.

165. Krakovska S., Buksha I., Shvidenko A. Climate change scenarios for an assessment of vulnerability of forests in Ukraine in the 21st century. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*. 2017. P. 87–394.

166. Kramer P. J., Kozłowski T. T. *Physiology of Trees*. New York: McGraw–Hill, 1960. 642 p.

167. Lakyda P. I., Buksha I. F., Pasternak V. P. Opportunities for fulfilling Joint Implementation projects in forestry in Ukraine. 2005. Vol. 56. № 222. P. 32–34.

168. Latreille A., Davi H., Frédéric H., Pichot C. Variability of the climate-radial growth relationship among *Abies alba* trees and populations along altitudinal gradients. *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 396. P. 150–159.

169. Latte N., Lebourgeois F., Claessens H. Increased tree-growth synchronization of beech (*Fagus sylvatica* L.) in response to climate change in northwestern Europe. *Dendrochronologia*. 2015. Vol. 33. P. 69–77.

170. Levanic T., Eggertsson O. Climatic effects on birch (*Betula pubescens* Ehrh.) growth in Fnjoskadalur valley, northern Iceland. *Dendrochronologia*. 2008. Vol. 25. P. 135–143.

171. Lavnyy V., Mazepa V.G., Shyshkanynets I.F. Radial increment of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Ukrainian Carpathians. *Forestry Ideas*. 2020. Vol. 26 (2). 394–403 p.

172. Malik I., Danek M., Marchwińska-Wyrwał E., Danek T., Wistuba M., Krąpiec M. Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Growth Suppression and Adverse Effects on Human Health Due to Air Pollution in the Upper Silesian Industrial District (USID), Southern Poland. *Water Air Soil Pollut.* 2012. Vol. 223(6). P. 3345–3364.

173. Marquardt P. E., Miranda B. R., Jennings S., Thurston G., Telewski Frank W. Variable climate response differentiates the growth of Sky Island Ponderosa Pines. *Trees*. 2019. Vol. 33. P. 317–332.

174. Matisons R., Elferts D., Brumelis G. Pointer years in tree-ring width and earlywood–vessel area time series of *Quercus robur* –relation with climate factors near its northern distribution limit. *Dendrochronologia*. 2013. Vol. 31. P. 129–139.

175. Matisons R., Elferts D., Brumelis G. Changes in climatic signals of English oak tree-ring width and cross-section area of earlywood vessels in Latvia during the period 1900–2009. *Forest Ecology and Management*. 2012. Vol. 279. P. 34–44.

176. McDowell N., Pockman W. T., Allen C. D., Breshears D. D., Cobb N., Kolb T. Enrico A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytol.* 2008. Vol. 178. P. 719–739.

177. Meshkova V. L., Borysova V. L., Didenko M. M, Naza-renko V. V. Incidence and severity of symptoms assigned to *Fraxinus excelsior* bacterial disease in the left-bank forest steppe of Ukraine. *Forestry ideas.* 2019. Vol. 25. Vol. 1 (57). P. 171–181.

178. Meshkova V. The lessons of Scots pine forest decline in Ukraine. *Environmental Sciences Proceedings.* 2021. Vol. 3(1): 28. Available at: <https://doi.org/10.3390/IECF2020-07990>.

179. Meshkova V. L., Borysova V. L. Damage causes of European ash in the permanent sampling plots in Kharkiv region. *Forestry and Forest Melioration.* 2017. Vol. 131. P. 171–181.

180. Meyer F. D. Pointer year analysis in dendroecology: a comparison of methods. *Dendrochronologia.* 1998–1999. Vol. 16–17. P. 193–204.

181. Misi D., Puchałka R., Pearson C., Robertson I., Koprowski M. Differences in the Climate–Growth Relationship of Scots Pine: A Case Study from Poland and Hungary. *Forests.* 2019. 10 (3). P. 243

182. Misi D., Puchałka R., Pearson C., Robertson I., Koprowski M. Differences in the Climate–Growth Relationship of Scots Pine: A Case Study from Poland and Hungary. *Forests.* 2019. 10 (3). P. 243.

183. Myneni R. B., Keeling C.D., Tucker C J. et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981–1991. *Nature.* 1997. V. 337. P. 388–392

184. Nash T. H., Fritts H. C., Stoces M. A. A technique for examining non-climatic variation in widths of annual tree rings with special reference to air pollution. *Tree–Ring Bull.* 1975. Vol. 35. P. 15–24.

185. Natalini F., Correia A. C., Vázquez–Piqué J. et al. Tree rings reflect growth adjustments and enhanced synchrony among sites in Iberian stone pine (*Pinus pinea* L.) under climate change. *Annals of Forest Science* . 2015. Vol. 72. P. 1023–1033.

186. Natalini F., Correia C., Javier, Vázquez P., Reyes A. (2015). Tree rings reflect growth adjustments and enhanced synchrony among sites in Iberian stone pine (*Pinus pinea* L.) under climate change. *Annals of Forest Science*, 72, 1023–1033. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s13595-015-0521-6>

187. Nechita C., Popa I., Eggertsson Ó. Climate response of oak (*Quercus* spp.), an evidence of a bioclimatic boundary induced by the Carpathians. *Science of the Total Environment* 2017. Vol. 599–600. P. 1598–1607.
188. Netsvetov M., Prokopuk Yu., Didukh Ya., Romensky M. Climatic sensitivity of *Quercus robur* L. in floodplain near Kyiv under river regulation. 2018. Vol. 79. P. 20–33.
189. Netsvetov M., Sergeyev M., Nikulina V., Korniyenko V., Prokopuk Y. S. The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe. *Dendrochronologia*. 2017. Vol. 44. P. 31–38.
190. Nöjd P., Mikkola K., Saranpää P. History of forest damage in Monchegorsk, Kola; a retrospective analysis based on tree rings. *Canadian Journal of Forest Research*. 1996. Vol. 26(10). P. 1805–1812
191. Nolan R. H., Drew D. M., O’Grady A. P., Pinkard E. A., Paul K., Roxburgh S. H., Ramp D. (2018). Safeguarding reforestation efforts against changes in climate and disturbance regimes. *For. Ecol. Manag.*, 424, 458–467. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10453/130996>
192. Norton D. A. Dendroclimatological studies in the South Island, some preliminary results. *NZ J. Ecol.* 1981. Vol. 4. P. 127–128.
193. Olivar J., Rathgeber C., Bravot F. Climate change, tree-ring width and wood density of pines in Mediterranean environments – Climate, radial growth, and wood International Association of Wood Anatomists. *IAWA Journal*. 2015. Vol. 36(3). P. 257–269.
194. Orłowsky B., Seneviratne S. Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. *Climatic Change*. 2012. Vol. 110. P. 669–696.
195. Pan Y., Birdsey R. A., Fang J., Houghton R., Kauppi P. E., Kurz W. A., Phillips O. L., Shvidenko A., Lewis S. L., Canadell J. G. A large and persistent carbon sink in the world’s forests. *Science*. 2011. Vol. 333. P. 988–993.
196. Pompa-García M., González-Cásares M., Acosta-Hernández A. C., Camarero J. J., Rodríguez-Catón M. Drought influence over radial growth of mexican conifers inhabiting mesic and xeric sites. *Forests*. 2017. Vol. 8. P. 175. Available at: <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/5/175>.
197. Popov A. I., Koval I. M. The microstructure of wood’s year bands as an indicator in meteorology history Conference: EuroDendro 2008 «The long history of wood utilization», May 28th to June 1st 2008. Hallstatt, Austria, 2008. P. 59–60.
198. Pritzkow C., T. Wazny K.U., Heußner M., Słowinski A., Bieber I., Dorado Liñán, Helle G., Heinrich I. 2016. Minimum winter temperature

reconstruction from average earlywood vessel area of European oak (*Quercus robur*) in N-Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. 449. P. 520–530.

199. Ray D., Morison J., Broadmeadow M. Climate change: Impacts and adaptation in England's woodlands. Forestry Commission Research Note, 2010. Vol. 201. P. 16.

200. Rieger I., Kowarik I., Cherubini P., Cierjacks A. A novel dendrochronological approach reveals drivers of carbon sequestration in tree species of riparian forests across spatiotemporal scales. *Sci. Total Environ.* 2017. Vol. 574. P. 1261–1275

201. Roibu C., Sfeclă V., Mursa A., Ionita M., Nagavciuc V., Chiriloaei F., Les I., Popa I. The Climatic Response of Tree Ring Width Components of Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and Common Oak (*Quercus robur* L.) from Eastern Europe. *Forests*. 2020. Vol. 11 (5). Retrieved from: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/5/600/htm>

202. Roig F. A. Dendrocronolog'ia y dendroclimatolog'ia del bosque de *Pilgerodendron uviferum* en su area norte de dispersion *Bol. Soc. Argent. Bot.* 1991. Vol. 27. P. 217–234.

203. Rozas V. Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: tree-ring growth responses to climate. *Annals of Forest Science*. 2005. Vol. 62. P. 209–218.

204. Saražin Ja., Resent G. A., Balzano A., de Luis M., Merela M., Čufa K. Dendrochronology of sessile oak (*Quercus Robur Petraea*) on the transition between climatic zone. *Les/Wood*. 2018. Vol. 67 (2). P. 5–20.

205. Tretyak Platon, Chernevyy Yuriy. The growth of trees of the Carpathian Forests (in the basin of the Dniester River). Lviv. Publishing House of Lviv Polytechnic National University. 2018. 202 p.

206. Schuster R., Oberhuber W. Age-dependent climate-growth relationships and regeneration of *Picea abies* in a drought-prone mixed coniferous forest in the Alps. *Can J For Res*. 2013. Vol. 43(7). P. 609–61

207. Schweingruber F. H., Kairiukstis L. A., Shiyatov S. Sample selection. In: Cook E.R., Kairiukstis LA, eds. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Boston: International Institute for Applied Systems Analysis, Kluwer Academic Publishers. 1990. 23– 35.

208. Schweingruber F. H. *Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology*. The Netherlands: Dordrecht D. Reidel Publishing Compan, 1988. 276 p.

