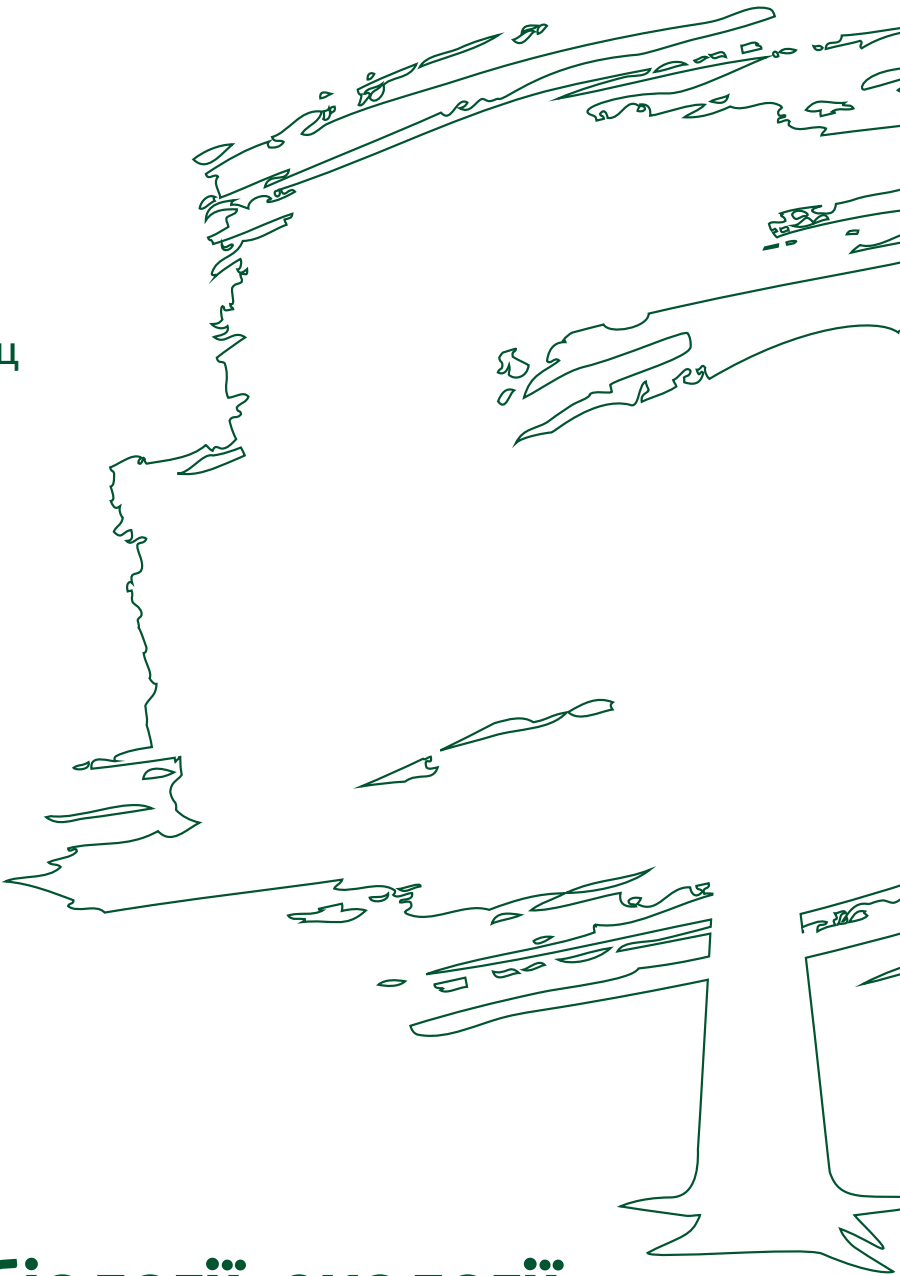




**TREE
ASSESSOR**

Основи біології, екології та біомеханіки дерев

Посібник для інспекторів стану дерев та арбористів



Пйотр
Тишко-Хмеловец

**TREE
ASSESSOR**

Основи біології, екології та біомеханіки дерев

Посібник для інспекторів стану дерев та арбористів

Переклад з англійської О.В. Вакаренко та П. Тишко-Хмеловца

Чернівці • Друк Арт • 2023



УДК 581+581.522.5+58+630*245(072)

T47

Перекладено за виданням: Tyszko-Chmielowiec Piotr. Elementary tree biology, ecology and biomechanics. A manual for Tree Assessors and Arborists / P. Tyszko-Chmielowiec — Wrocław: Instytut Drzewa, 2021. — 58 p.

Переклад і друк співфінансовано Польсько-Американським Фондом Свободи в рамках програми RITA — «Зміни в регіоні», яку реалізує Фонд «Освіта для демократії». Проєкт RITA-2023-06 «Міжсекторне партнерство задля зеленої відбудови та перебудови міст України».

Оригінальне видання створено за фінансової підтримки Європейської Комісії в рамках програми Еразмус+, в рамках проєкту 2019-1-PL01-KA202-065670 «Партнерство для розробки навчальних стандартів для інспекторів стану дерев у Центральній та Східній Європі».

Підтримка Європейської Комісії у створенні цієї публікації не означає схвалення її змісту, який відображає лише погляди авторів, і Комісія не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.

Тишко-Хмеловец Пйотр

T47

Основи біології, екології та біомеханіки дерев. Посібник для інспекторів стану дерев та арбористів / П. Тишко-Хмеловец. — Чернівці: Друк Арт, 2023. — 56 с.

ISBN 978-617-8129-50-7

Посібник присвячений основам теоретичних знань про життя та функціонування дерев, їхню анатомію та зв'язки з оточуючим середовищем. Описані сучасні світові теорії щодо реакцій дерев на зовнішні фактори, особливості зростання дерев в міських умовах та підходи у догляді за ними.

Для інспекторів стану дерев, арбористів, студентів та всіх, кого цікавлять дерева та догляд за ними.

УДК 581+581.522.5+58+630*245(072)

ISBN 978-617-8129-50-7

© Instytut Drzewa sp. z o.o., 2021

© Instytut Drzewa sp. z o.o., 2023



Creative Commons License: Із зазначенням авторства — Некомерційна — Без похідних творів (CC BY-NC-ND 4.0)



Зміст

ВСТУП	5
I. ЩО ОЗНАЧАЄ БУТИ ДЕРЕВОМ?	7
II. СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ ДЕРЕВА	11
1. Як працює дерево?	11
2. Анатомія дерева	17
3. Як росте дерево?	21
4. Як дерево реагує на пошкодження та вплив навколишнього середовища?	24
5. Основи архітекτονіки та біомеханіки дерева	31
6. Грибне ураження vs стійкість дерева	45
III. ДЕРЕВА ЯК СОЦІАЛЬНІ ІСТОТИ	49
1. Як дерева пов'язані між собою?	49
2. Як дерева обробляють ґрунт, в якому вони ростуть?	51
3. Міські дерева — нелегке життя	53
ЛІТЕРАТУРА	55



Вступ

Цей посібник призначений для студентів, які вивчають оцінку дерев та арбористику, а також для фахівців, які прагнуть поглибити свої знання про дерева. За останню чверть століття наука про дерева досягла значного прогресу, хоча вона й досі відстає від знань про хребетних тварин (що не дивно, адже *Homo sapiens* — одна з них). Нові наукові факти про рослини, зокрема і про дерева, просочуються не лише до професіоналів, але й до широкої громадськості. Петер Воллебен, німецький письменник і лісівник («Таємне життя дерев» та інші книги, 2016, 2019), один із перших зобразив дерева як істот, які багато в чому подібні до нас. Це допомогло йому достукатися не лише до розуму, але й до сердець читачів і пробудити у багатьох бажання потоваришувати із деревами (навіть якщо деякі інтерпретації Воллебена можуть здатися дещо надуманими). Ще один популярний автор, якого варто порекомендувати, — Стефано Манкузо, фізіолог рослин, який особисто провів багато експериментів, і описав їх у книжці «Дивовижний зелений:

неймовірна історія та наука про рослинний інтелект» (він називає свою галузь «нейробіологія рослин», пояснення див. нижче). Я також високо ціную книгу «На славу рослині» (2002), написану понад два десятиліття тому професором Франсісом Алле, експертом із тропічних лісів (французька назва «*Éloge de la Plante, pour une Nouvelle Biologie*»). Алле пояснює природу рослин, протиставляючи їх тваринам. Звичайно, не можна не згадати Алекса Шайго, американського лісівника та вченого, якого варто сміливо назвати Коперником арбористики (обґрунтування цього судження див. нижче).

Я унікав посилань на спеціалізовані наукові журнали, які не є легкодоступними і не завжди зрозумілими для непідготовленого читача. Популярні джерела, зокрема з мережі «Інтернет», — перевірені та прокоментовані, якщо це було необхідно. У разі пошуку в інтернеті, потрібно бути критичним і шукати джерела, які підтримуються відомими вченими та науковими установами.

Текст складається із трьох частин, відмінних за стилем. У першій частині я намагаюся суб'єктивно пояснити «Що означає бути деревом?». У другій частині систематично розглядаю «Структуру та функції дерева», зосереджуючись на тих аспектах, які пов'язані з темою інспекції стану дерев та догляду за ними. Третя частина також суб'єктивна — я розглядаю «Дерева як соціальні істоти». Визнаю, що деякі з моїх висновків і узагальнень не знайшли (поки що) підтвердження в достовірних відомостях, однак вони можуть бути виведені із загальних знань і спостережень практиків.

Висловлюю подяку рецензентам проекту. Професорка Уршула Зайончковська із Варшавського університету природничих наук допомогла виправити деякі помилки і мобілізувала мене на те, щоб надати тексту чіткішої дисциплінованої структури. Ми досі не дійшли згоди щодо того, чи повинен фаховий посібник містити загальні коментарі про природу дерев, які виходять за межі науки, що ґрунтується на достовірних даних. Я дуже вдячний докторці Беаті Пахновській та Юлії Кончак за глибокі коментарі до польської версії та Джону Паркеру за уважну перевірку англійської версії.

Пйотр Тишко-Хмеловец, Ph.D (кандидат наук)

Фото Аркадіуша Вежби



I.

*Що означає бути деревом?***Дерева схожі на нас? Чи зовсім інші?**

А може, і те, і інше? У першому розділі я спробую осягнути природу дерев, наводячи подібності та відмінності, де це доречно. Такий підхід допомагає нам проілюструвати аспекти, які пов'язані з оцінкою дерев та догляду за ними.

За часів Аристотеля, люди схильні вважати рослини нижчими формами життя (Mancuso і Viola 2017). Ми не бачимо, як вони спілкуються, не помічаємо органів руху та чуття. Хіба тварини, на вершині яких стоїть людина, не є досконалішими, з їхніми здібностями рухатися, спілкуватися, співпрацювати, вести соціальне життя? А потім з'являється першооснова еволюції: центральна нервова система — рослини не мають мозку. Окрім цього, тварини, до яких ми належимо, викликають у нас почуття спорідненості та солідарності легше, ніж рослини, які настільки відмінні, настільки різні і настільки складні для розуміння.

Однак рослини не є чимось на кшталт молодших родичів тварин. Вони існують на Землі довше, ніж тварини. Без фотосинтезу не була б створена атмосфера, що робить планету придатною для життя. Як підтверджують останні

дослідження, рослини функціонально так само досконалі, як і ми. Вони мають широку палітру відчуттів і ведуть складне соціальне життя (Mancuso 2017, Wohlleben 2016). Найдавніші дерева жили на Землі 380 мільйонів років тому. Навряд чи можливо, щоб організми, які є філогенетично настільки давніми (і продовжують процвітати сьогодні), могли бути «неповноцінними». Адже дерева чудово пристосовані до прикріпленого способу життя — такого відмінного від нашої рухливості.

Дерева — особливі рослини через їхнє довголіття та величезні розміри. Більшість видів живуть від кількох десятиліть до кількох століть і можуть виростати до кількох десятків метрів заввишки. Рекордсмени виростають понад 100 метрів і живуть тисячі років. Найстарішими деревами, що зберегли свою первісну форму, є остисті сосни, які ростуть у Білих горах на південному заході США. Однак, якщо брати до уваги дерева, які відновилися вегетативним шляхом, то рекордсменом є гай тремтячої осики у Скелястих горах. Відтоді, як проросло перше дерево, минуло близько 80 тисяч років¹. Протягом цього часу осики (*Populus tremuloides*) проростали з коріння

¹ [https://en.wikipedia.org/wiki/Pando_\(tree\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pando_(tree)), 10.05.2021

старих дерев, росли, дозрівали, «народжували» нових вегетативних нащадків, а потім відмирили. Цей гай, а може й одне дерево, займає 43 га і важить 6 600 тонн, що в 33 рази перевищує масу найбільшої тварини — синього кита (Вікіпедія: Pando (дерево)). У цій грі найстарішим деревом Європи є норвезька ялина на ім'я Старий Тікко², що росте у Швеції і відновлюється вегетативно з кінця Льодовикового періоду — тобто 11 тисяч років, хоча дендрологи і надалі сперечаються про її вік (Wohlleben 2019, Вікіпедія: Старий Тікко). Зрозуміло, що темп їхнього життя набагато повільніший за наш і чітко відповідає ритму пір року (там, де відбувається зміна).

Досягнення таких розмірів стало можливим завдяки прикріпленому способу життя, який, впливає з автотрофності.

Їжею для дерев є сонячне світло, вуглекислий газ і вода. Оскільки перші два фактори є повсюдними, дерева ростуть скрізь, де є рідка вода, принаймні частину року. Для максимального поглинання світла дереву потрібна якомога більша площа листя, бажано на високому стовбурі, вищому за сусідів-конкурентів. Для ефективного поглинання води потрібна розгалужена коренева система. Чи можемо ми собі уявити, що потрібно пускати коріння щодня на новому місці? Це важко навіть для людини (не в буквальному сенсі, звичайно). Прикріплений спосіб життя має багато наслідків, наприклад, він унеможливає втечу від хижаків (ми називаємо їх травоядними — ще одне зооцентричне упередження).

Цю проблему вирішують переважно двома способами. По-перше, дерево **виробляє речовини, які відлякують споживачів листя чи кори**. Якщо вони не присутні в тканинах постійно, дерево починає їх виробляти, коли відчуває напад або коли інші дерева сповіщають його про неминучу небезпеку повітрям, кореневими паростками чи мікоризною мережею. Останню мережу канадська дослідниця Сюзанна Сімард назвала вселісовою деревною павутиною (wood-wide-web WWW, див. частину III). У мережі «Інтернет» є багато цікавих матеріалів, зокрема лекції Сюзанни Сімард на TED і стисле інтерв'ю з нею (Simard and Toomey 2016). Сюзанна Сімард описала нещодавно своє життя і дослідницьку працю у книжці "Finding the Mother Tree" (Simard 2021).

По-друге, **дерева розвинули значну (але не безмежну) толерантність до втрати частин свого тіла**. Чемпіонами в цьому спорті є трави, які ховають свої відновлювальні частини в ґрунті поза межами досяжності травоядних тварин. Дерева також навчилися переносити пошкодження завдяки **колоніальній структурі** — тобто вони складаються із частково незалежних модулів. Після втрати частини (гілки або кореня), тіло, що залишилося, може продовжувати виконувати всі функції. Тварини демонструють унітарну структуру, тобто кожен орган виконує свою функцію і є практично незамінним. Ще однією адаптацією дерев до пошкоджень є наявність гнучких енергетичних резервів.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Old_Tjikko, 10.05.2021

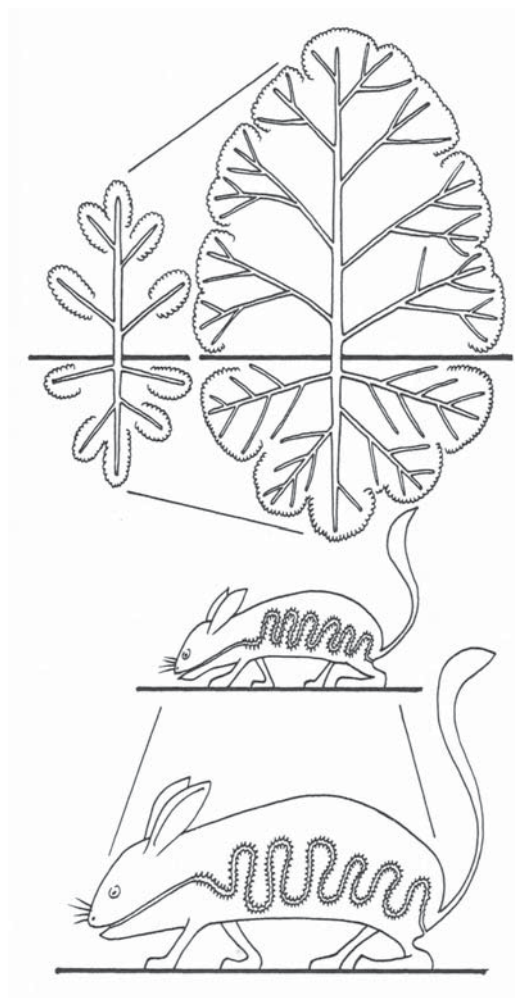


Рис. 1. Малюнок Френсіса Алле (2002) демонструє модульність росту дерев на противагу унітарності росту тварин. Він також вказує на те, що поверхні, які поглинають їжу, у більшості тварин заховані всередині їхніх тіл, тоді як у дерев та інших рослин виходять назовні. Це впливає з того очевидного факту, що рослини занурені в свою їжу — сонячне світло і вуглекислий газ.

Вони забезпечують можливість відновлювати втрачені через травоядних тварин чи вітер частини тіла та загоювати рани. Ці запаси аж ніяк не безмежні, і у дерев, що ростуть у несприятливих умовах або зазнають інших стресів (як у міських дерев), вони виснажуються.

Модульність / колоніальність / сегментарність проявляється протягом усього онтогенезу (розвитку особини) дерева (рис. 1.). Якщо людина народжується як мініатюра дорослої людини, то дерево, що проростає, виражає певну схему росту, яка потім повторюється протягом десятиліть,

століть, можливо, тисячоліть життя дерева. Людина росте всім тілом, кожен орган збільшується у розмірах. У дерев ріст відбувається лише у спеціалізованих тканинах — меристемах. Вони розташовані на кінчиках пагонів і коренів (подовження) та у вигляді циліндра під корою пагонів і коренів (бічний приріст). Саме тому гак, який дідусь вбивав у стовбур вишні, щоб повісити гамак, залишається на тій самій висоті, навіть якщо він заріс деревиною.

Розмноження дерев може відбуватися як генеративним, так і вегетативним шляхом. Деякі особини є однодомними, тобто

на одному дереві утворюються чоловічі та жіночі квітки (як у бука або берези), інші — дводомними, тобто особини є або чоловічими, або жіночими (як у тополі, тиса, гінкго). Деякі види, наприклад, ясен звичайний, можуть ставати однодомними або дводомними, і навіть здатні змінювати стать протягом життя. Запилення здійснюється або вітром (наприклад, сосни, тополі), або тваринами (наприклад, верби, яблуні).

Особливу здатність до вегетативного розмноження мають тополі та верби. Наприклад, перші можуть створювати цілі

гаї з кореневих паростків, а другі — пускати коріння зі зламаних гілок і вирощувати з них нові особини. Верби, не будучи стійкими до ураження дереворуйнівними грибами, часто втрачають свої гілки та стовбури через пошкодження вітром (рис. 2, 3). Не збентежені втратою, вони рясно проростають із пошкоджених частин і продовжують рости як природні поларди. Деякі зламані гілки, що лежать на землі, можуть навіть пускати коріння, даючи початок новому дереву. Така здатність допомагає деяким деревам стати практично безсмертними (див. також розділ III.2).

Рис. 2 і 3. Природно сформовані верби (природні поларди): після того, як трухлявий стовбур впав, роль втраченої крони перебрали на себе додаткові гілки. (PTCh)



II.

Структура та функції дерева

1. ЯК ПРАЦЮЄ ДЕРЕВО?

КРОНА І ЛИСТЯ

Крона дерева — це цукрова «фабрика», що складається із незліченної кількості листків — біореакторів, які перетворюють енергію сонячного світла в енергію хімічних зв'язків (рис. 4.). У процесі фотосинтезу молекули глюкози утворюються із вуглекислого газу з повітря і води з ґрунту (через коріння, див. також Вставку 1. «Продукти фотосинтезу»). Кисень, що міститься у воді, виділяється в повітря як побічний продукт фотосинтезу.

Листок наземної рослини захищений від надмірної втрати води епідермісом (щільним шаром клітин). Нижній бік листка всіяний невеликими отворами, так званими продихами, які забезпечують газообмін. Продих може відкриватися і закриватися, коли це необхідно завдяки дії оточуючих клітин. Вночі та під час водного стресу,

наприклад, у спекотний день, продихи залишаються закритими. Наземні рослини ростуть переважно вночі, коли закриті продихи дозволяють створювати достатній тиск у молодих зелених тканинах.

Внутрішня частина типового листка заповнена клітинами, що містять хлорофіл— зелений пігмент, який вловлює енергію сонячного світла для асиміляції вуглекислого газу. Вони розташовані щільно, щоб забезпечити хороший контакт із повітрям яке проникає до листя, що сприяє ефективному газообміну через клітинні мембрани. Вуглекислий газ дифундує всередину клітини, тоді як кисень і водяна пара виходять назовні (див. вставку «Роль води в житті дерева»). Вночі, коли рослина отримує енергію лише завдяки процесу дихання, ці напрямки змінюються на протилежні.

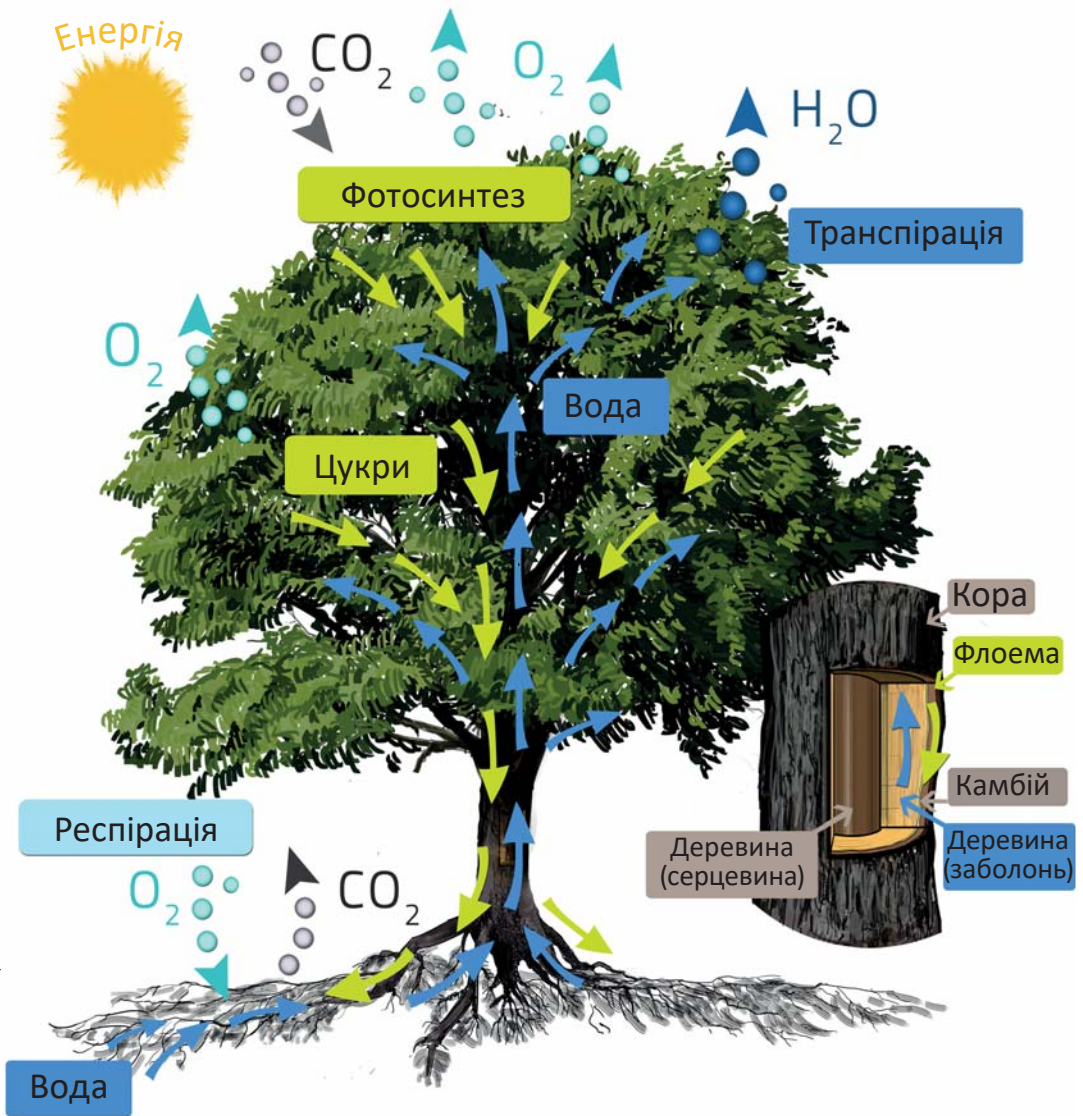


Рис. 4. Рух води, енергії та елементів у дереві. Малюнок Якуба Юзефчука

Вставка 1.

ПРОДУКТИ ФОТОСИНТЕЗУ

Молекули глюкози використовуються рослиною для побудови всіх інших необхідних сполук, зокрема:

ЦУКРИ

доставляють енергію до інших частин рослини, зокрема сахароза (використовується людиною для підсолоджування кави та чаю);

ПОЛІСАХАРИДИ

зберігають енергію в стовбурі, гілках, корінні та насінні, наприклад крохмаль;

СТРУКТУРНІ ПОЛІСАХАРИДИ

целюлоза та геміцелюлоза, які зміцнюють клітинні стінки;

ЛІГНІН

служить для заповнення здерев'янілих клітинних стінок у деревині;

ЛІПІДИ (ЖИРИ) ТА БІЛКИ

будівельний матеріал клітинних мембран і внутрішньоклітинних структур;

ЕНЗИМИ

білки, які забезпечують клітинний метаболізм

ЗАПАСИ ЕНЕРГІЇ В НАСІННІ

цукри, полісахариди, білки або жири

РЕЧОВИНИ, ЩО НЕСУТЬ ІНФОРМАЦІЮ

для забезпечення комунікації рослини всередині її організму та з іншими особинами — гормони та феромони

ЗАХИСНІ РЕЧОВИНИ

включаючи фенольні сполуки та смоли, що слугують для контролю поширення гниття, спричиненого грибами;

ГЛЮКОЗА, САХАРОЗА ТА КРОХМАЛЬ

коротко позначаються терміном «асиміляти»