209. Schweingruber F. H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Braker O. U. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia*. 1990. Vol. 8. P. 9–38.
210. Sheppard P. R. *Dendroclimatology: extracting climate from trees*. Wiley Interdisciplinary Reviews. *Climate Change*. 2010. Vol. 1. P. 343–352.
211. Shuman J. K., Shugart H. H., Krankina O. N. Assessment of carbon stores in tree biomass for two management scenarios in Russia. *Environmental Research Letters* 8. 2013. Vol. 8. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Assessment-of-carbon-stores-in-tree-biomass-for-two-Shuman-Shugart/782b04ba8b6f28877023dc10db0f3ff5e3554229#citing-papers>
212. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*. 2017. Vol. 9(7). Available at: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/7/1152>
213. Shvidenko A., Lakyda P., McCallum I. Carbon, climate and managed land in Ukraine: Integrated data and models of land use for NEESI (Forest Sector). Report on work of the International Institute for Applied System Analysis. Laxenburg, Austria. 2008.
214. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. 2017. Vol. 9. 1152. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
215. Sohar K., Läänelaid A., Eckstein D., Helama S., Jaagus J. Dendroclimatic signals of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Estonia. *European Journal of Forest Research*. 2014. Vol. 33. P. 535–549.
216. Sohar K., Oak Dendrochronology and Climatic Signal in Finland and the Baltic States. Ph.D. dissertation University of Tartu. Tartu. 2013. 129 p
217. Song Y., Sass-Klaassen U., Sterck F., Goudzwaard L., Akhmet zyanov L., Poorter L. Growth of 19 conifer species is highly sensitive to winter warming, spring frost and summer drought. *Annals of Botany*. 2021. 49 p.
218. Speer J. H. *Fundamentals of tree-ring research*. Tucson: the University of Arizona Press, 2010. 73 p.
219. Stahle D. W. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. *IAWA J*. 1999. Vol. 20. P. 249–253.
220. Sydorenko S., Voron V., Koval I., Rumiantsev M., Hurzhii R. Postfire tree mortality and fire resistance patterns in pine forests of Ukraine. *Central European Forestry Journal*. 2021. Vol. 67(1). P. 21–29.
221. Stoeckhard J. A. *Untersuchungen über die schadhliche Einwirkung des Hutten- und Steinkohlenrauches auf das Wachsthum der Pflanzen, insbesondere*

der Fichte und Tanne. Tharandter forstliches Jahrbuch. 1871. Vol. 21. P. 218–254.

222. Studhalter R. A. Tree growth: I. Some historical chapters. Bot. Rev. 1955. Vol. 21(1). P. 1–72.

223. Szychowska-Krapiec E., Wiśniowski Z. Zastosowanie analizy przyrostów rocznych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) do oceny wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na przykładzie zakładów chemicznych «Police» (woj. szczecińskie). Geologia. 1996. Vol. 22(3). P. 281–297.

224. Thomas C. D. Translocation of species, climate change, and the end of trying to recreate past ecological communities. Trends Ecol. Evol. 2011. Vol. 26. P. 6–221.

225. Thompson M. A. Tree rings and air pollution: A case study of *Pinus monophylla* growing in east–central Nevada. Environmental Pollution. Series A: Ecological and Biological. 1981. Vol. 26 (4). P. 251–266.

226. Yang Z., Midmore D. J. Modelling plant resource allocation and growth partitioning in response to environmental heterogeneity. Ecol. Model. 2005. Vol. 181. P. 59–77.

227. Vincent M., Krause C., Koubaa A. Variation in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) wood quality after thinning. Annals of Forest Science. 2011. Vol. 68 (6). P. 1115–1125

228. Visser H., Molenaar J. Trend Estimation and Regression Analysis in Climatological Time Series: An Application of Structural Time Series Models and the Kalman Filter Journal of Climate. 1995. Vol. 8 (5). P. 969–979.

229. Vitas A. Dendroclimatological research of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Baltic coastal zone of Lithuania. Baltic Forestry. 2004. Vol. 10 (1). P. 65–71.

230. Vincent-Barbaroux C., Breda N. Contrasting distribution and seasonal dynamics of carbohydrate reserves in stem wood of adult ring-porous sessile oak and diffuse-porous beech trees. Tree Physiol. 2003. Vol. 22. P. 1201–1210.

231. Wigley T. M. L., Briffa K. R., Jones P. D. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. Journal of Climate and Applied Meteorology. 1984. Vol. 23(2). P. 201–213.

232. Williams J. T. International aspect of biodiversity. Forest. Choron. 1992. Vol. 4. P. 454–458.

233. World Data Center. Available at: <https://wwwbis.sidc.be/silso>

234. World Data Center for the production, preservation and dissemination of the international sunspot number. Available at: <http://sidc.be/silso/home>

235. Wu X., Zhan X. Tree-ring width and climatic change in China. *Quatern Sci Rev.* Vol. 10. 1991. P. 545–549
236. Yamaguchi D. K. A simple method for cross-dating increment cores from living trees. *Canadian Journal of Forest Research.* Vol. 21(3). P. 414–416.
237. Zhang Y., Wilmking M., Gou X. Changing relationships between tree growth and climate in Northwest China. In *Forest Ecology*. Van der Valk A. G., Ed. Dordrecht: Springer, 2008. P. 39–50.
238. Zuber. D. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. *Flora*, 2004. Vol. 199. P. 181–203.

**КОМПЛЕКС ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ
ДЛЯ КОНТРОЛЮ (ПОКРАЩЕННЯ) ЗНАНЬ
ТА НАВИЧОК ЗДОБУВАЧАМИ ОСВІТИ**

*Тестові завдання до розділу 1
(тест теоретичний, за окремими розділами)
(одна правильна відповідь у кожному завданні)*

1. Дендроіндексація як науковий напрям спрямована на вивчення впливу середовища на морфологію лісових угруповань загальних закономірностей росту деревних порід відображення екологічних умов у річних кільцях дерев адаптаційних властивостей деревних рослин
2. Основним носієм екологічної інформації в дендроіндексації є форма та розміри крони дерева будова кореневої системи структура деревного ярусу річний приріст стовбура дерева
3. Індикаторна цінність дерев зумовлена передусім їхньою здатністю зберігати однакові темпи росту адаптуватися до будь-яких умов реагувати змінами приросту на фактори середовища відновлюватися після механічних ушкоджень
4. Яка особливість річних кілець робить їх придатними для аналізу сталість їх анатомічної будови однорідність структури деревини вираженість у всіх кліматичних зонах річна періодичність формування
5. Дендроіндексація методологічно найбільш тісно пов'язана з геоботанікою та фітоценологією фізіологією рослин і біохімією дендрохронологією лісовою таксацією
6. Річні кільця в деревині формуються в результаті діяльності провідних судин деревини паренхімних клітин серцевини флоємних тканин стовбура камбіального шару
7. Який із наведених факторів НЕ є об'єктом дендроіндексаційних оцінок кліматичні коливання гідрологічний режим антропогенне навантаження економічна ефективність лісокористування

8. Основною часовою шкалою аналізу в дендроіндексації є період активної вегетації
фенологічна фаза розвитку
інтервал у кілька років
календарний рік

9. Перевага дерев як індикаторів стану довкілля полягає в тому, що вони швидко реагують на короточасні зміни
не зазнають вікових змін
мають однакову реакцію на фактори
накопичують інформацію протягом життя

10. Дендроіндексація дозволяє оцінювати екологічні умови лише на момент відбору зразків
протягом одного сезону
у межах декількох років
ретроспективно за тривалий період

11. Яка характеристика річних кілець найчастіше використовується в аналізі забарвлення деревини
щільність серцевини
форма стовбура
ширина річного кільця

12. Відмінність дендроіндексації від інших методів біоіндикації полягає у використанні лише природних насаджень
застосуванні в лісових екосистемах
аналізі сучасного стану середовища
дослідженні річних кілець як хронологічного запису

13. Найбільш поширеним лімітуючим фактором росту дерев є генетичні особливості породи
конкуренція між деревами
структура ґрунтового профілю
кліматичні умови року

14. Дані дендроіндексації вважаються надійними, оскільки вони не потребують математичної обробки
однаково інтерпретуються для всіх порід
залежать лише від одного фактора
мають кількісне вираження

15. Реакція дерев на умови середовища проявляється передусім через зміну форми крони
інтенсивність фотосинтезу
рівень транспірації
варіації річного приросту

16. Дендроіндексаційні дослідження встановлюють зв'язок між типом ґрунту та видовим складом
структурою фітоценозу і кліматом

віком дерев і продуктивністю

параметрами річних кілець і факторами середовища

17. Основна складність інтерпретації дендроіндексаційних даних пов'язана з

відсутністю контрольних ділянок

помилками вимірювань

одночасною дією кількох факторів

короткою тривалістю рядів спостережень

18. Дендроіндексація є найбільш ефективною для аналізу миттєвих екологічних змін

добових температурних коливань

сезонних фенологічних фаз

довготривалих змін довкілля

19. Необхідною умовою використання дерева як індикатора є штучне походження насадження

відсутність конкурентів

однаковий вік усіх дерев

чітка річна ритміка росту

20. Найбільш коректні результати дендроіндексації отримують за умови використання одного методу аналізу

дослідження лише одного виду дерев

ігнорування локальних факторів

поєднання з іншими екологічними методами

Тестові завдання до розділу 2

1. Камбій у деревних рослин — це

провідна тканина вторинної ксилеми

механічна тканина, що зміцнює стовбур

твірна тканина первинного росту

бічна твірна тканина вторинного росту

2. Основною функцією камбію є

транспортування води та мінеральних речовин

забезпечення фотосинтезу в стовбурі

накопичення запасних поживних речовин

утворення вторинної ксилеми і флоєми

3. Річне кільце в деревині формується внаслідок

чергування активності кореневої системи

різної інтенсивності фотосинтезу

періодичної зміни типів ґрунтів

сезонної активності камбію

4. Рання деревина зазвичай характеризується

високою щільністю клітин

товстими клітинними стінками

малою провідністю судин

більшими клітинами з тонкими стінками

5. Пізня деревина відрізняється від ранньої тим, що вона має
більший діаметр судин
нижчу механічну міцність
світліше забарвлення
вищу щільність клітин
6. Контраст між ранньою і пізньою деревиною найбільш виражений у
тропічних вічнозелених порід
плодових дерев садового типу
чагарникових форм рослин
помірних і бореальних деревних порід
7. Хибні річні кільця виникають у результаті
помилки під час вимірювання
аномалій анатомічної будови
генетичних мутацій дерева
тимчасового припинення росту протягом року
8. Основною причиною формування хибних кілець є
зміна віку дерева
пошкодження серцевини
короткочасні стресові умови
перехід до іншого типу ґрунту
9. Випадаючі (відсутні) річні кільця зазвичай пов'язані з
надлишком вологи в ґрунті
інтенсивним удобренням
високою температурою літа
екстремально несприятливими умовами росту
10. Найчастіше випадаючі кільця трапляються у дерев
з добре освітлених ділянок
із середнім віком
у центральній частині стовбура
на межі ареалу зростання
11. Поперечний зріз стовбура використовується в дендроаналізі для
визначення хімічного складу деревини
оцінки вологості тканин
дослідження просторової структури лісу
візуалізації річних кілець
12. Радіальний зріз дозволяє найбільш точно
оцінити колір деревини
визначити товщину кори
проаналізувати форму серцевини
простежити послідовність річних кілець
13. Тангенціальний зріз переважно застосовується для
підрахунку кількості річних кілець
встановлення віку дерева
виявлення пропущених років
вивчення анатомічних елементів деревини

14. Межа між річними кільцями зазвичай визначається за зміною напрямку волокон
різницею вмісту вологи
перериванням серцевинних променів
переходом від пізньої до ранньої деревини
15. Найбільш надійною ознакою справжнього річного кільця є однорідність клітинної структури
наявність світлої зони
підвищена щільність деревини
повний цикл ранньої і пізньої деревини
16. Чому хибні кільця ускладнюють дендрохронологічний аналіз
вони не мають анатомічної структури
вони завжди темнішого кольору
вони імітують справжні річні межі
вони трапляються лише в молодих деревах
17. Виявлення випадючих кілець потребує використання лише мікроскопії
аналізу хімічного складу
порівняння з іншими деревами
дослідження листкової поверхні
18. Формування чітких річних кілець можливе за умов стабільних кліматичних умов
відсутності сезонних змін
рівномірного росту протягом року
чіткої сезонності росту
19. Анатомічна будова деревини є важливою для дендроіндексації, оскільки визначає декоративні властивості
впливає на швидкість гниття
показує видові відмінності
відображає умови формування річних кілець
20. Помилки в інтерпретації річних кілець найчастіше пов'язані з неточним визначенням породи
неправильним відбором інструментів
зміною кольору деревини з віком
плутаниною між справжніми та хибними кільцями

Тестові завдання до розділу 3

1. Формування дендрохронології як науки розпочалося у зв'язку з потребою визначення віку лісових насаджень
розвитком лісової таксації
дослідженням продуктивності деревостанів
датуванням археологічних об'єктів
2. Засновником наукової дендрохронології вважають Карла Ліннея
Олександра фон Гумбольдта

Юста фон Лібіха

Ендрю Елікотта Дугласа

3. Перші систематичні дендрохронологічні дослідження були проведені в

Західній Європі

Східній Азії

Південній Америці

Північній Америці

4. Початковою метою досліджень Е. Дугласа було вивчення анатомії деревини

аналіз лісових пожеж

пошук кліматичних циклів

оцінювання родючості ґрунтів

5. Встановлення абсолютного віку дерев стало можливим завдяки визначенню середнього приросту

використанню статистичних методів

порівнянню з метеоданими

методу перехресного датування

6. Перехресне датування ґрунтується на принципі

рівномірності росту дерев

залежності приросту від віку

випадковості змін ширини кілець

синхронності річних приростів

7. Яке відкриття суттєво підвищило надійність дендрохронології

класифікація типів деревини

використання мікроскопії

розробка польових бурів

виявлення хибних і випадючих кілець

8. Подальший розвиток дендрохронології був пов'язаний з

лісогосподарськими потребами

таксаційними обліками

інтеграцією з кліматологією

експериментальною ботанікою

9. Дендроіндексація сформувалася як окремий напрям на основі

фізіології рослин

геоботанічних досліджень

лісової екології

дендрохронологічних методів

10. Основною передумовою переходу від датування до індикації стало

накопичення великих вибірок

удосконалення вимірювальної техніки

застосування комп'ютерів

усвідомлення екологічної інформаційності кілець

11. У Європі дендрохронологія набула розвитку насамперед у зв'язку з

лісовою селекцією

дослідженням шкідників

датуванням історичних споруд
оцінкою продуктивності насаджень

12. Внесок європейських дослідників полягав головним чином у
відкритті камбію
встановленні річної природи кілець
розробці перших бурів
створенні довгих регіональних хронологій

13. У ХХ столітті розвиток дендрохронології прискорився завдяки
появі нових деревних порід
розширенню лісових площ
удосконаленню польових методів
використанню математичної обробки даних

14. Який напрям досліджень сприяв формуванню дендрокліматології
лісова типологія
біоіндикація забруднень
експериментальна екологія
аналіз зв'язку приросту з кліматом

15. Відмінністю сучасного етапу розвитку дендроіндексації є
відмова від класичних методів
використання лише польових спостережень
орієнтація на описові підходи
комплексний міждисциплінарний підхід

16. Розширення сфери застосування дендроіндексації відбулося завдяки
зміні об'єктів дослідження
зростанню ролі лісового господарства
інтеграції з іншими екологічними науками
спрощенню методів аналізу

17. Історично перші дендрохронологічні шкали створювалися для
визначення продуктивності лісів
аналізу ґрунтових умов
оцінки антропогенного впливу
календарного датування подій

18. Дендроіндексація як прикладна дисципліна сформувалася коли
було відкрито камбій
доведено річну природу кілець
почали інтерпретувати приріст як реакцію середовища
розроблено інструменти відбору кернів

19. Основним результатом історичного розвитку дендрохронології стало
створення універсальної методики лісообліку
накопичення описових матеріалів
уніфікація анатомічних термінів
формування надійного методу часової реконструкції

20. Значення історичного етапу розвитку дендроіндексації полягає в тому,
що він
обмежив сферу застосування методу
спростив інтерпретацію результатів

зменшив роль польових досліджень
сформував теоретичні та методичні основи сучасних досліджень

Тестові завдання до розділу 4

1. Принцип лімітуючих факторів у дендроіндексації полягає в тому, що
ріст дерева визначається сумарною дією всіх факторів
ріст дерев залежить переважно від віку
умови середовища мають другорядне значення
інтенсивність росту обмежується найменш сприятливим фактором
2. Згідно з принципом чутливості, дендроіндексаційний сигнал
однаково проявляється у всіх умовах
посилюється зі збільшенням віку дерева
залежить лише від породи дерева
найкраще виявляється в умовах екологічного стресу
3. Принцип синхронності ґрунтується на припущенні, що дерева
реагують на середовище незалежно одне від одного
мають індивідуальні темпи росту
не зазнають спільних впливів
однотипно реагують на спільні фактори року
4. Принцип репрезентативності вибірки означає, що
досліджують лише найстаріші дерева
вбірка формується випадково
достатньо одного модельного дерева
вбірка відображає умови всієї ділянки
5. Принцип стаціонарності в дендроіндексації передбачає, що
дерева не змінюють реакції з віком
кліматичні умови залишаються сталими
фактори середовища діють незалежно
зв'язок між ростом і фактором зберігається в часі
6. Який принцип дозволяє відокремити кліматичний сигнал від шуму
принцип лімітуючих факторів
принцип чутливості
принцип стаціонарності
принцип синхронності
7. Принцип локальності означає, що дендроіндексаційний сигнал
завжди має глобальний характер
не залежить від місця зростання
впливає лише на молоді дерева
відображає умови конкретної території
8. Згідно з принципом комплексності, дендроіндексаційний аналіз
обмежується вивченням ширини кілець
використовує один індикатор
ігнорує допоміжні дані
поєднує кілька показників і методів
9. Принцип незалежності вибірки вимагає, щоб дерева
належали до одного виду

мали однаковий вік
зростали на рівнинних ділянках
не впливали істотно одне на одне

10. Принцип калібрування полягає у
порівнянні різних дерев між собою
видаленні вікового тренду
згладжуванні часових рядів
зіставленні приросту з незалежними даними

11. Верифікація дендроіндексаційних моделей спрямована на
побудову регресійних залежностей
підвищення роздільної здатності
вибір оптимальних дерев
перевірку надійності отриманих зв'язків

12. Принцип адекватності означає, що обраний показник
має бути найпростішим у вимірюванні
повинен бути універсальним
не залежить від породи
відповідає поставленому дослідницькому завданню

13. Який принцип обмежує використання даних за межами досліджуваної
зони
принцип синхронності
принцип чутливості
принцип стаціонарності
принцип локальності

14. Принцип ієрархічності передбачає, що фактори середовища
впливають однаково на всіх рівнях
не мають взаємозв'язків
змінюються випадково
діють на різних просторово-часових рівнях

15. Дендроіндексаційний сигнал вважається надійним, якщо він
повторюється в одному дереві
має велику амплітуду
не містить випадкових коливань
відтворюється у багатьох деревах

16. Принцип мінімізації шуму реалізується шляхом
виключення старих дерев
зменшення довжини рядів
застосування візуальної оцінки
усереднення та статистичної обробки

17. Принцип обмеженості інтерпретації означає, що
будь-які зміни мають кліматичне походження
усі фактори однаково значущі
результати можна екстраполювати глобально
висновки чинні лише в межах умов дослідження

18. Застосування принципів дендроіндексації необхідне для
спрощення процесу вимірювання

збільшення кількості показників
отримання візуально чітких графіків
коректної інтерпретації результатів
19. Який принцип дозволяє порівнювати результати різних досліджень
принцип локальності
принцип лімітуючих факторів
принцип ієрархічності
принцип стандартизації
20. Сукупне застосування принципів дендроіндексації забезпечує
швидке отримання результатів
зменшення польових робіт
використання одного показника
наукову обґрунтованість висновків

Тестові завдання до розділу 5

1. Основною метою відбору дендрохронологічних зразків є визначення видової належності дерев
отримання максимальної кількості кернів
оцінювання декоративних властивостей
отримання репрезентативної інформації про ріст
2. Найбільш поширеним інструментом для відбору кернів є
ручна пилка для деревини
мікротом для зрізів
штангенциркуль високої точності
інкрементний бур Пресслера
3. Відбір кернів зазвичай здійснюють на висоті
безпосередньо біля кореневої шийки
у верхній частині крони
на довільній висоті стовбура
близько 1,3 м від поверхні ґрунту
4. Чому стандартна висота відбору є важливою
вона відповідає зоні фотосинтезу
зменшує вплив ґрунтових факторів
спрощує процес буріння
забезпечує порівнянність результатів
5. Перед вимірюванням річних кілець зразки необхідно
заморозити для стабілізації структури
покрити захисним лаком
висушити та відшліфувати поверхню
просочити хімічними реагентами
6. Основною метою шліфування зразків є
підвищення міцності деревини
зміна кольору кілець
зменшення товщини керна
чітке виявлення меж річних кілець

7. Вимірювання ширини річних кілець проводиться для визначення хімічного складу
оцінки механічних властивостей
встановлення густоти деревини
кількісного аналізу річного приросту
8. Яка одиниця найчастіше використовується для вимірювання ширини кілець
сантиметри з округленням
міліметри з похибкою
міліметри або їх частки
мікрони без перерахунку
9. Візуальне датування передбачає
порівняння кольору деревини
оцінку загальної форми стовбура
аналіз структури кори
попереднє визначення послідовності кілець
10. Перехресне датування застосовується з метою збільшення кількості зразків
скорочення часу аналізу
визначення породи дерева
виявлення та усунення помилок датування
11. Основною ознакою правильно виконаного перехресного датування є
однакова середня ширина кілець
відсутність хибних кілець
збіг абсолютного віку дерев
синхронність характерних років
12. “Характерні роки” у дендрохронології — це роки з
максимальною шириною кілець
мінімальним віком дерева
відсутністю кліматичних аномалій
різко вираженим відхиленням приросту
13. Для статистичної перевірки датування використовують
візуальні шкали росту
таблиці середніх значень
графіки вікового тренду
кореляційний аналіз часових рядів
14. Стандартизація дендрохронологічних рядів потрібна для збільшення довжини хронологій
збереження абсолютних значень приросту
усунення помилок вимірювання
видалення вікового тренду росту
15. Після стандартизації ряди приросту втрачають екологічну інформацію
стають непридатними для аналізу
відображають лише вік дерева
краще відображають вплив факторів середовища