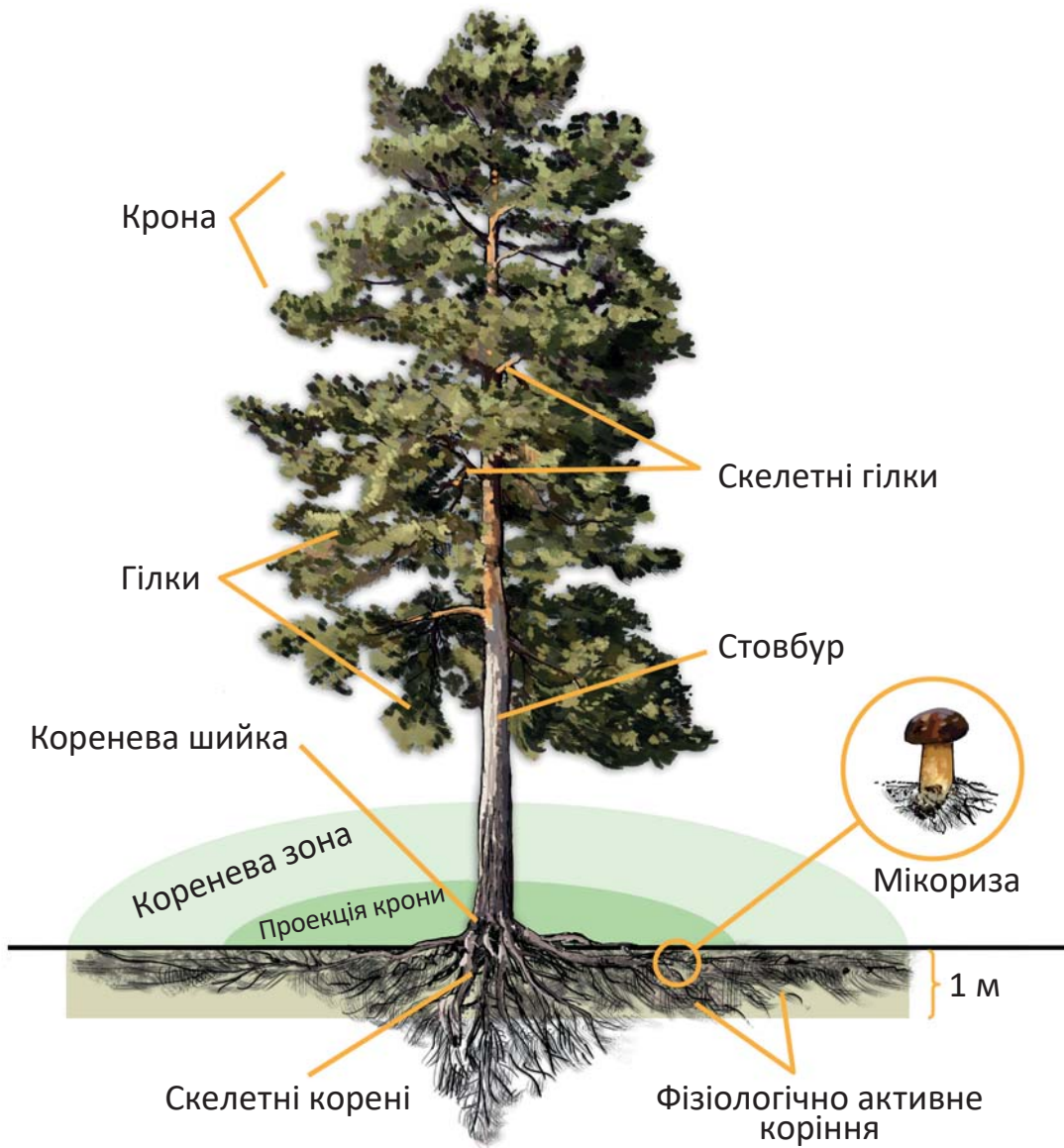


Рис. 5. Частини дерева в навколишньому середовищі.
Малюнок Якуба Юзефчука

СТОВБУР

Стовбур підтримує крону і забезпечує хорошу позицію в боротьбі за світло. Важливо, що він є трубопроводом, який постачає воду від коренів до листя і продукти фотосинтезу від листя до коренів. Ці потоки також несуть із собою гормони та біоелектричні імпульси, які забезпечують зв'язок між частинами дерева та координацію росту.

КОРЕНІ ТА МІКОРИЗА

Корені закріплюють дерево в ґрунті та забезпечують водою його крону (Вставка 2). Корені живляться продуктами фотосинтезу, які утворюються в листках і переробляються в коренях за допомогою респірації, використовуючи кисень з ґрунтового повітря. Корені зазвичай займають неглибокі шари ґрунту і основна їх маса зосереджена на глибині кількох десятків сантиметрів (рис. 5). Саме в цьому шарі легше отримати доступ до повітря та води, що випадає у вигляді опадів. Ґрунтове повітря містить кисень і нітроген, останній засвоюється деревами завдяки бактеріям, з якими вони перебувають у симбіозі (наприклад, вільхою та робінією). Деякі дерева відрощують глибше коріння, що сягає рівня ґрунтових вод. Форма кореневої системи залежить від ґрунтових умов, видових та індивідуальних особливостей. Центральний корінь, якщо він є, згодом зникає, коли дерево досягає зрілості (див. нижче). У вільно зростаючого дерева коренева система в кілька разів перевищує радіус крони. У міських дерев форма кореневої системи непередбачувана через неоднорідність ґрунту та велику кількість перешкод.

МІКОРИЗА ТА ҐРУНТОВІ МІКРООРГАНІЗМИ

Тонкі корені вбирають воду через кореневі волоски, дрібні та недовговічні структури, що виступають недалеко від кінчика. Тонкі корені постійно ростуть і відмирають. Для покращення водопостачання дерева та інші рослини використовують мікоризні гриби. **Мікориза** покращує ефективність поглинання води та поживних речовин, оскільки гіфи грибів набагато тонші, ніж найтонші корені, і можуть проникати в набагато менші пори ґрунту. Гіфи оточують і проникають у тонкі корені, забезпечуючи ефективніший зв'язок. Окрім забезпечення водою з розчиненими мінералами, мікоризні гриби слугують деревам інформаційною та поширювальною мережею. Через підземну мережу коренів і грибкових гіфів фотосинтетичні речовини і молекули, що несуть інформацію, передаються іншим деревам, зокрема нащадкам (див. нижче).

Одне дерево може мати кілька мікоризних партнерів одночасно, а старі альянси можуть розпадатися, створюючи нові. Було виявлено, що і дерева, і гриби торгуються зі своїми партнерами за кращу угоду. Послуги мікоризи не є безкоштовними: близько 20—30 % всієї фотосинтетичної продукції дерева виділяється грибним партнерам та іншим ґрунтовим мікроорганізмам. Дерево підтримує також ґрунтові бактерії, які відіграють вирішальну роль у вивітрюванні мінералів та вивільненні біогенів.



Вставка 2.

РОЛЬ ВОДИ В ЖИТТІ ДЕРЕВА

Вона багатогранна і не обмежується тим, що є субстратом для фотосинтезу.

Вода є **середовищем, що транспортує розчинені поживні речовини** — елементи, необхідні для підтримки метаболізму і синтезу різноманітних сполук, такі як азот, калій, фосфор, кальцій, сірка і магній — останній є ключовим компонентом хлорофілу.

Вода слугує **охолоджувачем**, оскільки вона проникає через продихи і випаровується із поверхні епідермісу листя, поглинаючи тепло. Це дає дереву охолоджуючу силу кількох великих кондиціонерів, хоча дерева не переміщують тепло з одного місця в інше, як це роблять кондиціонери. Вони перетворюють його на енергію, яка живить кругообіг води в атмосфері і повертається назад у вигляді опадів.

Вода є **будівельним матеріалом** для рослин: перебуваючи під тиском, вона дозволяє утримувати форму і забезпечує ріст нездерев'янілим органам, а саме: листю, кінчикам пагонів і коренів. Зелені частини рослин ростуть переважно вночі, коли продихи закриті і рослина здатна створювати достатній тиск для розширення клітин.

Інтенсивну втрату води при транспірації можна розглядати як ціну отримання вуглекислого газу. Для поглинання вуглекислого газу продихи повинні бути відкритими, щоб забезпечити контакт повітря з фотосинтезуючими клітинами у внутрішній частині листка. Тим часом вода випаровується з їхньої поверхні і проникає крізь продихи. Це впливає на тургор (тиск) листка. Якщо втрата води перевищує її надходження з коренів, — продихи закриваються і транспірація припиняється, але фотосинтез також припиняється через нестачу вуглекислого газу.

2. АНАТОМІЯ ДЕРЕВА

На малюнку нижче (рис. 6) представлено поперечний переріз стовбура дерева або гілки:

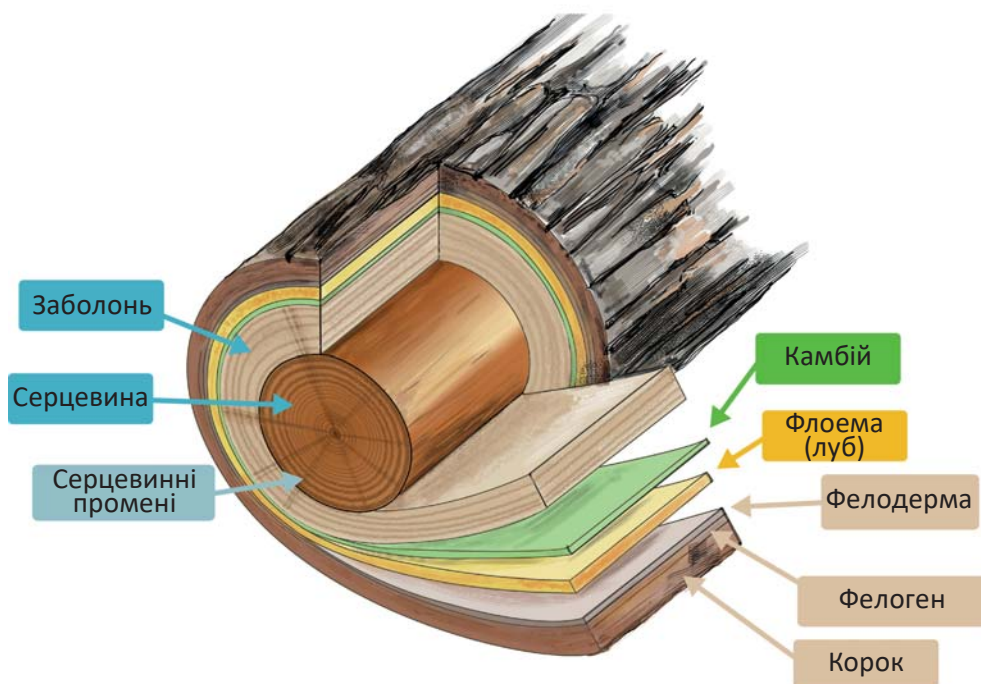
КОРА

Найочевидніша роль кори — захищати стовбур, гілки та коріння. Корок — верхній шар кори, що складається з неживих клітин і практично непроникний для води та повітря. Розташована під ним меристема — фелоген або корковий камбій, який щороку утворює новий шар клітин — корок ззовні і фелодерму всередині. Корок, фелоген і фелодерма утворюють перидерму, тоді як перидерма і флоема (див. нижче)

утворюють кору, як її визначають ботаніки. У загальному вжитку термін «кора» може бути звужений до «перидерми».

У міру потовщення стовбура зовнішні, старіші шари кори (що утворилися, коли стовбур був тоншим) повинні або розтягуватися, або розтріскуватися, або відшаровуватися. У бука тонка кора розтягується, вкриваючи стовбур гладеньким сріблястим нальотом. У дуба та верби стара кора тріскається і залишається у вигляді гребенів. У явора та платана стара кора скидається меншими або більшими лусками, відкриваючи яскравішу молодшу кору.

Рис 6. Поперечний переріз стовбура або гілки.
Малюнок Якуба Юзефчука



У видів, що утворюють тріщини, яскравішу молоду кору можна побачити між гребенями в місцях інтенсивного росту. Це є ознакою гарного стану дерева і вказує на те, які частини зазнають активного росту.

ФЛОЕМА (ЛУБ)

Спрямовує продукти фотосинтезу від листя до стовбура і далі до коренів. Цей потік може бути зворотним, коли поживні речовини транспортуються до бруньок із зимових запасів у стовбурі. Поперечний напрямок застосовується, коли продукти фотосинтезу переміщуються до камбію, променів і фелогену. Основним компонентом флоєми є ситоподібні трубки — живі клітини, розташовані одна на одній і з'єднані між собою смужками цитоплазми через пори в поперечних стінках (звідси і назва). Старі трубки руйнуються, а нові утворюються із камбію, тому старі клітини не накопичуються, як наприклад, із деревиною. Інші види клітин, які тут спостерігаються — це паренхіма та волокна. Останні зробили луб улюбленим матеріалом у традиційних ремеслах для виготовлення мішків, взуття та інших виробів.

КАМБІЙ (СУДИННИЙ КАМБІЙ)

Це меристема, яка утворює клітини флоєми на зовнішній стороні та клітини деревини на внутрішній стороні стовбура. Це найтендітніша тканина внутрішньої частини стебла або гілки. Камбій особливо вразливий навесні та влітку, коли він найбільш активний — утворює нові шари деревини та лубу. При пошкодженні він утворює тканину, що покриває рану — калюс.

КАЛЮС

Це недиференційована меристема, що утворюється з камбіальних або паренхіматозних клітин рани. Калюсні клітини неспеціалізовані та неорганізовані. Вони

можуть перетворюватися на будь-яку тканину, залежно від потреб та умов навколишнього середовища. Наприклад, при відшаруванні кори зі стовбура калюс утворюється з камбію і серцевинних променів, а згодом він генерує камбіальні клітини для відновлення флоєми і кори. У пораненому корені темне і вологе ґрунтове середовище сприяє утворенню регенеративних коренів. Іноді калюс утворює коріння в тріщині розвилки — там, де пил, органічні частинки і дощова вода створюють умови, подібні до ґрунту.

Завдяки диференціації калюсу дерева здатні покривати рани новими тканинами. Однак пошкоджені тканини, не загоюються як у тварин, вони ізолюються (відокремлюються), і над ними виростають нові тканини.

ДЕРЕВИНА (КСИЛЕМА)

Складається переважно з неживих клітин, функція яких транспортувати воду від коренів до листків (поки вони молоді). У хвойних (і деяких широколистяних) цю функцію виконують трахеїди; а у широколистяних — судини. У зоні помірного клімату деревина утворюється з судинного камбію в річному циклі: навесні клітини, як правило, товстіші, оскільки їхнє основне призначення — ефективно перекачувати воду (рання деревина). Судини і трахеїди, що виростають влітку, мають менший просвіт, товстіші стінки і виконують переважно будівельну функцію (пізня деревина). Деревина містить також армуючі волокна і клітини паренхіми, частина яких зосереджена в серцевинних променях, що починаються у флоємі і проникають углиб деревини.

У хвойних і кільцево-судинних широколистяних дерев (дуб, ясен, робінія) ранні і пізні судинні клітини деревини зосереджені у помітних шарах — річних кільцях.