16. Яка помилка найчастіше виникає під час польового відбору зразків
 плутанина в одиницях вимірювання
 неправильна статистична обробка
 неточне позиціонування керна
 некоректна інтерпретація даних
17. Яка умова є критичною для якості дендроіндекаційних даних
 велика кількість порід у вибірці
 коротка тривалість аналізу
 відсутність статистичних методів
 точність датування кожного кільця
18. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє
 замінити польові дослідження
 уникнути біологічних помилок
 зменшити кількість зразків
 підвищити точність і відтворюваність аналізу
19. Остаточна інтерпретація дендроіндекаційних результатів має
 ґрунтуватися на
 ширині кілець одного дерева
 візуальній оцінці графіків
 суб'єктивному досвіді дослідника
 поєднанні статистики та екологічного аналізу
20. Методологічна послідовність у дендроіндекації є важливою тому, що
 вона
 скорочує обсяг лабораторних робіт
 полегшує підготовку зразків
 дозволяє уникнути польових вимірювань
 забезпечує надійність і відтворюваність результатів

Тестові завдання до розділу 6

1. Радіовуглецеве датування ґрунтується на використанні ізотопу вуглецю з масовим числом 12
 вуглецю зі стабільною структурою
 вуглецю, що не розпадається
 радіоактивного вуглецю ^{14}C
2. Ізотоп ^{14}C утворюється в атмосфері внаслідок
 розпаду кисню під дією світла
 окиснення вуглецю в повітрі
 ядерних реакцій у надрах Землі
 взаємодії космічного випромінювання з азотом
3. Потрапляння ^{14}C у живі організми відбувається через
 дифузю з ґрунтового повітря
 кореневе поглинання мінералів
 накопичення у клітинних стінках
 включення у вуглецевий обмін
4. Після відмирання організму кількість ^{14}C у ньому
 залишається сталою

- збільшується з часом
 змінюється нерегулярно
 починає зменшуватися внаслідок розпаду
5. Період напіврозпаду ізотопу ^{14}C становить приблизно
 1200 років
 3200 років
 10 000 років
 5730 років
6. Основною величиною, що вимірюється під час радіовуглецевого аналізу, є
 абсолютна маса зразка
 об'єм органічної речовини
 кількість стабільних ізотопів
 активність або співвідношення ізотопів
7. Радіовуглецеве датування найкраще застосовувати для об'єктів віком до
 500 років
 1 000 років
 50 000 років
 500 000 років
8. Головним обмеженням радіовуглецевого методу є
 складність відбору зразків
 висока вартість аналізу
 неможливість автоматизації
 обмежений віковий діапазон методу
9. Чому радіовуглецеве датування не дає календарної дати безпосередньо
 через похибки вимірювання
 через неоднорідність деревини
 через вплив віку організму
 через зміну концентрації ^{14}C в атмосфері
10. Калібрування радіовуглецевих дат здійснюють за допомогою
 мінералогічних шкал
 геологічних розрізів
 астрономічних спостережень
 дендрохронологічних шкал
11. Роль дендрохронології в радіовуглецевому датуванні полягає у
 визначенні хімічного складу деревини
 підвищенні швидкості аналізу
 зменшенні вартості досліджень
 калібруванні радіовуглецевих віків
12. Метод прискорювальної мас-спектрометрії (AMS) дозволяє
 вимірювати ширину річних кілець
 аналізувати лише великі зразки
 зменшити вплив клімату
 досліджувати дуже малі зразки
13. Яка особливість робить деревину зручною для радіовуглецевого аналізу
 висока щільність матеріалу

наявність серцевинних променів
чітка річна періодичність росту
стабільність кольору з віком

14. Який компонент деревини найчастіше використовують для аналізу ^{14}C лігнін без попередньої обробки

смолисті речовини
клітинний сік

целюлозу після очищення

15. Основна похибка радіовуглецевого датування пов'язана з помилками польового відбору

неоднорідністю анатомії
помилками статистичної обробки
варіаціями атмосферного ^{14}C

16. Радіовуглецеве датування в дендроіндексації використовується переважно для

визначення сучасного стану лісів
аналізу короткочасних подій

порівняння різних порід
датування об'єктів за межами дендрохронологічних рядів

17. Поєднання дендрохронології та ^{14}C -методу дозволяє замінити інші методи аналізу

зменшити кількість зразків
усунути всі джерела похибок
підвищити точність календарного датування

18. Яка умова є критичною для коректного радіовуглецевого аналізу деревини

велика маса зразка
висока щільність клітин
відсутність річних кілець
відсутність вторинного забруднення

19. Радіовуглецеві дати зазвичай подаються у вигляді точної календарної дати

року відбору зразка
абсолютного віку дерева
віку в роках до теперішнього часу

20. Значення радіовуглецевого методу для дендроіндексації полягає в тому, що він

замінює аналіз річних кілець
дозволяє уникнути стандартизації
обмежує застосування інших методів
розширює часові межі досліджень

Тестові завдання до розділу 7

1. Основна мета застосування дендрохронології у мистецтвознавстві полягає у визначенні художньої цінності об'єкта

встановленні техніки виконання твору
оцінці ступеня збереженості матеріалу
визначенні часу виготовлення дерев'яної основи

2. Найчастіше дендрохронологічний аналіз у мистецтві застосовують до кам'яних архітектурних елементів металевих художніх виробів текстильних історичних пам'яток дерев'яних конструкцій і панелей

3. Для датування ікон та картин на дерев'яній основі зазвичай аналізують шар фарбового покриття ґрунтову підготовку основи залишки органічних пігментів річні кільця деревини-основи

4. Яка особливість деревини робить можливим датування творів мистецтва висока декоративність матеріалу однорідна структура волокон стійкість до механічних впливів наявність річної періодичності росту

5. Одним із ключових обмежень дендродатування мистецьких об'єктів є складність обробки зразків відсутність лабораторного обладнання висока вартість досліджень втрата крайніх річних кілець

6. Відсутність заболоні у виробі ускладнює визначення породи дерева аналіз анатомічної структури підбір методів вимірювання встановлення точної дати зрубування

7. Який чинник необхідно враховувати під час інтерпретації результатів датування форму художнього виробу стиль і композицію твору можливий час зберігання деревини перед використанням ступінь реставраційного втручання

8. Для дендрохронологічного датування об'єктів мистецтва найціннішими є зразки з мінімальною кількістю річних кілець однаковою шириною приросту високою декоративною якістю довгими послідовностями річних кілець

9. Найчастіше в європейському мистецтві як основу використовували деревину клена та ясеня сосни та модрина липи та берези дуба

10. Яка умова є необхідною для надійного дендродатування мистецького об'єкта
- наявність авторського підпису
 - відоме місце зберігання
 - чітка стилістична атрибуція
 - відповідність регіональній хронології
11. Регіональні дендрохронологічні шкали важливі тому, що вони містять універсальні закономірності росту
- не залежать від клімату
 - однаково підходять для різних порід
 - відображають локальні умови формування деревини
12. Дендрохронологічне датування мистецьких об'єктів є методом абсолютного стилістичного аналізу
- відносного візуального порівняння
 - фізико-хімічної експертизи
 - календарного датування деревини
13. Який результат дендродатування є методично коректним
- точний рік створення твору
 - період написання фарбового шару
 - час реставраційних робіт
 - термін, не раніше якого виготовлено об'єкт
14. Поєднання дендрохронології з іншими методами у мистецтвознавстві дозволяє
- замінити історичний аналіз
 - ігнорувати стилістичні особливості
 - зменшити роль експертів
 - підвищити достовірність атрибуції
15. Основною причиною використання мінімально інвазивних методів відбору є
- спрощення лабораторних процедур
 - зменшення вартості досліджень
 - підвищення точності датування
 - збереження цілісності пам'ятки
16. Яка проблема найчастіше виникає під час дендродатування творів мистецтва
- відсутність статистичних методів
 - надмірна кількість зразків
 - обмежена кількість річних кілець
 - недостатня чутливість інструментів
17. Дендрологічне визначення породи деревини необхідне для
- оцінки декоративної якості
 - визначення художньої школи
 - порівняння стилістичних ознак
 - вибору відповідної хронології
18. Використання дендрохронології дозволяє виявити
- техніку нанесення фарб

ступінь пошкодження поверхні
авторський стиль митця
підробки або пізніші переробки

19. Радіовуглецеве датування у мистецтвознавстві застосовують тоді, коли є підпис і дата автора

збережена заболонь

достатня кількість річних кілець

дендрохронологічне датування неможливе

20. Значення дендроіндексації для вивчення пам'яток мистецтва полягає в тому, що вона

визначає художню цінність твору

замінює мистецтвознавчий аналіз

спрощує реставраційні роботи

надає незалежну хронологічну інформацію

Тестові завдання до розділу 8

1. Дендрокліматологія вивчає зв'язок між

морфологією дерев і типами ґрунтів

структурою лісових угруповань і кліматом

фізіологічними процесами і погодою

річним приростом дерев і кліматичними умовами

2. Основною кліматичною змінною, що найчастіше реконструюється, є атмосферний тиск

тривалість світлового дня

швидкість вітру

температура або кількість опадів

3. Кліматичний сигнал у дендрокліматології — це

будь-які зміни ширини річних кілець

аномальні анатомічні структури

вікові особливості росту

частина приросту, зумовлена кліматом

4. Для успішної кліматичної реконструкції необхідно, щоб ріст дерев був максимально швидким

стабільним у часі

незалежним від середовища

обмеженим кліматичним фактором

5. Найбільш придатними для дендрокліматології є дерева, що ростуть у сприятливих умовах

у центральній частині ареалу

на рівнинних ділянках

в умовах екологічного стресу

6. Дендрокліматологічна хронологія створюється шляхом

усереднення абсолютних значень приросту

підсумовування ширини кілець

вибору одного модельного дерева

стандартизації та усереднення рядів

7. Кліматична калібровка полягає у
згладжуванні часових рядів
усуненні випадкових коливань
порівнянні різних порід
зіставленні приросту з метеоданими
8. Верифікація кліматичної моделі потрібна для
побудови регресій
зменшення кількості змінних
вибору ділянки дослідження
перевірки її прогностичної здатності
9. Яка умова є критичною для виділення кліматичного сигналу
велика кількість порід
короткі часові ряди
однорідний вік дерев
висока синхронність приросту
10. Дендрореконструкції клімату дозволяють отримати дані
лише за період спостережень
тільки для майбутніх змін
у межах одного сезону
за період до початку інструментальних вимірювань
11. Який кліматичний фактор найчастіше лімітує ріст дерев у помірних
широтах
вологість повітря
тривалість дня
атмосферний тиск
температура та\або зволоження
12. Проблема «шуму» в дендрокліматології пов'язана з
помилками вимірювання
неправильним відбором порід
впливом некліматичних факторів
обмеженою кількістю даних
13. Для зменшення шуму застосовують
скорочення довжини рядів
виключення молодих дерев
використання одного зразка
усереднення багатьох індивідуальних рядів
14. Який метод найчастіше використовують для побудови кліматичних
моделей
візуальне порівняння графіків
кластерний аналіз
факторний аналіз
регресійний аналіз
15. Дендрореконструкції клімату є особливо цінними для
оцінки сучасного стану лісів
короткотермінових прогнозів погоди

локального аналізу ґрунтів
вивчення довготривалих кліматичних змін

16. Просторова репрезентативність дендрокліматичних даних залежить від
кількості річних кілець
віку досліджуваних дерев
точності вимірювань
щільності мережі ділянок

17. Яке твердження є коректним щодо дендрокліматичних реконструкцій
вони дають точні щоденні значення
не потребують перевірки
не залежать від регіону
мають статистично обґрунтовану невизначеність

18. Поєднання дендрокліматології з іншими проксі-даними дозволяє
спростити інтерпретацію
зменшити часову роздільність
усунути кліматичні коливання
підвищити надійність реконструкцій

19. Обмеження дендрокліматології полягають у тому, що вона
не застосовується в лісах
потребує лише одного показника
дає миттєві результати
відображає реакцію дерев, а не клімат безпосередньо

20. Значення дендрокліматології для сучасної науки полягає в тому, що
вона
замінює метеорологічні спостереження
усуває потребу в моделях
обмежує аналіз регіонів
розширює знання про минулий клімат

Тестові завдання до розділу 9

1. Прикладні дендроіндексаційні дослідження спрямовані насамперед на
теоретичне узагальнення закономірностей росту
розробку нових анатомічних класифікацій
удосконалення методів вимірювання
вирішення практичних екологічних завдань

2. Однією з найпоширеніших сфер застосування дендроіндексації є
декоративне садівництво
лісова селекція
агрохімічний моніторинг
екологічний моніторинг довкілля

3. Дендроіндексація дозволяє оцінювати антропогенний вплив через
зміну видової структури лісу
появу нових рослинних форм
реакцію приросту дерев на навантаження
перебудову ярусності насаджень

4. Який тип впливу найчастіше фіксується за допомогою дендроіндексації
 - короткочасні добові коливання
 - разові механічні пошкодження
 - миттєві хімічні реакції
 - тривалі хронічні навантаження
5. Дендроіндексаційний аналіз ефективний для оцінки наслідків
 - одиничних стихійних явищ
 - короткочасних погодних змін
 - разових лісогосподарських заходів
 - тривалого техногенного забруднення
6. У лісоекологічних дослідженнях дендроіндексація використовується для визначення декоративної цінності насаджень
 - планування рубок догляду
 - оцінки сортових якостей деревини
 - аналізу стійкості деревостанів
7. Який показник найчастіше застосовують у прикладних дослідженнях
 - форма крони дерева
 - збарвлення деревини
 - товщина кори
 - ширина річних кілець
8. Дендроіндексація може бути використана для оцінки впливу
 - архітектурних стилів
 - гідрографічної мережі
 - геологічної будови
 - промислових викидів
9. Перевага дендроіндексації у прикладних дослідженнях полягає в тому, що вона
 - не потребує лабораторного аналізу
 - дає миттєві результати
 - застосовується лише в лісах
 - дозволяє ретроспективний аналіз
10. Для оцінки впливу урбанізації найбільш доцільно досліджувати дерева
 - у природних заповідниках
 - на віддалених гірських схилах
 - у контрольних лісових масивах
 - у міських та приміських насадженнях
11. Дендроіндексаційні методи є корисними в судово-екологічній експертизі для
 - визначення авторства шкоди
 - встановлення декоративних властивостей
 - аналізу сучасного стану рослин
 - оцінки давності екологічних порушень
12. У природоохоронній практиці дендроіндексація застосовується для
 - вибору декоративних порід
 - розрахунку лісових податків

планування рекреаційних зон
контролю стану екосистем

13. Яка умова є критичною для прикладної інтерпретації результатів
мінімальна кількість зразків
використання одного показника

ігнорування локальних умов

урахування конкретного контексту впливу

14. Дендроіндексація ефективна для порівняння стану територій, якщо
вони розташовані в різних кліматичних зонах
мають різний видовий склад

досліджуються різними методами

використано однаковий методичний підхід

15. Основне обмеження прикладних дендроіндексаційних досліджень
пов'язане з

високою вартістю обладнання

складністю польових робіт

відсутністю стандартів

багатофакторністю впливів середовища

16. Для підвищення достовірності прикладних висновків доцільно
зменшити кількість змінних

використовувати один індикатор

обмежитися візуальною оцінкою

поєднувати дендроіндексацію з іншими методами

17. Який тип інформації найчастіше отримують у прикладній
дендроіндексації

прогноз погоди

хімічний склад атмосфери

видову структуру лісу

динаміку екологічного стану

18. Дендроіндексаційні результати мають прикладну цінність тоді, коли
вони

є максимально деталізованими

отримані на одному дереві

не потребують перевірки

коректно інтерпретовані з урахуванням обмежень

19. Застосування дендроіндексації у плануванні природокористування
дозволяє

усунути екологічні ризики

заміни польових обстежень

ігнорувати соціальні фактори

приймати обґрунтовані управлінські рішення

20. Узагальнене значення прикладної дендроіндексації полягає в тому, що
вона

спрощує екологічні дослідження

замінює всі інші методи аналізу

орієнтована лише на лісівників
слугує інструментом оцінки змін довкілля в часі

ПІДСУМКОВИЙ ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ:

Розділ 1

1. Дендроіндексація належить до методів, що використовують фізіологічні реакції рослин
хімічний склад ґрунтів
структуру фітоценозів
ріст дерев як індикатор середовища
2. Основна інформація в дендроіндексації зберігається у
листяному апараті
корневих тканинах
корі стовбура
річних кільцях дерев
3. Чому дерева придатні для ретроспективного аналізу
швидко відновлюються після стресу
мають однорідну будову
не залежать від клімату
фіксують умови росту в часі
4. Який процес лежить в основі формування річних кілець
поділ клітин кори
накопичення поживних речовин
подовження пагонів
камбіальний поділ клітин
5. Дендроіндексація відрізняється від біоіндикації тим, що
використовує лише деревні рослини
аналізує лише сучасний стан
не потребує статистики
має чітку часову шкалу
6. Який фактор НЕ є об'єктом дендроіндексації
кліматичні умови
антропогенний вплив
гідрологічний режим
економічні показники
7. Основна перевага дендроіндексаційних методів
простота інтерпретації
низька вартість обладнання
відсутність польових робіт
можливість аналізу минулого
8. Дендроіндексаційні дані мають переважно
якісний характер
описову форму

інтуїтивне значення
кількісне вираження
9. Дендроіндекція найбільш ефективна у поєднанні з
візуальним оглядом
експертною оцінкою
геоботанічним описом
іншими екологічними методами

10. Основною часовою одиницею аналізу є
місяць
сезон
декада
рік

11. Реакція дерев у дендроіндекції відображається через
форму крони
інтенсивність фотосинтезу
колір листків
зміну ширини кілець

Розділ 2

12. Камбій — це тканина, що забезпечує
первинний ріст пагонів
транспірацію води
накопичення поживних речовин
вторинний ріст стовбура

13. Рання деревина зазвичай формується
наприкінці вегетації
у період спокою
взимку
на початку вегетаційного періоду

14. Пізня деревина характеризується
великими клітинами
тонкими стінками
низькою щільністю
високою щільністю клітин

15. Контраст між ранньою і пізньою деревиною пов'язаний із
віком дерева
типом ґрунту
видом породи
сезонною динамікою росту

16. Хибні річні кільця виникають через
помилки вимірювання
аномалії кори
генетичні відмінності
тимчасові стреси протягом року

17. Випадаючі кільця свідчать про
прискорений ріст

оптимальні умови
рівномірний розвиток
екстремально несприятливі умови
18. Поперечний зріз застосовують для
визначення хімічного складу
аналізу кори
оцінки механічної міцності
виявлення меж кілець
19. Радіальний зріз найбільш придатний для
оцінки кольору деревини
вивчення серцевини
визначення породи
простеження послідовності кілець
20. Найнадійнішою ознакою справжнього кільця є
темніша смуга
різниця в кольорі
зміна волокон
повний цикл ранньої і пізньої деревини
21. Формування чітких кілець можливе за умови
стабільного клімату
відсутності сезонності
рівномірного росту
чіткої сезонної ритміки
22. Основна складність аналізу деревини пов'язана з
малою кількістю зразків
відсутністю обладнання
зміною кольору
плутаниною кілець

Розділ 3

23. Засновником дендрохронології вважають
Карла Ліннея
О. Гумбольдта
Ч. Дарвіна
Е. Дугласа
24. Перші дендрохронологічні дослідження проводилися з метою
лісової таксації
оцінки біомаси
вивчення ґрунтів
датування археології
25. Перехресне датування базується на
однаковому віці дерев
середньому прирості
випадкових коливаннях
синхронності росту

26. Розвиток дендроіндексації став можливим після відкриття камбію
винайдення мікроскопа
опису порід
усвідомлення екологічної інформативності кілець
27. Європейська школа розвивалася у зв'язку з лісовим господарством
агроекологією
геоботанікою
датуванням споруд
28. Роль статистики у ХХ ст. полягала у спрощенні методів
зменшенні вибірки
візуалізації даних
підвищенні надійності
29. Дендроіндексація сформувалася як теоретичний напрям
анатомічна дисципліна
галузь ботаніки
прикладна екологічна методика
30. Історично перші шкали мали на меті оцінку врожайності
аналіз ґрунтів
визначення порід
календарне датування
31. Сучасний етап розвитку характеризується відмовою від класики
спрощенням методів
ізоляцією дисциплін
міждисциплінарністю
32. Значення історичного розвитку полягає у накопиченні описів
уніфікації термінів
збільшенні вибірок
створенні надійної методології
33. Перехід до індикації означав відмову від датування
скорочення аналізу
зміну об'єктів
інтерпретацію росту як реакції середовища