У дифузно-судинних дерев (клен, липа, тополя) судини розподілені рівномірніше, і річні кільця буває важко розрізнити. Зазвичай вода транспортується в декількох зовнішніх кільцях, тоді як старіша деревина замикається і слугує лише механічною опорою. У дубів, де судини дуже товсті (помітні неозброєним оком), рух води відбувається практично в останньому, наймолодшому кільці. У деяких видів внутрішня частина деревини (не функціональна при транспортуванні води) просякнута консервуючими речовинами. Ця частина стовбура називається **серцевиною (ядром)**. Зовнішній, фізіологічно активний шар називається **заболонню**. Створення серцевини інтерпретується як пасивний захист від грибкового розпаду, хоча існують гриби, які спеціалізуються на споживанні серцевини (наприклад, печиночниця звичайна *Fistulina hepatica* і трутовик сірчано-жовтий *Laetiporus sulphureus*). Серцевина різних видів демонструє різну

стійкість до гниття: вона може бути дуже міцною у деяких дубів і досить вразливою у ясени. Верби вважаються родом, який не утворює ядра, оскільки їхня деревина легко піддається грибковому гниттю. Термін «несправжня ядрава деревина» походить із класифікації деревини і відноситься до видів дерев, які не утворюють серцевини, наприклад до бука. Зміна кольору зазвичай є реакцією на пошкодження стовбура або відмирання гілки. Несправжня ядрава деревина може бути симптомом захисної реакції, проте вона не є ядровою деревиною у прямому розумінні.

РОСЛИННА КЛІТИНА

На відміну від тваринної, оточена клітинною стінкою. Волокна **целюлози** забезпечують армування, подібно до сталевих прутів у бетоні. Целюлозні ланцюги сплетені між собою у фібрили, подібно до дротів у багатожильному канаті. Це робить їх міцними та гнучкими.





У клітинах, що ростуть первинна клітинна стінка здатна розширюватися. Її целюлозні фібрили занурені в матрикс, що складається зі пектинів і геміцелюлози з додаванням білків. Коли клітина завершує свій ріст, вторинна клітинна стінка відкладається на внутрішній стороні первинної стінки. Вона багатша на целюлозу, а її матрикс містить додаткові компоненти, зокрема лігнін (у здерев'янілих клітинах). Такі клітинні стінки стають жорсткими, і клітина більше не може рости. Лігнін — дуже складна та міцна сполука. Вона забезпечує клітинній стінці міцність на стиск і зменшує проникність. Клітинні стінки кори просякнуті суберином, що робить їх непроникними для повітря і води, а також стійкими до впливу факторів навколишнього середовища. Розкладання лігніну в наземних екосистемах здійснюється переважно грибами, що

викликають білу гниль, такими як трутовик (*Fomes fomentarius*) або фелін (*Phellinus*). Білий колір надає целюлоза, яка залишається після видалення лігніну. Бурі гнилі, що викликані такими грибами, як трутовик сірчано-жовтий або березовий поліпор (*Fomitopsis betulina*), складаються переважно з лігніну (після розкладання целюлози). Целюлоза легше розкладається мікроорганізмами, зокрема бактеріями та найпростішими, що живуть у травному тракті жуйних тварин і термітів, ніж лігнін.

Суха деревина складається із 35—50 % целюлози, 25—30 % лігніну та 20—30 % геміцелюлози.

Деревина хвойних видів зазвичай містить більше целюлози та лігніну, ніж деревина широколистяних видів.

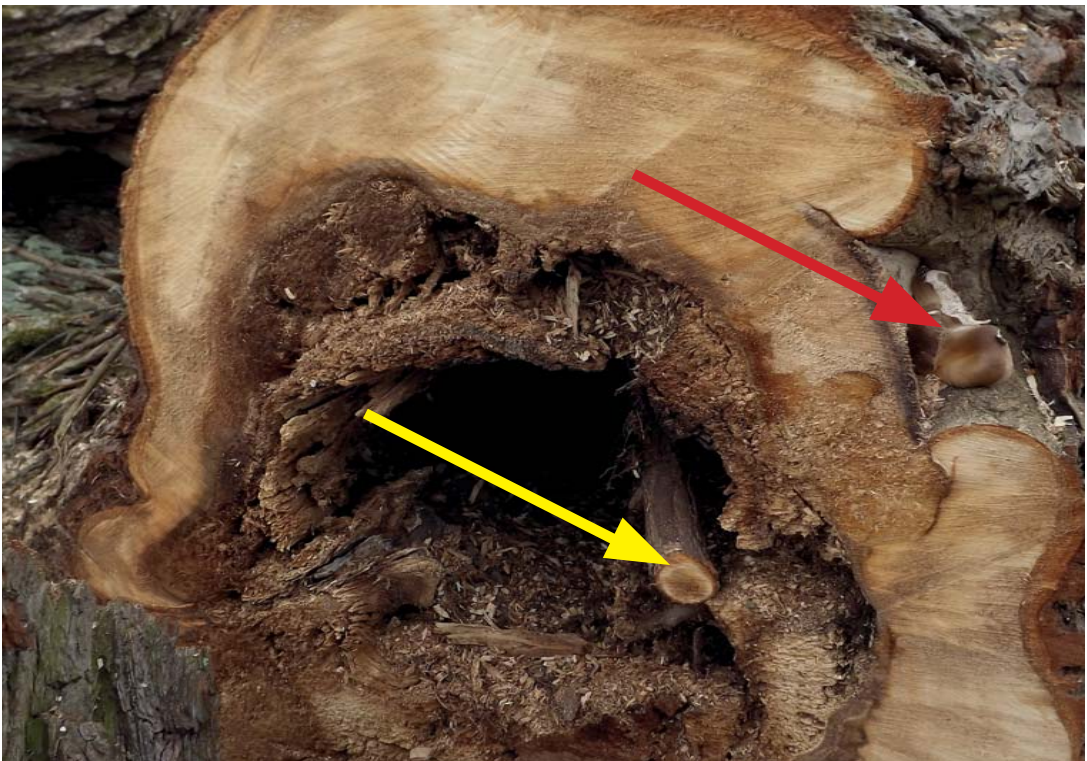
3. ЯК РОСТЕ ДЕРЕВО?

Як уже згадувалося, дерева ростуть лише в особливих генеративних тканинах — меристемах. Старі клітини замінюються новоутвореними, щоб врешті-решт зникнути або відкlastися. Листя (навіть у вічнозелених), тонкі корінці та гілочки, лусочки кори скидаються. Деякі неживі тканини, такі як деревина і кора, можуть продовжувати виконувати деякі свої функції.

Повністю функціональна деревина (заболонь) складається із неживих судинних елементів і живої паренхіми. Коли дерево росте в обхваті, відстань між найбільш внутрішніми кільцями і живильною флоемою збільшується. З часом старіші клітини

паренхіми, розсіяні серед судинної тканини, голодують і відмирають. У деяких дерев (таких як дуб, ясен, робінія, сосна) внутрішня частина стовбура просочується інгібіторами гниття — фенольними сполуками або смолами, утворюючи серцевину. Нежива деревина продовжує забезпечувати механічну підтримку, проте з часом вона часто піддається впливу грибів. Поживні речовини, які вона містить, вивільняються, поглинаються корінням і вбудовуються в нові тканини. Адвентивні корені, що ростуть всередині порожнин і безпосередньо проникають у трухляву деревину, ефективно замикаючи кругообіг поживних речовин (див. рис. 7).

Рис. 7. Поперечний зріз старої верби демонструє: живу заболонь, з частиною, заселеною грибом (вже не росте, оскільки камбій загинув; на корі видно плодове тіло), гнилу внутрішню частину стовбура та захисні бар'єри. Придатковий корінь (стрілка) поглинає поживні речовини з трухлявої деревини. (PTCh)



Щороку на дереві створюється нова мантия судинних тканин — на стовбурі, корінні та гілках. Часто вона є фізіологічно самодостатньою і використовує старі тканини лише як каркас (рис. 8). Особливо активно це відбувається, коли пошкодження стовбура спричиняє створення бар'єрної зони на внутрішній стороні нового кільця. Отже, дерево здатне локалізувати пошкодження і продовжувати свій ріст. Цілісність старої деревини всередині стовбура не є необхідною для забезпечення стійкості дерева. Форма труби добре слугує цій меті, за умови, що стінки достатньо товсті. Існують також стоячі дерева, у яких прикоренева гниль залишила лише контрфорси. Такі дерева нагадують Ейфелеву вежу, і їх стійкість залежить від стану коренів і опор. Нижче ви дізнаєтесь більше про вплив

грибів на стійкість дерев та їхні захисні механізми.

Вік старих дерев зазвичай неможливо визначити за кількістю кілець, оскільки всі ранні кільця давно зникли через гриби, бактерії, нематод, комах та інших мешканців трухлявої деревини. Також багато, якщо не всі, первинні гілки та коріння були втрачені. Тіло, яке ми бачимо, набагато молодше за всю історію дерева. Так само молодими є окремі тремтячі осики у 80-тисячолітньому гаю-дереві Пандо в Скелястих горах. Здатність переробляти власне тіло і у такий спосіб удобрювати власне середовище існування — один із механізмів довголіття, який опанували дерева. Додаткові поживні речовини надходять із фекаліями тварин, що гніздяться в дуплах і на гілках.

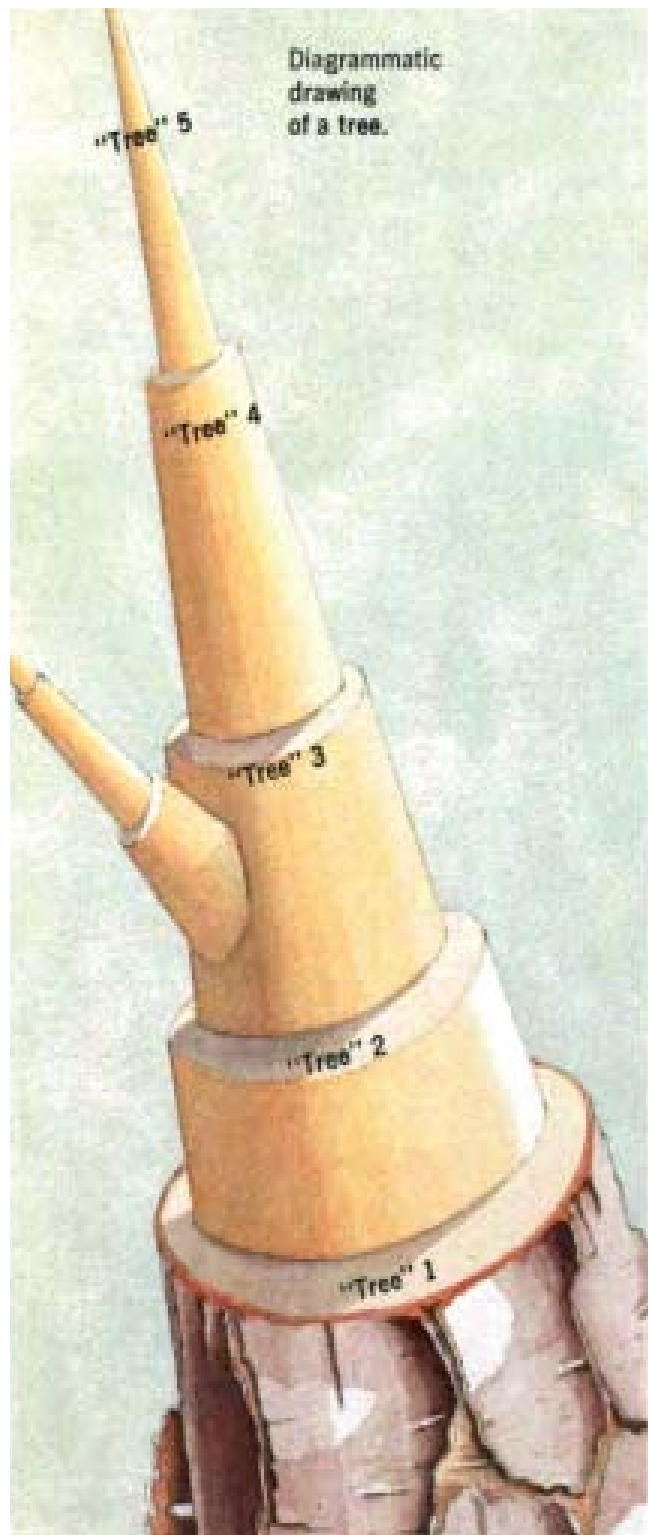


Рис. 8. Щороку на місці старого дерева виростає нове (Shigo і Marx 1977).

4. ЯК ДЕРЕВО РЕАГУЄ НА ПОШКОДЖЕННЯ ТА ВПЛИВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА?

Модульність, що спостерігається в архітектоніці дерева також виражена в його анатомії. Живі та активні тканини відокремлюються від мертвих або пошкоджених тканин. Древа створюють бар'єри, які забезпечують функціонування неушкоджених частин організму, наприклад, після механічного пошкодження або колонізації патогеном. Пошкоджені тканини «відокремлюються», завмирають і зазвичай розкладаються.

«Загоєння» рани відбувається шляхом заростання її калюсом. Коли відбувається регенерація, вона не призводить до буквального відновлення пошкоджених частин. Відновлюються втрачені функції, наприклад, зламана гілка замінюється пучком пагонів зі сплячих бруньок, пеньок може зарости корою, а відшарована кора заміщується новою.

4.1. АЛЕКС ШАЙГО ТА ВІДМЕЖУВАННЯ

Думка про те, що дерева беззахисні перед грибовою інвазією була поширена серед деревних хірургів ще понад 30 років тому (відтоді їх замінили арбористи). Це переконання

надихнуло практику догляду за деревами, аналогічну стоматологічній. Як і у випадку з хворим зубом, — зі стовбура видаляли зруйновані тканини, а внутрішні стінки відшліфували, висушували та обробляли біоцидним засобом. Як побічна шкода, знищувалися істоти, що мешкали в дуплах, зокрема й комахи-сапроксилофаги (ті, що харчуються мертвою деревиною), які зараз перебувають під охороною, наприклад, жук-пустельник. Однак ці практики базувалися на тогочасному розумінні фізіології дерев.

Революція у розумінні взаємовідносин між грибами та їхніми господарями-деревами відбувається з 1980—х років. Її започаткував американський лісівник і арборист доктор Алекс Шайго. Він вважав, що найкращим джерелом знань про дерева є самі дерева, його девіз — «торкнись дерев». Працюючи головним науковцем у Лісовій службі США у 1960—1985 роках, Шайго препарував незліченну кількість стовбурів і гілок, проводив різноманітні експерименти. На основі цих спостережень він сформулював своє бачення того, як функціонує дерево (див. список літератури).