Розділ 4

34. Лімітуючий фактор — це фактор, який діє найсильніше
впливає випадково

має другорядне значення
обмежує ріст найбільше

35. Принцип чутливості реалізується найкраще
в оптимальних умовах
у молодих дерев
у лабораторіях
в умовах стресу

36. Принцип синхронності означає
однаковий вік дерев
рівномірний ріст
локальний характер сигналу
спільну реакцію на фактори

37. Репрезентативна вибірка повинна
містити одне дерево
складатися з різних порід
мати однаковий вік
відображати умови ділянки

38. Принцип стаціонарності передбачає
незмінність клімату
відсутність шуму
сталість віку
стабільність зв'язків у часі

39. Локальність означає
глобальну застосовність
універсальність сигналу
незалежність від місця
прив'язаність до території

40. Калібрування — це
згладжування рядів
усереднення даних
видалення тренду
зіставлення з незалежними даними

41. Верифікація потрібна для
побудови моделей
відбору дерев
зменшення шуму
перевірки надійності

42. Принцип мінімізації шуму реалізується через
одне дерево
короткі ряди
візуальний аналіз
статистичну обробку

43. Обмеженість інтерпретації означає
глобальність висновків
універсальність методу

відсутність похибок
чинність у певних умовах
44. Сукупність принципів забезпечує
швидкість аналізу
менше вимірювань
простоту інтерпретації
наукову коректність

Розділ 5

45. Основна мета відбору зразків —
визначення породи
збільшення кількості
спрощення аналізу
репрезентативність росту
46. Найпоширеніший інструмент відбору —
пилка
мікротом
штангенциркуль
бур Пресслера
47. Стандартна висота відбору становить
0,5 м
2,0 м
довільну
1,3 м
48. Підготовка зразків включає
фарбування
хімічну обробку
заморожування
сушіння та шліфування
49. Шліфування необхідне для
зміни кольору
підвищення міцності
зменшення товщини
чіткого виявлення меж
50. Вимірювання кілець дає можливість
визначити породу
оцінити кору
виявити серцевину
кількісно описати приріст
51. Перехресне датування застосовують для
побудови хронологій
скорочення аналізу
визначення віку
виявлення помилок
52. Характерні роки — це роки з
мінімальним віком

рівним приростом
відсутністю змін
різкими відхиленнями

53. Статистична перевірка базується на
середніх значеннях
графіках
таблицях
кореляції рядів

54. Стандартизація потрібна для
збереження абсолютних значень
подовження хронологій
усунення шуму
видалення вікового тренду

55. Після стандартизації ряди
втрачають сенс
стають випадковими
відображають вік
краще показують фактори

56. Польові помилки найчастіше пов'язані з
аналізом даних
інтерпретацією
стандартизацією
позиціонуванням керна

57. Якість даних визначається
кількістю дерев
віком порід
довжиною рядів
точністю датування

58. Програмне забезпечення дозволяє
замінити польові роботи
усунути всі похибки
скоротити вибірку
підвищити відтворюваність

59. Інтерпретація результатів повинна спиратися на
одне дерево
візуальну оцінку
інтуїцію
статистику і екологію

60. Методологічна послідовність забезпечує
менше роботи
менше зразків
швидший аналіз
надійність результатів

Розділ 6

61. Радіовуглецевий метод використовує ізотоп

^{12}C

^{13}C

стабільний вуглець

^{14}C

62. ^{14}C утворюється в атмосфері внаслідок

фотосинтезу

окиснення

геологічних процесів

космічного випромінювання

63. Після відмирання організму ^{14}C

накопичується

залишається сталим

перетворюється

розпадається

64. Період напіврозпаду ^{14}C становить

1200 років

3000 років

10 000 років

5730 років

65. Радіовуглецеві дати потребують калібрування через

похибки вимірювань

неоднорідність зразків

вплив віку

зміни атмосферного ^{14}C

66. Калібрування здійснюють за допомогою

геологічних шкал

архівів

метеоданих

дендрохронологій

67. AMS-метод дозволяє

аналізувати великі зразки

спростити датування

усунути похибки

працювати з малими зразками

68. Найчастіше аналізують

лігнін

смоли

клітинний сік

очищену целюлозу

69. Радіовуглецевий метод застосовують, коли

є довгі хронології

є заболонь

є багато кілець

немає дендродатування

70. Основне значення методу —
замінити дендрохронологію
спростити аналіз
обмежити дослідження
розширити часові межі

Розділ 7

71. Мета дендродатування мистецтва —
оцінка стилю
визначення техніки
аналіз фарб
датування деревини

72. Найчастіше аналізують
текстиль
камінь
метал
дерев'яні основи

73. Основна інформація міститься у
грунті
фарбі
корі
річних кільцях

74. Відсутність заболоні ускладнює
визначення породи
аналіз структури
вибір методу
дату зрубів

75. Важливо враховувати
стиль епохи
композицію
форму
час зберігання деревини

76. Найцінніші зразки мають
мало кілець
однакові кільця
декоративність
довгі послідовності

77. Найпоширеніша порода в Європі —
сосна
ялина
липа
дуб

78. Результат дендродатування — це
дата створення
час розпису

період реставрації
terminus post quem
79. Метод дозволяє виявити
стиль художника
техніку письма
якість фарб
підробки

80. Значення методу полягає в
заміні мистецтвознавства
спрощенні атрибуції
зменшенні експертизи
незалежній хронології

Розділ 8

81. Дендрокліматологія вивчає зв'язок між
грунтами і рослинами
флористикою і кліматом
фізіологією і погодою
приростом і кліматом

82. Найчастіше реконструюють
тиск
вітер
вологість повітря
температуру та опади

83. Кліматичний сигнал — це
усі зміни приросту
випадкові коливання
віковий тренд
кліматично зумовлена частина

84. Найкращі умови для реконструкцій —
оптимальні
рівнинні
центральні
стресові

85. Калібрування полягає у
згладжуванні
усередненні
стандартизації
зіставленні з метеоданими

86. Верифікація перевіряє
точність вимірювань
кількість кілець
якість вибірки
прогностичність моделі

87. Шум виникає через
прилади

помилки
короткі ряди
некліматичні фактори
88. Зменшення шуму досягають через
один зразок
короткі ряди
візуалізацію
усереднення рядів
89. Реконструкції дають дані
лише сучасні
короткочасні
сезонні
до інструментальних спостережень
90. Основне обмеження методу —
низька точність
відсутність моделей
обмежена вибірка
непрямий характер сигналу

Розділ 9

91. Прикладна дендроіндексація спрямована на
теорію росту
анатомію деревини
класифікації
практичні завдання
92. Найчастіша сфера застосування —
селекція
садівництво
агрохімія
екологічний моніторинг
93. Антропогенний вплив виявляють через
видовий склад
структуру лісу
форму крони
реакцію приросту
94. Метод найкраще фіксує
разові події
миттєві зміни
короткі стреси
тривалі навантаження
95. Урбанізацію оцінюють за деревами
у заповідниках
у горах
на фермах
у міських насадженнях

96. Судово-екологічна експертиза використовує метод для оцінки декору
визначення породи
аналізу ґрунтів
датування порушень
97. Критична умова інтерпретації —
велика вибірка
один показник
відсутність шуму
урахування контексту
98. Порівняння територій можливе за умови різних методів
різних порід
різного клімату
єдиного підходу
99. Основне обмеження прикладних досліджень —
вартість
складність
відсутність шкал
багатофакторність
100. Загальне значення дендроіндексації —
спрощення екології
заміна методів
вузька спеціалізація
оцінка змін довкілля в часі

100 ПРАКТИЧНИХ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

Тип 1. Польовий відбір і дизайн вибірки (20)

1. Для порівняння впливу дороги на ріст дерев найтипівіше закласти дві ділянки різного клімату
одну ділянку з одним деревом
ділянку біля дороги і контрольну ділянку
дві ділянки з різними породами
2. Найкраще правило для вибору дерев у вибірку
брати лише найтовстіші дерева
брати лише дерева з ушкодженнями
брати типові здорові дерева ділянки
брати лише наймолодші дерева
3. Стандартна висота відбору керна для порівнюваності
0,3 м від ґрунту
0,8 м від ґрунту
1,3 м від ґрунту
2,5 м від ґрунту
4. Якщо мета — максимальна кліматична чутливість, частіше обирають дерева
на родючих рівнинах
у затінених пониженнях
на межі сприятливих умов (стресові місця)
у доглянутих парках міста
5. Для уникнення зміщення результатів у межах ділянки вибірку роблять лише з одного мікрооселища
лише з узлісся
із кількох точок одного типу місцезростання
лише зі схилів південної експозиції
6. Мінімально коректний документ у полі для кожного дерева
лише фото крони
лише порода і висота
код дерева, координати, дата, висота відбору
лише номер кварталу
7. Якщо інкрементний бур іде важко, найтипівіше безпечне рішення збільшити силу натиску різко
крутити у зворотний бік до кінця
зупинитись і змінити місце/кут входу
залити водою отвір
8. Для оцінки забруднення від труби доцільніша схема випадкові точки по області
трансект від джерела до фону
одна ділянка в центрі міста
дві ділянки в різних країнах

9. Щоб зменшити вплив конкуренції, у вибірку не включають дерева з яскравими річними кільцями
з високою щільністю деревини
сильно пригнічені у нижньому ярусі
з правильною формою крони
10. Найтипівіша кількість дерев для базової хронології на ділянці
2–3 дерева
5–6 дерев
10–20 дерев
60–80 дерев
11. Для порівняння двох ділянок найважливіше, щоб
була різна порода
була різна експозиція
методика відбору була однаковою
вік дерев був максимально різний
12. Якщо потрібно зменшити травмування дерева, правильніше
брати 6 кернів з одного боку
обмежитись 1–2 кернами з різних радіусів
брати керн тільки через серцевину
робити насічки сокирою
13. Найтипівіший спосіб маркування керна в полі
написати ім'я дослідника
код ділянки + код дерева + номер керна
позначити лише породу
позначити лише дату
14. Для дендроіндексації стресу важливо не змішувати в одній вибірці
дерева
різної товщини
різної висоти
з різних типів місцезростання
з різною формою листків
15. У міських насадженнях “контроль” найчастіше шукають
біля жвавого перехрестя
в промисловій зоні
у зеленій зоні з мінімальним трафіком
на зупинці громадського транспорту
16. Якщо ціль — оцінка посухи, найбільш типово додатково фіксують
колір кори
товщину листка
умови зволоження/рельєф/грунт
кількість шишок
17. Для мінімізації систематичної помилки від сторони світу керни беруть
лише з півдня
лише з півночі
з одного стандартного напрямку або парно з протилежних
з випадкового напрямку кожен раз

18. Якщо дерево має видимий нахил, керн доцільніше брати з боку нахилу перпендикулярно осі нахилу або з двох протилежних боків тільки з верхньої частини тільки знизу стовбура
19. Яке формулювання мети є “типовим” для практичної дендроіндексації описати красу деревостанів довести теорему про клімат оцінити зміну росту до/після впливу визначити ДНК-структуру порід
20. Найтиповіша помилка дизайну — це надлишок фотофіксації зайва точність координат відсутність контрольної групи/фону наявність запасних кернів

Тип 2. Підготовка зразків і зчитування річних кілець (20)

21. Перед шліфуванням керн зазвичай обов’язково фарбують обов’язково заморожують висушують до стабільного стану тримають у воді тиждень
22. Мета шліфування поверхні керна змінити колір деревини збільшити міцність керна чітко побачити межі річних кілець зменшити кількість кілець
23. Найтиповіша ознака межі річного кільця поява тріщини зміна напрямку волокон перехід від пізньої до ранньої деревини наявність смоляного ходу
24. Рання деревина зазвичай має дрібні клітини з товстими стінками більші клітини з тоншими стінками однакову щільність з пізньою повну відсутність судин
25. Пізня деревина зазвичай має низьку щільність клітин широкі судини з тонкими стінками щільніші клітини з товстими стінками повністю прозору структуру
26. Хибне кільце найбільш типово з’являється при абсолютно сталому кліматі рівномірному зволоженні

короткочасному стресі в середині сезону
відсутності сезонності росту

27. Випадаюче кільце означає
обов'язково загибель дерева
дуже швидкий приріст
рівномірний сезон
дуже слабкий ріст, межа непомітна

28. Щоб не переплутати хибне кільце зі справжнім, типово
вимірюють лише кожне друге кільце
звіряють послідовність з іншими деревами
орієнтуються лише на колір
використовують тільки око без лупи

29. Найтиповіший інструмент для первинного читання кілець
термометр
ваги
лупа або мікроскоп
психрометр

30. Якщо межі кілець “пливуть”, найтиповіше рішення
збільшити товщину керна
перешліфувати дрібнішою абразивністю
покрити kern фарбою
висушити при 120°C

31. Правильне зберігання кернів до обробки
у воді з розчином солі
під прямим сонцем
у сухому футлярі з маркуванням
в поліетилені без підпису

32. Для підвищення видимості структури в деяких випадках застосовують
випалювання поверхні
контрастування (крейда/графіт) за методикою
тривале замочування в спирті
фарбування акрилом

33. Ознака, що шліфування недостатнє
kern став гладким на дотик
межі кілець “розмиті” і нечіткі
kern не згинається
kern має однаковий колір

34. Найтиповіше джерело механічних дефектів керна
надлишок метеоданих
помилка в Excel
неакуратне виймання буром
використання GPS

35. Якщо kern тріснув, практично коректно
викинути без спроб
склеїти на планку, зберігши орієнтацію

розрізати на шматки випадково
залити водою і сушити

36. У хвойних межі кілець часто чіткіші через
повну відсутність пізньої деревини
контраст ранньої і пізньої деревини
однакову щільність протягом року
ріст без сезонності

37. Найтипніше правило читання кілець
від кори до серцевини
від кори до серцевини або навпаки, але послідовно
від середини керна до краю
випадковим порядком

38. У виробках/пам'ятках частою проблемою є
занадто довгі ряди
відсутність крайніх кілець (обробка краю)
надлишок заболоні
неможливість визначити породу

39. Після підготовки зразка перед вимірюванням типово роблять
випадкове датування років
попередній візуальний огляд і позначення меж
лише фото без огляду
стандартизацію без вимірювань

40. Практично коректна ознака “підозрілого” сегмента
стабільний приріст десятиліттями
різка зміна ширини без пояснювального фактору
однакові кільця на всьому керні
повна відсутність будь-яких змін

Тип 3. Датування і контроль якості (перехресне датування) (20)

41. Перехресне датування потрібне, щоб
визначити породу дерева
зменшити кількість зразків
виявити пропущені/хибні кільця та помилки
підвищити колірний контраст

42. “Характерний рік” — це рік, коли
всі кільця однакові
приріст середній
приріст різко відхиляється в багатьох дерев
камбій не працює зовсім завжди

43. Якщо два керни з одного дерева “не сходяться”, найтипніше
ігнорувати один керн
перевірити пропущене/хибне кільце і повторити звірку
замінити рік на середній
прибрати 10 років з початку

44. Типовий індикатор успішного датування
збіг середніх ширин
однакова кількість кілець
збіг піків/провалів у кількох рядах
наявність тільки широких кілець
45. Що роблять першим кроком у контролі якості
будують регресію
рахають тренд
візуально звіряють рисунок росту
одразу видаляють тренд
46. Якщо підозрюєте випадające кільце, практично коректно
домалювати його олівцем
шукати підтвердження на інших деревах
видалити весь сегмент
переміряти тільки товсті кільця
47. Найтипівіший результат помилки датування
поступове зростання індексу
зсув ряду на 1 рік відносно інших
повна відсутність коливань
однакова ширина завжди
48. Коли доречний другий керн з дерева
коли дерево ідеально рівне
коли порода рідкісна
коли є підозра на аномалії/дефекти
коли потрібна лише фотографія
49. Для перевірки узгодженості часто використовують
кореляційне порівняння
вимірювання висоти крони
аналіз листків
порівняння часових рядів росту
50. Якщо частина ряду має систематично нижчу кореляцію, типовий крок
видалити всі дані ділянки
перевірити якість шліфування і меж у цьому сегменті
замінити значення середнім
поміняти породу дерева в описі
51. “Еталонна хронологія” потрібна для
визначення діаметра стовбура
оцінки запасу деревини
звірки дат і підсилення сигналу
вибору типу ґрунту
52. Якщо працюють з новою територією, практично коректно
взяти 1 дерево і зробити висновки
побудувати локальну хронологію з кількох дерев
не робити контрольних вимірів
застосувати хронологію іншого континенту

53. Ознака того, що ряд “надто шумний” для датування має багато стабільних років
не має спільних характерних років з іншими
має рівно 100 кілець
має лише широкі кільця
54. Типова причина слабкої синхронності в межах ділянки
різні мікроумови і конкуренція
надлишок комп’ютерів
зайва точність штангенциркуля
різні мікроумови і конкуренція
55. Якщо хронологія показує один “пік”, а ряд — “провал”, найтипніше змінити знак значень
перевірити зсув ряду або пропуск кільця
відкинути хронологію повністю
підмінити дані з іншої ділянки
56. Практично коректне правило: датування виконується після стандартизації
після побудови регресій
до стандартизації та будь-яких перетворень
після фінального звіту
57. Якщо потрібно скоротити час, найменш ризиково зменшити точність вимірювань
спершу надійно віддатовати меншу підвибірку
ігнорувати слабкі сегменти
виключити контрольну ділянку
58. Під час перехресного датування “помилка на 1 рік” найчастіше помітна як зсув піків
помітна як зміна породи
помітна як зсув піків
помітна як зміна висоти відбору
59. Що є коректним завершенням етапу датування є лише відчуття “все добре”
є узгоджені дати і документований контроль якості
є тільки середні значення
є тільки фото кернів
60. Для відтворюваності типово зберігати лише фінальний графік
лише таблицю середніх
сирі вимірювання + кроки обробки + версії файлів
лише список порід

Тип 4. Обробка рядів (стандартизація, індекси, базова статистика) (20)

61. Основна мета стандартизації рядів
збільшити ширину кілець
видалити пропущені роки

- прибрати віковий тренд і виділити сигнал
перетворити мм у сантиметри
62. Індекс приросту зазвичай означає
абсолютну ширину кільця
вагу деревини
відносне значення після нормування
висоту дерева
63. Якщо у молодому віці кільця ширші, а потім звужуються, це
помилка вимірювання
типовий віковий тренд
ознака підробки
ознака хибних кілець
64. Найпростіший коректний спосіб зменшити випадковий шум
взяти 1 дерево
усереднити кілька рядів однієї ділянки
видалити всі вузькі кільця
замінити піки середнім
65. Для порівняння двох ділянок коректніше порівнювати
сирі мм без перетворень
лише найширші кільця
стандартизовані/індексовані ряди
тільки середній діаметр дерев
66. Кореляція між рядом і хронологією використовується щоб
визначити вік дерева
порахувати запас деревини
оцінити узгодженість сигналу
знайти висоту відбору
67. Якщо один ряд має різко інший масштаб (мм), типово
ігнорувати масштаб
перевірити одиниці, налаштування та повторити експорт
домножити на 1000 без перевірки
прибрати ряд автоматично
68. “Календарна прив’язка” даних означає, що кожне кільце має
свою породу
свій рік формування
свою довжину керна
свій номер в зошиті
69. Типова помилка при зведенні таблиці —
надлишок колонок
надлишок рядків
переплутані роки (зсув) між деревами
наявність заголовків
70. Якщо дані “сходяться”, але амплітуда різна, коректно
вимагати однакової амплітуди
це нормально: важлива синхронність коливань

замінити амплітуду середньою
відкинути всі ряди
71. Найтипівіший результат усереднення —
посилення шуму
підсилення спільного сигналу
втрата всіх коливань
збільшення числа кілець
72. Якщо є пропуск року у ряду, обробка без виправлення
покращить модель
не змінить нічого
викличе зсув і помилки інтерпретації
зробить ряд більш гладким
73. Нормування потрібне, щоб
зробити кільця ширшими
змінити породу
порівнювати ряди різних дерев
перевести дані в кілограми
74. Простий показник “сили сигналу” на ділянці —
кількість фото
висота дерев
узгодженість рядів між собою
колір кори
75. Якщо на графіку видно довгий спад у всіх дерев, це типово
локальний дефект одного керна
помилка одного вимірювання
вплив широкого фактору (клімат/стрес)
ознака неправильної породи
76. При підготовці даних до аналізу обов’язково
видалити всі вузькі кільця
прибрати всі широкі кільця
перевірити одиниці, роки, пропуски, дублікати
змінити формат шрифту
77. Якщо в одному році 15 із 18 дерев мають падіння приросту, це
випадковість без сенсу
кандидат у “характерний рік”
ознака хибного кільця у всіх
доказ помилки шліфування
78. “Похибка” в практичному звіті найкоректніше подається як
одна точка без пояснень
діапазон/невизначеність оцінки
лише округлення до цілого
лише найкраще значення
79. Для повторюваності аналізу важливо
змінювати методи щоразу
описати кроки обробки та параметри

зберігати тільки картинки
не зберігати сирі дані
80. Найтиповіший формат збереження вимірювань для обміну
лише скріншот
лише PDF без таблиць
табличний файл зі структурою “рік–значення”
лише рукопис у зошиті

Тип 5. Прикладна інтерпретація (клімат, забруднення, рішення) (20)