«Люди повинні знати, що дерева є організмами, які створюють, а не відновлюють, як люди. Деревя виробляють власну їжу з вуглекислого газу, сонячного світла і води, тоді як люди повинні споживати їжу ззовні. Тому "їжа для дерев" — це неправильна назва. Хоча такі добавки, як добрива, надають важливі елементи, вони не є джерелом енергії. (...) Тоді як люди протягом життя незліченну кількість разів розміщують нові клітини на старих місцях, дерева продовжують розміщувати нові клітини на нових місцях. Так само дерево не гоїть ран, бо не замінює пошкоджені клітини новими»¹

Центральною концепцією бачення дерева Шайго є **CODIT – Compartmentalization of Decay in Trees** (відмежування гниття в деревах), яка пояснює механізми захисту від гниття, спричиненого грибками. Шайго виявив, що дерева не є пасивними жертвами грибків, а навпаки — здатні поставити межі гниттю, сповільнити його або й зовсім зупинити. З погляду сучасних знань, «D» означає скоріше «пошкодження» або «дефект», оскільки зараз ми вважаємо, що реакція дерева ініціюється самим пошкодженням, найчастіше декомпресією судинних елементів. У моделі CODIT дерево створює бар'єри, названі Шайго «**стінками**» (рис. 9, 10), які утримують розпад у **відсіках** і не дають йому поширитися на здорові тканини. Подібно до того, як корабель розділений на відсіки водонепроникними перегородками, щоб запобігти затопленню в разі пробойни в корпусі.



¹ shigoandtrees.com/about-alex-shigo/ (дата доступу 15.01.21).

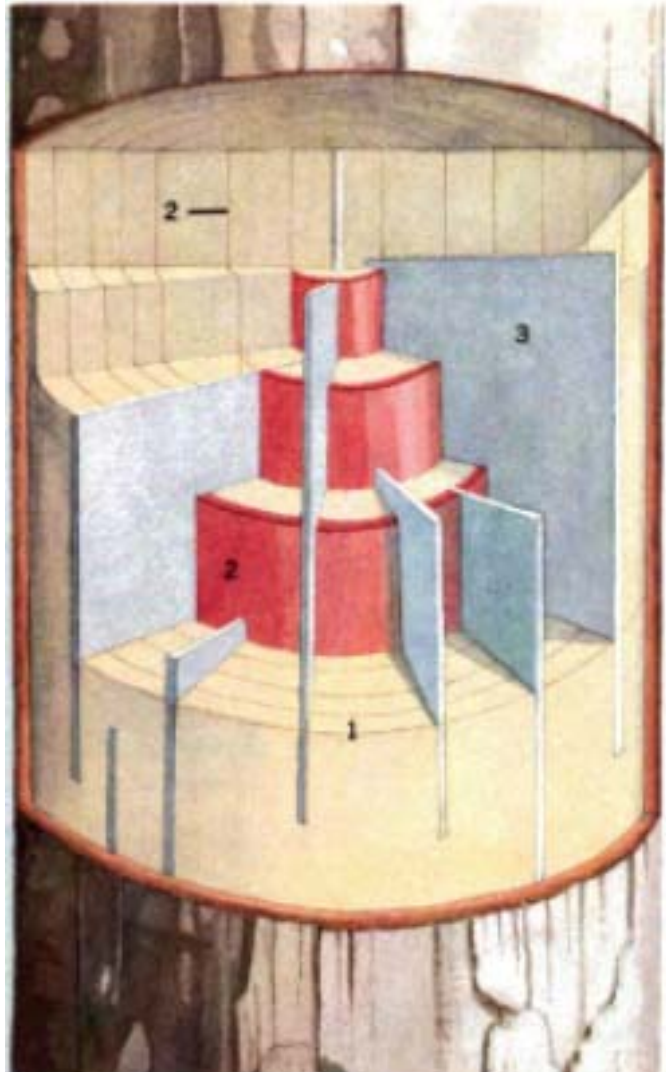


Рис. 9. Розмежувальні шари
Шайго — стінки 1, 2 і 3
(Shigo & Marx 1977)

Шайго розрізняв дві категорії «стінок». Перша — це розмежувальні шари, що утворюються через просочення клітин інгібіторами розпаду. Вони утворюються і транспортуються в паренхімі, зокрема в променях. Шайго позначив їх цифрами

1,2,3, що відображають їх розташування та функцію (рис. 9). Стінки обмежують поширення гниття вздовж стовбура (№ 1), у напрямку до серцевини — радіально (№ 2), а навколо стовбура — тангенціально (№ 3).

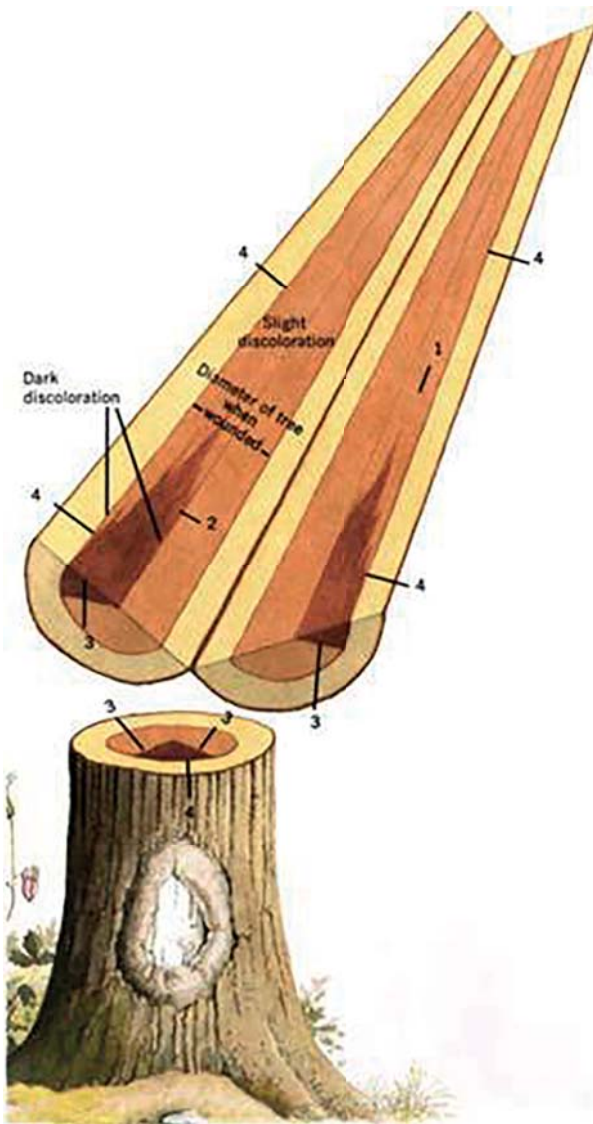


Рис. 10. Бар'єрна зона
або стінка 4 (Shigo & Marx 1977)

Друга категорія — бар'єрна зона (№ 4, рис. 10). Вона відрізняється від стінок 1—3 тим, що не тільки багата на інгібітори гниття, але й анатомічно модифікована, щоб бути герметичною. Бар'єрна зона формується в наступному вегетаційному періоді після пошкодження і відокремлює

новоутворену деревину від старіших тканин. Це найефективніший грибовий бар'єр — вся деревина, оточена бар'єрною зоною, може загнити, а деревина ззовні залишається здоровою. Далі діапазон дупла слідує за кільцем росту, де утворилася зона (рис. 11).

Для грибів найкращим середовищем є вологе — не надто сухе і не перезволожене. Надлишок води обмежує доступ до кисню, а нестача води унеможливорює їхній ріст. Саме тому пиломатеріали традиційно зберігають або висушеними, або зануреними у воду (чи збризнутими водою). Заболонь відносно стійка до гниття не лише тому, що має активну паренхіму (див. вище), а і добре підживлюється не дуже віддаленою флоемою. Гриби відлякує високий вміст води (90 %, Шайго 1986). Феномен мокрої деревини (деревина з підвищеним вмістом води) також можна інтерпретувати як механізм контролю розвитку грибів (Shigo 1986).

Вчення Шайго суперечило тогочасній практиці хірургії дерев, зокрема поширеній практиці розчищення дупел.

Під час таких операцій стінки Шайго видалялися, і ворота ставали широко відкритими для колонізації грибами незахищених тканин. Застосування фунгіцидів не могло запобігти цьому. Не дивно, що його пропозиції зустріли палкий опір індустрії хірургії дерев. Сьогодні наука підтверджує більшість його спостережень та інтуїтивних здогадок, а деякі з них отримали подальший розвиток і модифікацію. Наразі ми знаємо, що грибові інфекції деревини не можна «вилікувати», дерево може і повинно впоратися з ними самостійно. Все, що ми можемо зробити для дерева — це покращити умови його життя, інакше кажучи, його добробут. Для мене Шайго був своєрідним Коперником у арбористичі, спираючись на зібраний ним солідний багаж знань, він ставив під сумнів і змінював домінуючу парадигму.



Рис. 11. Концентричне (по кільцю) дупло старої липи дрібнолистої. (PTCh)

4.2. ЯК ДЕРЕВА ПРИСТОСОВУЮТЬСЯ ДО МІНЛИВОГО СЕРЕДОВИЩА?

Тварини пристосовуються до мінливого середовища переважно завдяки своїй мобільності. Якщо занадто тепло — ми шукаємо тінь, якщо занадто холодно — гріємося на сонці, якщо ми голодні — вирушаємо на пошуки їжі. Дерева не подорожують, вони ростуть, і це їхній спосіб адаптації. Якщо дерево затінює сусід — воно росте до сонячного світла, якщо коріння потребує води — росте в пошуках вологих ділянок у ґрунті. Зайві частини тіла залишаються позаду і відмирають, наприклад, затінені нижні гілки та непотрібне коріння.

Дерева часто змушені відхилятися від свого улюбленого вертикального напрямку

росту, боротися за світло. Гілки ростуть, за визначенням, горизонтально. Отже, дерева повинні володіти механізмами контролю напрямку росту, і головним з них є апікальний (верхівковий) контроль (див. нижче). Тоді як вертикальний стовбур може бути ідеально круглим, стовбур, що росте криво, — має овальну форму. Більший діаметр вказує на напрямок нахилу. Дерево відкладає додатковий об'єм спеціальної тканини в напруженому місці — це реакційна деревина, і вона буває двох видів. Натяжна деревина відкладається на розтягнутому боці (у широколистяних дерев), а компресійна деревина росте на стиснутому боці (в основному у хвойних видів — див. нижче). Адаптацію до підвищеного навантаження добре видно в основі нахилених дерев або таких, що зазнають частих вітрів з одного боку. Основна опора і пов'язаний



Рис. 12. Клен ясенелистий, що ріс навскіс у пошуках світла, демонструє потужні корені та підпори на розтягнутому боці (Варшава). (PTCh)

з нею корінь на розтягнутій стороні, очевидно сильніші (рис. 12) і мають вирішальне значення для стійкості дерева. Стиснута опора і корінь, які підтримують дерево, також роблять значний внесок у його стійкість. **Тому важливо відрізнати похилі дерева з нахиленим ростом від тих, що починають валитися, як це може статися через розрив коренів сильним вітром, пошкодження коренів під час земляних робіт або розпушення насиченого водою ґрунту.**

Так само дерево зміцнює частини, ослаблені гниттям або переломами — дерева, очевидно, володіють здатністю виявляти і вимірювати тілесну деформацію. Наприклад, внутрішня прикоренева гниль може призвести до пляшкоподібної основи стовбура, оскільки дерево накопичує більше (і міцнішої) деревини там, де гниль є більш поширеною. «Вуха» іноді утворюються на розвилках із включеною корою (див. фото). Якщо вони не зміцнюють місце з'єднання належним чином, воно може вийти з ладу (див. також нижче параграф про пазушну деревину).

Адаптація через ріст, безумовно, відбувається повільніше, ніж через рух. Дерево може певною мірою пристосуватися до поступових змін, таких як опускання або підняття рівня ґрунтових вод через перебування кореневої системи. Однак це можливо лише тоді, коли зміни відбуваються порівняно повільно. **Адаптація до різких змін, як після будівництва підземного паркінгу, не під силу більшості дерев, особливо зрілих.** У своїй еволюційній історії дерева зіштовхувалися з такими викликами надто рідко, щоб виробити адаптивні механізми.



Рис. 13. Дерево намагалося виправити зламану розвилку, додавши додаткову деревину з обох боків включеної кори — але це не вдалося. (PTCh)

5. ОСНОВИ АРХІТЕКТОНІКИ ТА БІОМЕХАНІКИ ДЕРЕВА

Як уже згадувалося раніше, з моменту проростання тіло дерева демонструє специфічну модель росту, яка потім самокопіюється з деякими модифікаціями протягом усього життя. Кожен вид демонструє специфічну модель гілкування. Розмір дерева є результатом взаємодії генів та умов навколишнього середовища.

Дерево — це структура, що самооптимізується і прагне досягти механічної та фізіологічної рівноваги. Завдяки гормональній регуляції та поки що маловідомому механізму поділу асимілятів, воно контролює ріст окремих органів для досягнення балансу та гармонії. Дерева створюють кореневу систему, яка адекватна потребам існуючої крони, забезпечуючи листя водою. Крона є достатньо великою, щоб мати змогу жити себе та решту організму, включаючи коріння та супутні ґрунтові організми. Розмір і форма стовбура відповідає потребі ефективно конкурувати за світло і забезпечувати стабільну опору для крони. Як і будь-яка інша частина тіла дерева, він укріплюється в місцях, що піддаються навантаженню. Деревина в стовбурі та гілках неоднорідна за своєю структурою, щільністю та міцністю. Найбільшу міцність вона проявляє там, де відбувається найбільша напруженість, тобто біля основи стовбура та гілок. Окрім цього, ці ділянки зміцнюються завдяки інтенсивному росту, що проявляється у вигляді контрфорсів та товщини основ гілок. Дерево також

зміцнюється завдяки додатковому приросту деревини в місцях, ослаблених грибковим ураженням або механічними пошкодженнями, звідси пляшкоподібна основа гнилого стовбура або «вуха» біля зламанної розвилки (рис. 13).

Деревина анізотропна, тобто її властивості відрізняються в різних напрямках. Біомеханіка — це галузь практичної науки, яка досліджує міцність і стійкість дерев (Buza 2021).

При **апикальному домінуванні**, яке також називають апікальним контролем, активність меристем гілок контролюється верхівкою дерева. Гормон, що виділяється апікальною меристемою головного пагона — ауксин, що змушує гілки рости горизонтально і не дає їм конкурувати за світло з головним стеблом. Ауксини також пригнічують сплячі бруньки. При пошкодженні верхівки зникає апікальний контроль і бічні гілки починають рости вертикально, тоді як сплячі бруньки активізуються (рис. 14). Зникнення гормонального контролю може бути наслідком пошкодження верхівкової бруньки вітром, тваринами, хворобами або її занепаду внаслідок стресу від несприятливого впливу навколишнього середовища. Часто це водний стрес, спричинений посухою, зниженням рівня ґрунтових вод, підтопленням або пошкодженням коренів під час земляних робіт чи ущільненням ґрунту. Порушення верхівкового домінування також характерне для старих дерев.

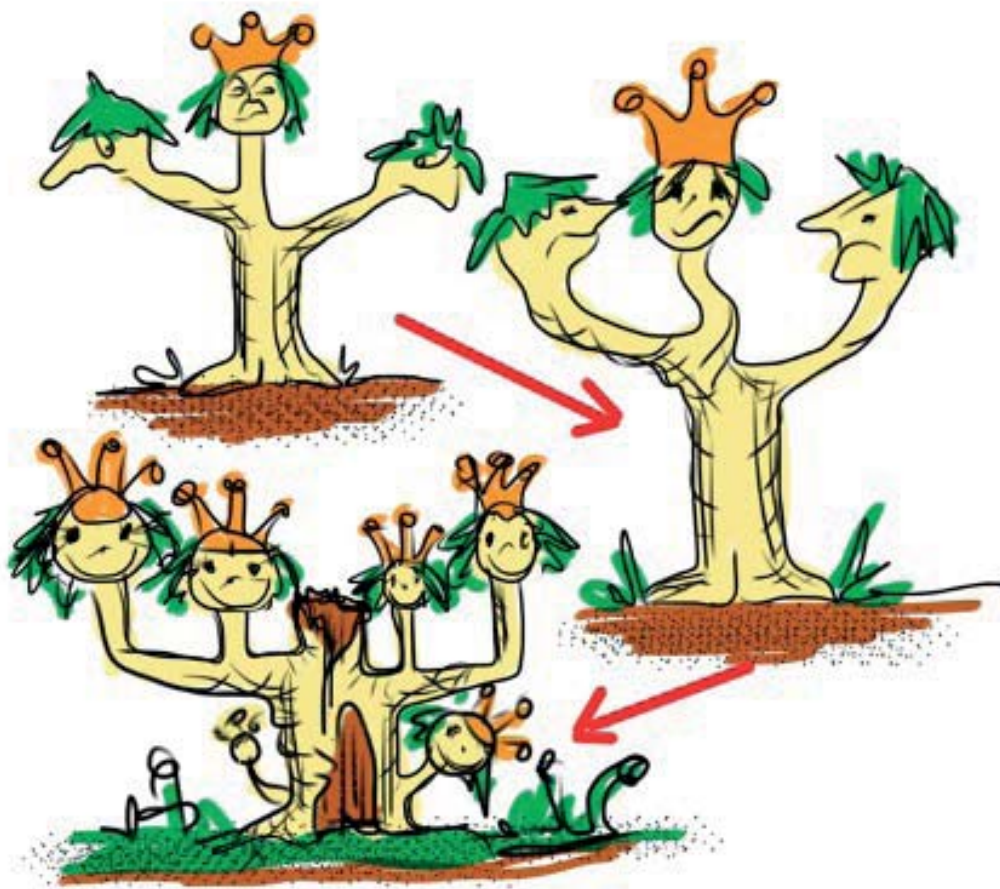


Рис. 14. Втрату верхівкового домінування з гумором проілюстрував Клаус Маттек, один із класиків оцінки дерев (навчальні матеріали програми VETree, www.vetree.eu). Верхівка панує над гілками, як король над васалами. Однак, як тільки його влада послаблюється, менші лорди піднімають голови і перебирають на себе контроль над деревом.

Рис. 15. Ось приклад втрати апікального домінування: окремі гілки набувають вертикального росту і починають конкурувати за світло так, ніби вони є окремими деревами (PTCh).



5.1. АНАТОМІЧНІ МОДИФІКАЦІЇ ДЕРЕВИНИ

Реакційна деревина формується на ділянках, які піддаються постійному або повторюваному навантаженню. Її завдання полягає в тому, щоб витримати навантаження і дозволити дереву слідувати генетично визначеному шаблону, реагуючи на умови навколишнього середовища (зокрема, на світло). Компресійна деревина зустрічається у хвойних, рідше у широколистяних, а натяжна — лише у широколистяних дерев.

Компресійна деревина утворюється на стиснутому боці стовбура або гілки. Клітинні стінки багатші на лігнін і бідніші на целюлозу, ніж у звичайної деревини. Макрофібрили (пучки целюлозних ланцюгів) розташовані приблизно під 45 градусів проти осі клітини (чим більша деформація, тим більший кут). Компресійна деревина здатна розширюватися, а отже, може контролювати напрямок росту стовбура або гілки.

Натяжна деревина утворюється на розтягнутій стороні стовбура або гілки. Клітинні стінки багатші на целюлозу, ніж у звичайній деревині, а макрофібрили орієнтовані майже вздовж довшої осі клітини. Оскільки натяжна деревина здатна скорочуватися, вона може коригувати напрямок росту залежно від потреб.

Пазушна деревина формується всередині розвилки (рис. 16). Складне переплетення волокон надає з'єднанню надзвичайної міцності. Спробуйте розколоти розвилку сокирою, вдаривши зверху. Якщо включення кори стоять на шляху розвитку повноцінної пазушної деревини, то дерево намагається зміцнити розвилку

за допомогою додаткового приросту деревини ззовні («вух», див. вище). Якщо це не вдається, з'єднання стає слабким.

Пазушна деревина, як і інші модифікації структури деревини, розвивається за напруги, що виникає при незалежному русі елементів розвилки. Зовнішньою ознакою її наявності є гребінь з кори (рис. 17). Однак, якщо рух обмежити, наприклад, скріпленням гілок зверху (природне скріплення в кроні), розвилка не буде зміцнюватися і ймовірність утворення включеної кори зростає (рис. 18). **Тому не рекомендується видаляти природне зрощення, оскільки розвилка внизу може бути ослаблена, і ризик зламу зростає.**

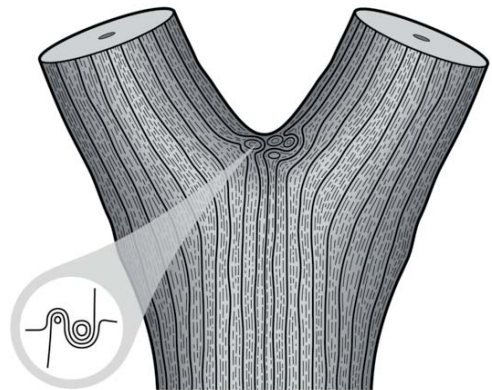


Рис. 16. Пазушна деревина . Ілюстрації запозичені зі статті доктора Дункана Слейтера у Вікіпедії (en.wikipedia.org/wiki/Tree_fork).



Рис. 17. Кора в розвилці вказує на те, що пазушна тканина сформована правильно, а міцність з'єднання достатня. (PTCh)



Рис. 18. Розвилка з обмеженим рухом лідерів, завдяки природному зростанню. Утворилося включення кори, а в нижній частині розвилки закладена додаткова деревна тканина для її зміцнення. На фото праворуч представлений інший бік розвилки (PTCh)

Вставка 3.

БІОМЕХАНІКА У БАЗОВІЙ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІЙ ОЦІНЦІ ДЕРЕВ

Розглянуті вище модифікації є лише найпростішими, оскільки деревина є гетерогенним і анізотропним матеріалом. Механічні моделі, що використовуються, наприклад, для розрахунку результатів випробувань на розтягування, є наближеними. Не так просто передбачити, чи зламається дерево, і якщо так, то в якому місці, якщо воно не проявляє очевидних симптомів. Огляд дерева або базова оцінка його стану полягає у візуальному виявленні симптомів, які вказують на підвищену ймовірність пошкодження дерева. Поглиблена (спеціальна) оцінка дерев використовує більш детальні та складні методи, зокрема з використанням діагностичних інструментів.

5.2. ЩО ПАГОНИ РОЗПОВІДАЮТЬ НАМ ПРО ДЕРЕВО

Дерева утворюють два основні типи пагонів, і їх розпізнавання допомагає оцінити життєвий цикл дерева та його життєздатність. Зазвичай можна визначити межі річного приросту пагона, оскільки вони позначені рубцями, залишеними лусочками кінцевих бруньок. Додаткові рубці можуть відокремлювати літні пагони і у деяких видів (особливо дубів) вони мало відрізняються від річних рубців. Це може ускладнити визначення довжини та віку однорічних пагонів. У будь-якому разі оцінка життєздатності дерева ґрунтується на візуальній структурі пагонів, яку можна визначити неозброєним оком, а за необхідності за допомогою бінокюляра.

Довгі пагони, як випливає з назви, мають довжину щонайменше кілька сантиметрів. Вони мають повністю сформовані бічні бруньки, з яких наступного року розвиваються нові пагони.

Короткі пагони мають довжину від кількох міліметрів до кількох сантиметрів. Крім верхівкової бруньки, на них розвиваються лише сплячі бруньки, які прокидаються лише в екстрених випадках (наприклад, при пошкодженні крони). Зазвичай короткі пагони не розгалужуються наступного року.

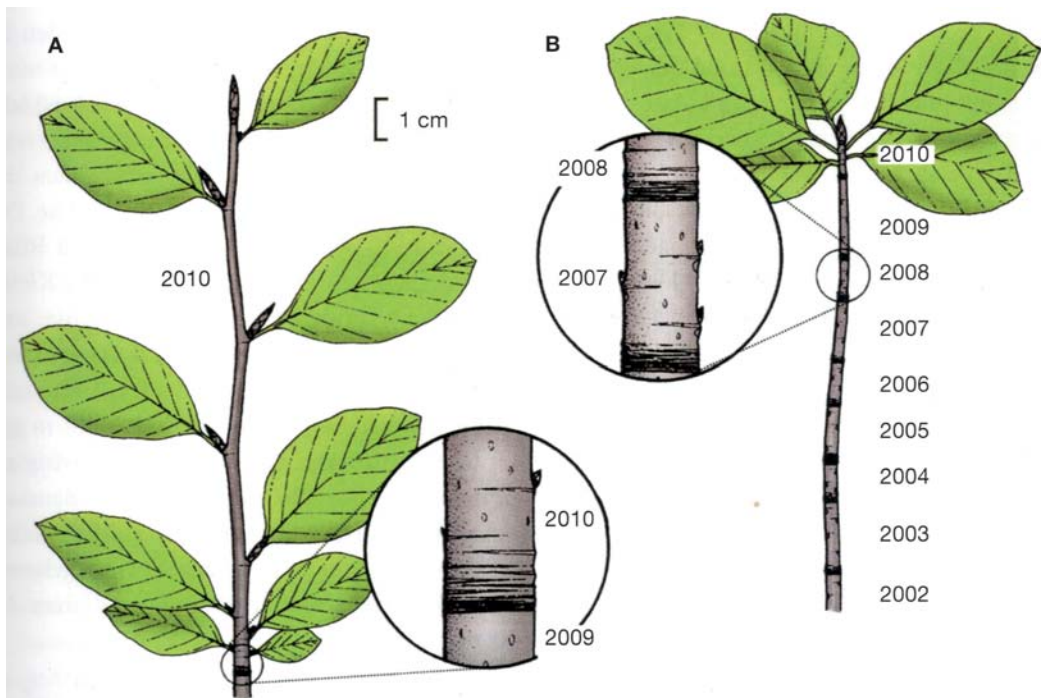


Рис. 19. Ліворуч — гілка з одним довгим пагоном, праворуч — із серією коротких пагонів (позначені річні рубці), у бука європейського. (Roloff 2018)



Довгі та короткі пагони мають різні функції. Довгі слугують для розширення крони, тому поширені у молодих і доросліших особин, а також у тих, що регенерують, на будь-якій життєвій стадії, як складова частина придаткових гілок. Короткі пагони слугують для утримання захопленого простору та підтримки основних функцій дерева. Тому вони характерні для зрілих і старих дерев. Короткі пагони також можуть утворювати квіти або листя, але це вже інша історія. Одне дерево може мати як довгі, так і короткі пагони, у різних пропорціях у різних частинах тіла.

ВІТАЛЬНІСТЬ

Вітальність — це загальнозрозумілий термін, однак, якщо спробувати використати його для оцінки дерева, справа дещо ускладнюється¹. Згідно з Вікіпедією, це «здатність жити, рости або розвиватися». Шайго (1986, с. 120) визначає її як «здатність організму рости в умовах, в яких він перебуває», і він відрізняє її від вітальності, яка визначається як «генетична здатність протистояти стресу».

FLL² (2011), німецька асоціація, що відповідає за керівні принципи та стандарти для зеленої індустрії, визначає життєздатність як життєву силу організму, на яку впливають вік, генетика та фактори навколишнього середовища. Окрім цього, життєздатність виражається у здоров'ї дерева, а саме:

- прирості, структурі крони та стані листя,
- здатності адаптуватися до умов навколишнього середовища,
- стійкості до шкідників і хвороб,
- здатності до регенерації.

Згідно з FLL, життєздатність у лісовому господарстві та арбористичі оцінюється на основі структури крони та/або стану листя (щільність, розмір, колір).

Автор хотів би додати, що на життєздатність впливає стадія життя дерева, яка корелює, хоча і не є тотожною, з віком (див. нижче).