81. Якщо після запуску заводу 3 роки поспіль індекс росту падає, типово ігнорувати як випадковість
перевірити збіг у контрольній ділянці та зв’язок з впливом
одразу оголосити причинність без перевірки
замінити падіння середніми
82. Якщо і “впливова”, і “контрольна” ділянки показують однаковий спад,
це
точний доказ забруднення
ймовірніше кліматичний чинник
доказ помилки вимірювання
доказ різної породи дерев
83. Ознака локального техногенного впливу
синхронний спад у всьому регіоні
сильніший ефект біля джерела, слабший у фоні
однакові кільця у всіх дерев
ефект тільки в молодих
84. Найтиповіша коректна інтерпретація дендроіндексації
“все через один фактор”
“дерево завжди показує істину”
“ріст — реакція на сукупність факторів”
“статистика не потрібна”
85. Для реконструкції опадів частіше обирають ділянки, де ріст лімітує
лише температура
волога/посуха
висота над рівнем моря
рельєф без води
86. Якщо модель “клімат–приріст” працює в калібруванні, її ще потрібно
вважати безпомилковою
перевірити на незалежному періоді (верифікація)
застосувати до іншого континенту («інтроіндикувати»)
застосувати без датування
87. У міських умовах додатково типово враховують
тільки ширину кільця
ущільнення ґрунту, обрізку, полив, сіль
лише напрям вітру
лише висоту будинків

88. Практично коректний висновок “є ризик забруднення” роблять, коли
 є один вузький рік
 є стійка різниця “вплив–контроль” і пояснювана причина
 є гарне фото труби
 є велика вибірка без контролю
89. Якщо виявлено підозру на підробку панелі, дендродатування дає
 точний рік написання картини
 дату “не раніше ніж” для деревини
 дату реставрації
 дату появи лаку
90. Найтипівіша помилка прикладних висновків
 опис похибки
 опис методики
 плутати кореляцію з причинністю
 порівнювати з контролем
91. Якщо після сильної посухи є вузькі кільця в більшості дерев, це
 помилка шліфування
 типова кліматична реакція
 ознака підробки
 ознака заміни породи
92. Якщо ефект є лише в 2 із 20 дерев, найтипівіше
 оголосити загальний вплив
 перевірити локальні причини/дефекти цих дерев
 прибрати ці 2 дерева без перевірки
 зробити висновок для регіону
93. Для управлінського рішення “потрібні заходи” найтипівіше потрібні
 лише красиві графіки
 лише думка експерта
 дані + контроль + чітка інтерпретація + обмеження
 лише середня ширина
94. Реалістичний приклад “помірної” зміни приросту
 зміна у 100 разів
 зміна в 20 разів
 зміна на 10–40% протягом кількох років
 зміна на 1000% щороку
95. Якщо індекс росту коливається біля 1,0, це типово означає
 помилку формули
 нормальний рівень після нормування
 обов’язкову посуху
 обов’язкове забруднення
96. Якщо після рубки поруч приріст у залишених дерев збільшується, це
 завжди ознака хвороби
 типовий ефект зменшення конкуренції
 доказ техногенного впливу
 ознака хибних кілець

97. Для оцінки відновлення після стресу коректно дивитися один рік одразу після події динаміку кількох років до і після лише найширше кільце лише одне дерево
98. Практично коректне формулювання висновку “причина доведена на 100%” “ймовірний вплив за сукупністю ознак, з обмеженнями” “дані не важливі” “усі дерева однакові”
99. Якщо різні породи в одному місці реагують по-різному, це завжди помилка типово: породи мають різну чутливість доказ підробки доказ відсутності клімату
100. Найтипівіше правило для практики: будь-який висновок має мати лише один графік лише одне дерево контроль/порівняння і опис невизначеності лише фото керна

ВАРІАНТ А (практично орієнтований тест)

Тип 1. Польовий відбір і дизайн вибірки (1–20)

1. Для оцінки впливу промислового об’єкта коректніше порівнювати ділянки різних кліматичних зон одне дерево до і після впливу ділянку впливу з фоновою ділянкою різні породи на одній ділянці
2. У практичній дендроіндексації дерево вважають “типовим”, якщо воно має максимальний діаметр зростає ізольовано відображає середні умови ділянки має найбільший приріст
3. Стандартна висота відбору кернів потрібна для зменшення травмування прискорення польових робіт порівнюваності результатів зручності транспортування
4. Для підвищення кліматичної чутливості обирають дерева у центрі ареалу на родючих ґрунтах на межі екологічної толерантності у зрошуваних умовах

5. Контрольна ділянка повинна мати іншу породу
бути максимально віддаленою
відрізнитися лише відсутністю чинника впливу
мати молодші дерева
6. Якщо ділянка неоднорідна, практично коректно брати всі дерева підряд
обмежити вибірку однаковими умовами місцезростання
брати лише крайні дерева
виключити контроль
7. Мінімальний запис для кожного керна включає дату і породу
номер ділянки
код дерева, орієнтацію, висоту відбору
тільки координати
8. Якщо kern застряг у стовбурі, типово застосувати різке зусилля
продовжити буріння
обережно вийняти і змінити точку відбору
залишити бур у дереві
9. Для дослідження впливу дороги логічніше використати одну велику ділянку
лінійний трансект від дороги
дві випадкові точки
одну контрольну ділянку
10. Дерев з сильними механічними пошкодженнями є пріоритетними
завжди інформативні
зазвичай виключають з вибірки
завжди включають
11. Для побудови локальної хронології зазвичай достатньо
3–5 дерев
6–8 дерев
10–20 дерев
понад 50 дерев
12. Зменшити шкоду дереву дозволяє глибший kern
мінімальна кількість кернів
відбір через серцевину
часті повтори
13. Найзручніша система маркування кернів ім'я дослідника
дата відбору
код ділянка–дерево–кern
номер кварталу

14. У дендроіндексації не слід змішувати дерева
різної висоти
з різних екотопів
з різним віком
різної товщини
15. Фон у міських дослідженнях шукають
біля промислових зон
у зелених зонах з мінімальним навантаженням
у центрі міста
поблизу автошляхів
16. Для аналізу посухи доцільно фіксувати
товщину кори
кількість шишок
умови зволоження ґрунту
колір деревини
17. Для уникнення впливу сторін світу керни беруть
з півдня
з півночі
стандартизовано або парно з протилежних боків
довільно
18. При нахилі стовбура керн краще брати
з боку нахилу
перпендикулярно осі нахилу
лише зверху
лише знизу
19. Типова практична мета дослідження
опис росту дерев
оцінка зміни росту до/після впливу
аналіз анатомії
класифікація порід
20. Найчастіша помилка дизайну
надмірна точність
зайва кількість даних
відсутність контрольної ділянки
надлишок зразків

ВАРІАНТ В (практично орієнтований)

Тип 1. Польовий відбір і дизайн вибірки (1–20)

1. Для виявлення локального антропогенного впливу найважливіше мати велику кількість порід
одну детально вивчену ділянку
порівняння “вплив–контроль”
одне дуже старе дерево

2. У практичній вибірці небажано використовувати дерева середнього віку
сильно пригнічені конкурентами
з типовою кроною
без механічних ушкоджень
3. Висота 1,3 м застосовується тому, що вона менш травматична
зручна для буріння
є міжнародним стандартом
відповідає рівню фотосинтезу
4. Для максимального сигналу клімату вибирають дерева на глибоких ґрунтах
у зрошуваних умовах
у стресових місцезростаннях
поблизу водойм
5. Контрольна ділянка повинна мати інший вік дерев
іншу експозицію
максимально схожі умови без чинника впливу
інший тип ґрунту
6. Якщо ділянка різнорідна, коректніше брати всі дерева
обмежити вибірку однорідними умовами
виключити контроль
збільшити кількість кернів
7. Обов'язковий елемент польового опису
висота дерева
форма крони
орієнтація керна і код дерева
товщина кори
8. При складному бурінні доцільно збільшити силу
бурити до кінця
припинити і змінити позицію
ламати бур
9. Для оцінки транспортного впливу ефективніше порівнювати різні породи
аналізувати градієнт від джерела
брати одну контрольну точку
аналізувати лише парк
10. Дерев з дуплами зазвичай є найінформативнішими
показують клімат краще
виключаються з вибірки
є обов'язковими

11. Типова кількість дерев для ділянки
4–6
7–9
10–20
40–50
12. Мінімальна інвазивність означає
більше кернів
глибше буріння
менше втручання при достатній інформації
відбір через серцевину
13. Найнадійніше маркування кернів
назва породи
дата
унікальний код ділянка–дерево–кern
номер зошита
14. Для чистоти аналізу не змішують дерева
різної товщини
різної висоти
з різних екологічних умов
різного віку
15. Контроль у місті доцільно розміщувати
поряд з дорогою
у промисловій зоні
у відносно недоторканих зелених зонах
біля житлових будинків
16. При дослідженні посух додатково фіксують
діаметр листків
грунтові та рельєфні умови
кількість насіння
колір кори
17. Для зменшення впливу експозиції керни
беруть довільно
лише з півдня
беруть стандартизовано
беруть з кори
18. Якщо стовбур нахилений, правильніше
бурити знизу
бурити зверху
брати kern поперек осі росту
бурити вздовж нахилу
19. Прикладна мета дослідження зазвичай
описова
анатомічна
оцінювальна у часі
класифікаційна

20. Найбільш критична помилка дизайну
зайві дані
низька точність
відсутність порівняльної основи
велика вибірка

Навчальний посібник

АВТОРИ:

ЛЕВЧЕНКО Валерій Борисович, кандидат с.-г. наук, доцент;
ШУЛЬГА Ігор Володимирович, кандидат с.-г. наук, доцент;
ТРОФИМЕНКО Петро Іванович, доктор с.-г. наук, доцент;
РОМАНЮК Алла Андріївна, спеціаліст вищої категорії,
викладач-методист, Заслужений працівник освіти України;
КОЛЯДА Андрій Миколайович, кандидат педагогічних наук, доцент
МАЧУЛЬСЬКИЙ Григорій Миколайович, кандидат с.-г. наук, доцент.
ТКАЧЕНКО Марина Володимирівна, старший дослідник.

ДЕНДРОІНДЕКАЦІЯ З ОСНОВАМИ БІОМЕТРІЇ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

*Навчальний посібник для здобувачів освіти спеціальності
Н1 «Агрономія», Н4 «Лісове господарство», освітньо-професійного
ступеня передвищої освіти (фаховий молодший бакалавр),
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, другого (магістерського)
рівня вищої освіти.
за ред. кандидата с.-г. наук, доцента В. Б. Левченко*

Надруковано з оригінал-макета авторів

Підписано до друку 04.04.10. Формат 60x90/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнографічний.
Ум. друк. арк. 15.0. Обл. вид. арк. 10.5. Наклад 100. Зам. 74.

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка
м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 40
Свідоцтво про державну реєстрацію:
серія ЖТ №10 від 07.12.04 р.
електронна пошта (E-mail): zu@zu.edu.ua