¹ Як в українській, так і в польській мові існує еквівалент цього терміну — «життєздатність» та «żywność», відповідно. Проте у світовій практиці інспекції стану дерев та лісівництва термін «вітальність» набув широкого поширення, тож вважаємо за найкраще у цьому контексті вживати саме його

² Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., www.fll.de

5.3. КЛАСИ ВІТАЛЬНОСТІ ЗА РОЛОФФОМ

Андреас Ролофф, професор Дрезденського технічного університету, створив шкалу вітальності, призначену для використання в дослідженнях стану лісів. Він узяв за основу характер росту пагонів, оскільки вважав, що критерії, пов'язані зі станом листя, є ненадійними через вплив поточних умов (посуха, шкідники). Оцінка довгих / коротких пагонів дозволяє отримати уявлення про принаймні кілька років росту, зафіксованих у формі гілок (рис. 20, 21). З роками Ролофф адаптував свою шкалу для оцінки міських дерев на різних стадіях життєвого циклу (Roloff 2018). У «фазі експлорації» (VS 0) домінують довгі пагони. У фазі «дегенерації» (VS 1) коротшають лише бічні гілочки, тоді як осьовий приріст залишається довгим. У фазі «стагнації» (VS 2) всі пагони короткі, а «відмирання» (VS 3) означає, що деякі пагони відмирають.

Я б із задоволенням підтримав оригінальну термінологію Ролоффа, однак вважаю

слово «дегенерація» неадекватним, оскільки воно має негативну конотацію. Кожен клас вітальності природно пов'язаний із певною фазою життєвого циклу дерева, тому недоречно використовувати терміни, які звучать осудливо. Фаза «дегенерації» має мало спільного зі звичайним розумінням цього слова. Цей клас є типовим для дерев, які продовжують інтенсивно рости або регенерувати після пошкодження. Андреас Ролофф (2018) нещодавно ввів термін «режим» (der Modus). Він запропонував відповідно режим довгого пагона (0), режим щітки (1), режим короткого пагона (2) і режим ретракції (3).

Ролофф рекомендує розглядати верхню третину крони при оцінці вітальності. Однак, у разі старих дерев і тих, що перебувають у процесі відновлення крони (пошкодження коренів, посуха...), верхня третина може представляти клас 3, а нижня третина — клас 1. За таких ситуацій доцільно оцінювати життєвість окремо для кожної частини дерева.

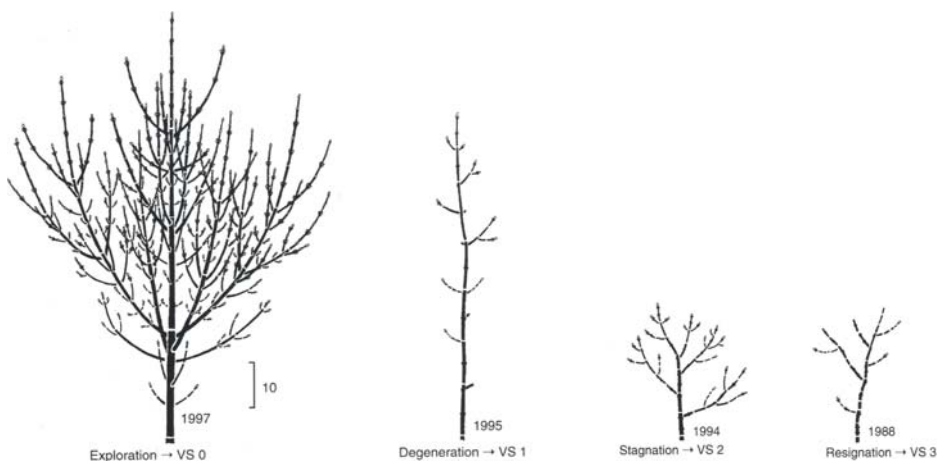


Рис. 20. Ілюстрація Ролоффа (Roloff, 2015) зображує схеми розгалуження ясен звичайного на різних стадіях / фазах росту.

Таблиця 1. Класи вітальності за Ролоффом (Roloff, 2015, 2018), як визначено у «Стандарті оцінки та діагностики дерев» (FER 2021). Числові позначення відповідають шкалі 1—5, тоді як оригінальна шкала Ролоффа охоплює 0—4.

ЧИСЛОВЕ ПОЗНАЧЕННЯ	КЛАСИ ЗА РОЛОФФОМ	ОПИС
1	0	Дерево у фазі сильного поздовжнього росту пагонів. Як верхівкові, так і бічні пагони ростуть динамічно і рівномірно, утворюючи переважно довгі пагони. Листовий покрив густий і рівномірний.
2	1	Злегка сповільнений ріст призводить до того, що бічні бруньки утворюють короткі пагони, через що гілки виглядають як списи. Між ними утворюються вільні проміжки, навіть коли на них є листя.
3	2	Ріст пагонів помітно зменшується, утворюються лише короткі пагони. Ріст дерева у висоту зупиняється, з'являються прогалини в листовому покриві.
4	3	Дерево, що всихає або з відмираючими частинами крони.
5	(4)	Дерево мертве.

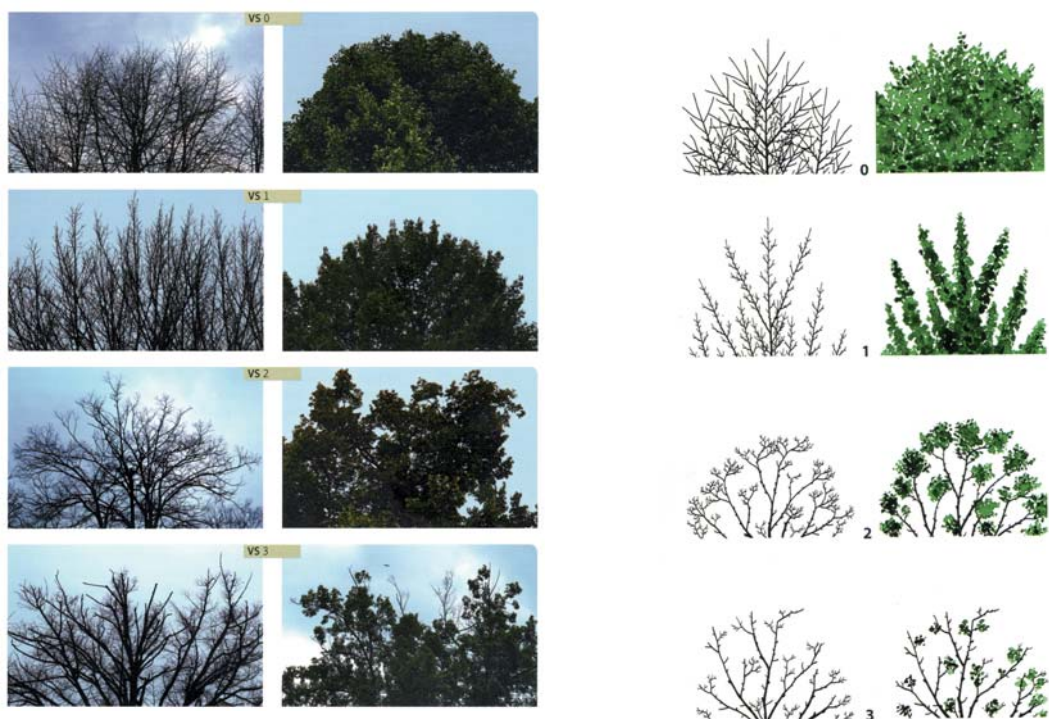


Рис. 21. Інша ілюстрація Ролоффа (Roloff, 2015) демонструє класи вітальності липи європейської (*Tilia x europaea*).

5.4. ЯК АРХІТЕКТОНІКА ДЕРЕВА ЗМІНЮЄТЬСЯ ПРОТЯГОМ ЙОГО ЖИТТЯ

Концепція класів Ролоффа буде корисною, ознайомлюючись із фазами життя дерева. Існує безліч класифікацій. Для простоти ми виділяємо три основні стадії: молодість, зрілість і старість. Остання лише для кількох особин (Dujesiefken et al. 2016).

МОЛОДЕ ДЕРЕВО

Молоде дерево демонструє сильне апікальне домінування і ріст у висоту, що переважає над бічним розростанням. Зазвичай це триває приблизно до 20 років із моменту посадки. Молоде дерево, яке росте правильно, спочатку демонструє

клас 0 за шкалою Ролоффа, що означає, що всі пагони є довгими. Пізніше починає розвиватися клас 1. У цій фазі життя необхідно провести і завершити структурну обрізку. Раннє ослаблення вітальності може свідчити про проблеми зі здоров'ям рослин або якістю ділянки.

НАПІВДОРΟΣЛЕ (ДОЗРІВАЮЧЕ) ДЕРЕВО

Це перехід від молодості до зрілості — дерево сповільнює ріст у висоту, водночас розширюючи крону.

ДОРΟΣЛЕ (ЗРІЛЕ) ДЕРЕВО

У зрілого дерева висота та об'єм крони стабільні, а верхівкове домінування ослаблене. Дерево досягло або наближається

до максимального розміру крони для даного виду та місцевості. Типове зріле дерево утворює лише короткі пагони, отже,

демонструє клас 2 за шкалою Ролоффа. Лише пагони, що відновлюються та пагони реітерації мають клас 1.

Вставка 4.

РЕІТЕРАЦІЯ

Адвентивний (вторинний) пагін, що росте на стовбурі гілки з адвентивної або сплячої бруньки. Реітераційний пагін має головне стебло та бічні гілки. Через деякий час він може розвинути автономну кореневу систему, з'єднану спеціальним і відокремленим пасмом судинної тканини. Тоді це схоже на молоде дерево, що росте на старому. Тоді як звичайна первинна гілка передбачена моделлю розвитку дерева, реітерація виникає випадково, унаслідок пошкодження або намагання дерева краще використати освітлення. Деякі автори ототожнюють реітерації з адвентивними гілками, інші звужують їх до того, що вони є мініатюрою зрілого дерева (Hallé 2002).

Рис. 22. Pinus strobus, крона якої була відновлена реітерацією після вітровалу (Lqdek Zdrój, PL). (PTCh)



ВІКОВЕ ДЕРЕВО

Вікове дерево — це дерево, «яке досягло зрілості і є старим або суттєво старішим, порівняно з іншими деревами того ж виду» (Lonsdale 2013, див. там також для отримання додаткових визначень). Обхват стовбура також може бути винятковим. У разі довгоживучих видів це може бути найдовша фаза життя. Крона може зазнавати відмирання периферійних частин і формування нижньої вторинної крони («скорочення крони», Рис. 23). Старі дерева зазвичай демонструють високу біологічну та культурну цінність. У цій фазі дупла у стовбурі пропонують численні мікрооселища. Верхня частина крони

зазвичай знаходиться у класі 3 — гілки, включаючи лідера, поступово відмирають. Вторинна (нижня) крона часто складається із придаткових гілок і може демонструвати клас 2 або навіть 1 за Ролоффом.

Життєвий цикл дерева не обов'язково закінчується на фазі вікового. Дерева володіють механізмами, що дозволяють їм «воскресати» і починати нове життя. Вікові липи та верби часто починають життя заново завдяки пагонам від основи стовбура, а тополі здатні рости густими гаями із корневих паростків. Нові стебла також розвивають власні нові кореневі системи.

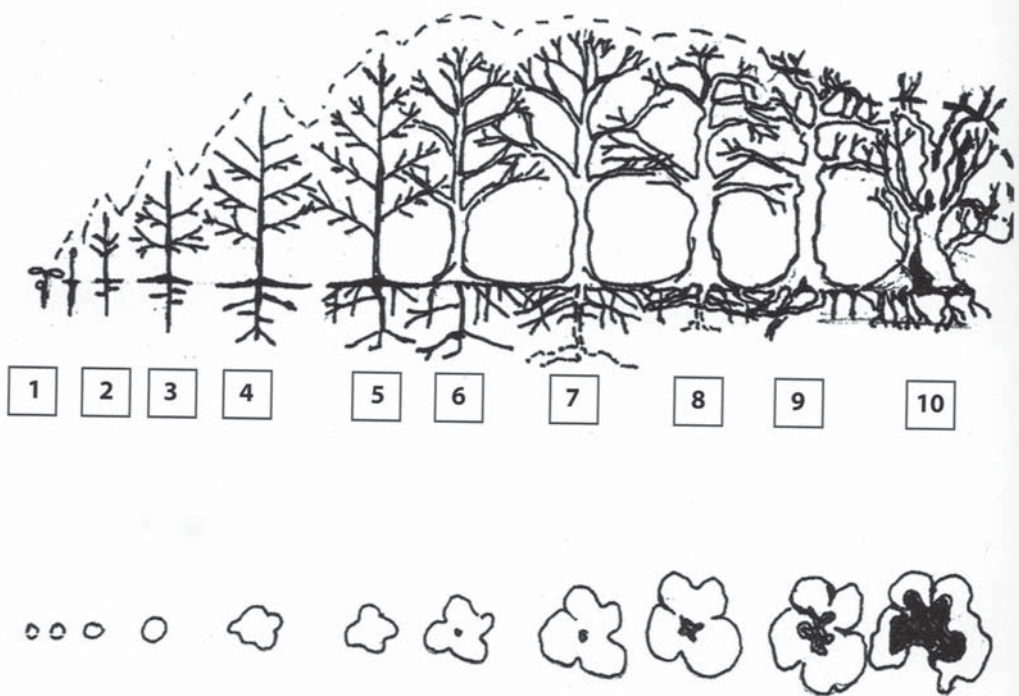


Рис. 23. Невілл Фей, натхненний Лонсдейлом і Реймбо, проілюстрував закономірність розвитку крони в молодому віці, стабільність у зрілому віці та зменшення у вікового дерева. Це супроводжується паралельними перетвореннями в кореневій системі і прогресуючою дуплистістю постійно зростаючого стовбура (Dujesiefken et al. 2016).

Вставка 5.

ДУБ МЕШКО — ДЕРЕВО-ФЕНИКС

Хорошим прикладом цього процесу є дуб (*Quercus robur*) у Натоліні, передмісті Варшави. Дерево росте на середньовічному шосе, що колись з'єднувало міста над Віслою, і було назване на честь Мешка Першого задокументованого правителя Польщі. Будівництво величезного житлового проєкту поблизу перекрило йому водопостачання, і в дев'яностих роках дерево засохло — на його величезному стовбурі залишилася лише одна жива гілка. З того часу Мешко використовував цю єдину гілку для відновлення крони. Неживі частини законсервувалися і зараз повільно гниють. Пожежа в червні 2019 року пошкодила мертву частину, проте не вплинула на життєздатність живої крони. Мешко — це Фенікс, який відродився із попелу.



Рис. 24. Дуб Мешко в Натоліні: фотографія вересня 2020 року свідчить, що минулорічна пожежа не завдала шкоди цьому важливому патріарху (малюнок Якуба Юзефчука). (PTCh)

6. ГРИБНЕ УРАЖЕННЯ VS СТІЙКІСТЬ ДЕРЕВА

Кожне ураження грибами ослаблює деревину механічно, навіть на початковій стадії, коли це ще не помітно неозброєним оком. Така деревина, проте, вже втратила частину своїх структурних компонентів. У разі виникнення білої гнилі гриби розкладають всі компоненти рівномірно, Оскільки лігніну менше, він зникає раніше, ніж целюлоза. Саме тому така деревина втрачає жорсткість, хоча ще деякий час зберігає певну міцність на розрив. А у разі бурої гнилі — целюлоза і геміцелюлози розкладаються, тому деревина стає крихкою і зрештою перетворюється на коричневий порошок, що складається переважно з лігніну.

З іншого боку, дерева за свою довгу історію навчилися співіснувати з грибами, які їх колонізують (і навпаки). Вони мають механізми, що дозволяють їм контролювати

розростання грибів. Утім, розкладання неживої деревини є вирішальною ланкою в кругообігу поживних речовин.

Як так стається, що одні дерева співіснують з грибами сотні і тисячі років, а інші піддаються їм, іноді протягом декількох місяців?

Результат цього протистояння залежить від динаміки взаємовідносин між деревом і грибом. Здорове і сильне дерево, особливо якщо довгоживучі види, яке має сильні захисні механізми, триматиме гриб на відстані, відділяючи колонізовану територію. Це легше зробити, якщо гриб неагресивний. Сапротрофи, такі як траметес (*Trametes* sp.) або схізифіл звичайний (*Schizophyllum commune*), не створюють проблем, тому що вони мають справу з мертвою деревиною і не проникають у



живу. Однак універсальніший гриб може перетнути межу, що розділяє сапротрофність і паразитизм, якщо випаде нагода. Це може статися, якщо захисні механізми скомпрометовані, зазвичай, через екологічний стрес. Дерево, яке страждає від посухи, засолення або ущільнення ґрунту, бореться за виживання і має мізерні ресурси для побудови бар'єрів. Гриб, незважаючи на те, наскільки він агресивний, може зруйнувати захисні механізми і проникнути в ділянки, що мають вирішальне значення для життєдіяльності та/або стабільності дерева.

З іншого боку, агресивні паразити, такі як трутовик (*Fomes fomentarius*), здатні вразити навіть здорове дерево, не кажучи вже про ослаблену особину. Тут сила захисних механізмів також має значення. На дубі черешчатому (*Quercus robur*) можна спостерігати, як маленькі «копитця» трутовика повільно розвиваються десятиліттями, тоді як кінський каштан, липа чи тополя можуть піддатися ураженню вже через кілька років

після першої появи плодового тіла. Тоді як трутовик, насамперед, ніж послабити дерево, позбавляє його стійкості. Опеньок (*Armillaria* sp.), навпаки, — спочатку вбиває дерево, а потім розкладає його. Потім гриб переходить у сапротрофний режим і протягом наступних років поглинає мертву деревину.

Як згадувалося вище, порожнисте дерево може міцно стояти, оскільки циліндр є механічно оптимальним профілем конструкції (див. освітлювальні стовпи або вежі вітрових турбін). Міцність труби пропорційна до діаметру в третьому ступені, тому чим товще дерево, тим менша товщина стінок необхідна для адекватної опори. Одне річне кільце товщиною 0,5 см на дереві діаметром 1 м несе таке ж навантаження, як і повний поперечний переріз дерева товщиною 31 см (Wessolly, Erb 2016, див. також рис. 25). Існують вікові дерева, які стабільно стоять на стінках товщиною в кілька сантиметрів (Siewniak et al. 2020).

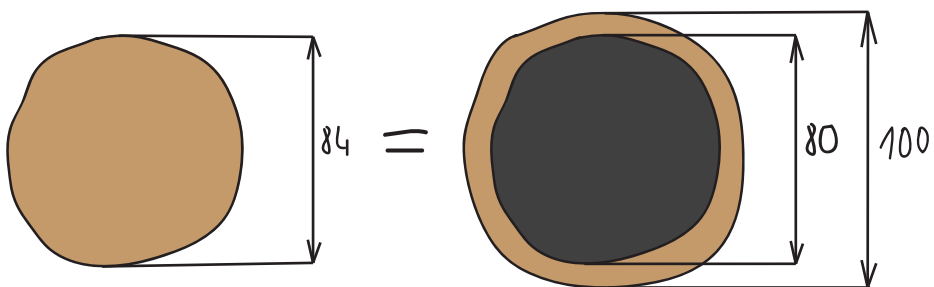


Рис. 25. Порожнистий стовбур діаметром 100 см і товщиною стійкої стінки 10 см демонструє таку саму міцність до вигину, як і непошкоджений стовбур діаметром 84 см. Малюнок Пауліни Санецької за Wessolly, Erb (2016).

Вставка 6.

ДЕ ДУМАЄ ДЕРЕВО?

Як дерево вирішує, як йому рости? Як воно переробляє стимули навколишнього середовища у рішення про розподіл продуктів фотосинтезу? Звідки воно знає, що слід інвестувати в коріння, а що в пагони? Де приймаються рішення про відносини з іншими пов'язаними організмами, такими як сусідні дерева та мікоризні гриби?

Дерева не мають мозку, що тисячоліттями вважалося доказом їхньої меншовартості порівняно з тваринами. Однак уважне спостереження, доповнене читанням сучасних наукових робіт з фізіології та екології дерев, суперечить цій думці. Десь у тілі дерева має бути місце, де відбуваються процеси, аналогічні нашій мозковій діяльності.

Де ж воно може бути? Було продемонстровано, що біоелектричні імпульси відіграють життєво важливу роль у внутрішньоорганізменній комунікації в рослинах. Біоелектричні процеси, подібні до тих, що відбуваються в нашій нервовій системі, були виявлені поблизу верхівок коренів і пагонів. Чи може бути так, що процеси прийняття рішень у рослинах відбуваються у хмарі, що складається з цих ділянок? Подібно до того, як працюють обчислювальні хмари, що складаються з численних комп'ютерів, з'єднаних інтернетом. Кінцеві висновки ще не зроблені, і в найближчому майбутньому на нас чекають ще більше цікавих відкриттів про те, «де думають дерева».

Вивчення процесів комунікації всередині рослин та з навколишнім середовищем, використовуючи аналогії з тваринним світом, є предметом нейробіології рослин — принаймні, так її називають адепти цієї галузі науки (Стефано Манкузо зараховує себе до їх числа). Інші вчені вважають цей термін зловживанням, оскільки не можна говорити про нейробіологію за відсутності нейронної системи. Один зі провідних нейробіологів рослин Моніка Гальяно зазначає, що застосування досвіду нейробіології тварин і біхевіоризму в дослідженнях рослин дозволило досягти безпрецедентного прогресу в розумінні того, як функціонують рослини. До речі, за освітою Гальяно зоолог.



III.

Дерева як соціальні істоти

1. ЯК ДЕРЕВА ПОВ'ЯЗАНІ МІЖ СОБОЮ

У природному лісі дерево функціонує у взаємозв'язку з іншими організмами. Лісівникам здавна відомо, що сусідні дерева зростаються коренями між собою. Живі пні, через десятки років після того, як їхні стовбури були зрубані, є поширеним явищем (рис. 26).

Воллебен вважає це доказом альтруїзму дерев. Я дивлюся на це інакше: сусіди дерева, що впало, пов'язані з ним коренями і мікоризою, просто переймають осиротілу кореневу систему і пристосовують її для своїх потреб. Інший аргумент на користь альтруїзму дерев, висунутий Воллебеном, можливо, сильніший. Було виявлено, що старі буки постачають своїм сіянцям цукри, інакше вони не вижили б у глибокій тіні, що відкидається густим пологом батьківських дерев.



Рис. 26. Старий пеньок псевдотсуги Мензиса все ще добре себе почуває завдяки тому, що його підживлюють сусіди (дендропарк Варшавського університету природничих наук у Рогуві).



Хоча тут виникає філософське питання: що таке альтруїзм? Чи не є егоїстичною поведінка батька, який піклується про дитину, що несе в собі його гени? Ця дилема, здається, виходить за рамки цієї стислої розповіді про природу дерев.

Цікавий випадок взаємної підтримки між деревами різних видів задокументувала Сюзанна Сімард (Simard, Toomey 2016). Береза звичайна та псевдотсуга Мензиса доповнюють одна одну фотосинтетичними речовинами, залежно від своїх потреб. Восени, коли береза втрачає листя, а псевдотсуга Мензиса продовжує фотосинтез, остання ділиться своїми продуктами фотосинтезу з першою. Влітку, навпаки, — береза ділиться своїми надлишками з псевдотсугою. Сімард припускає, що цей взаємовигідний обмін може бути інспірований їхнім спільним мікоризним партнером, який життєво зацікавлений у підтримці обох компаньйонів у хорошому стані.

Завдяки Сюзанні Сімард та іншим дослідникам ми тепер розуміємо роль мікоризних мереж у підтримці зв'язків між деревами. Сімард назвала цю мережу WWW — Wood Wide Web, за аналогією до всесвітньої павутини (мережі «Інтернет»). Дійсно, ця мережа уможливлює спілкування між рослинами, наприклад, попередження про неминучу загрозу. Якщо на ліс напав

короїд, дерева на іншому кінці мережі швидко дізнаються про небезпеку і почнуть створювати захист, наприклад, покличуть на допомогу ворогів жука — його хижаків. Такого роду інформація також передається повітрям за допомогою феромонів — летких сполук, що несуть інформацію. Як згадувалося вище, роль WWW — це не лише комунікація: це також транспортна мережа, що переносить продукти фотосинтезу між учасниками мережі, переважно деревами та грибами. Хоча обмін цукром між видами не є чимось незвичайним, підтримка власних нащадків, здається, є найбільш поширеною. Цікавим, але погано поясненим явищем є скоординоване цвітіння дерев одного виду на великих територіях. Проте численні випадки співпраці між деревами не повинні затьмарювати значущість конкуренції у рослинних угрупованнях. Суперництво — це звичайне явище. Напевно, як і в людському світі: одні особини та групи співпрацюють, інші — конкурують або встановлюють інші типи відносин.

Тварини також мають свої власні взаємозв'язки, проте вони зазвичай не є фізичними, як із рослинами через нашу мобільність. Ми пов'язані між собою нематеріальними соціальними зв'язками, заснованими на психологічних механізмах, що є своєрідним «програмним» рішенням. Дерева, як малорухливі організми, значною мірою покладаються на «залізо».

2. ЯК ДЕРЕВА ОБРОБЛЯЮТЬ ҐРУНТ, В ЯКОМУ ВОНИ РОСТУТЬ

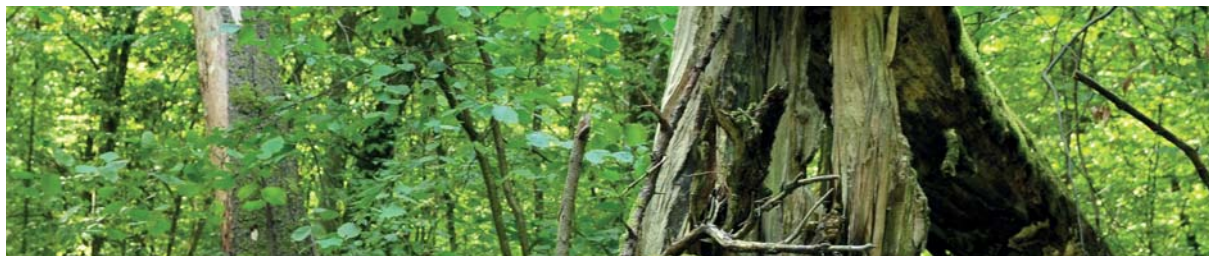
Що дозволяє деревам жити на одному місці сотні й тисячі років і не виснажувати ґрунт повністю? Цей прийом часто залишався поза увагою людських цивілізацій, падіння яких інколи відбувалося через втрату родючості ґрунту. Деревина знають, як це зробити: вони обробляють і удобрюють місце, де живуть.

Лісовий ґрунт, який є природним середовищем для коріння дерев, не є стерильним, як садовий ґрунт, який ви купуєте в супермаркеті. Це складна екосистема, структура якої формується десятиліттями і століттями, а деякі особливості — тисячоліттями. Лісовий ґрунт постійно обробляється його мешканцями, і роль дерев у цьому процесі є вирішальною. Вони утримують вуглець та інші поживні речовини у своєму тілі, а потім передають їх на переробку іншим організмам. Частина цього ресурсу циркулює в тілах незліченної кількості істот, частина ж вивільняється назад в атмосферу, а частина збагачує ґрунт, перетворюючись на гумус.

Мікоризні гриби — не єдині бенефіціари співпраці з деревами. Коріння виділяє речовини, що стимулюють ріст ґрунтових

бактерій, які є ключовою ланкою в кругообігу поживних речовин і беруть участь у вивітрюванні ґрунтових мінералів. Вивільнені поживні речовини поглинаються корінням і включаються в місцевий кругообіг. Ефективним прийомом, який використовують дерева є вкривання ґрунту ковдрою з підстилки. Збереження вологи та ізоляція від світла сприяють розвитку ґрунтової екосистеми. Члени цієї спільноти, від крихітних бактерій до дощових черв'яків і дрібних ссавців, сприяють оптимальній структурі, аерації та перемішуванню ґрунту.

Як згадувалося вище, дерева «відмовляються» від старих, непотрібних тканин, таких як тканини в центрі стовбура, опале листя, відкинуті гілки та коріння. Вони розкладаються сапротрофними організмами, а вивільнені поживні речовини знову включаються в тіло дерева. Додаткові поживні речовини, переважно азот і фосфор, приносять птахи, кажани та інші дрібні ссавці, які гніздяться та відпочивають у дуплах і на гілках, але харчуються деінде (і випорожнюються на дереві або поблизу нього). Дереву вигідно мати дупло, з великою кількістю мертвих гілок і заселене комахами,



Вставка 7.

ЖМЕНЯ ЗДОРОВОГО ҐРУНТУ

містить, серед іншого:

- **один трильйон (1 000 000 000 000) бактерій**
- **10 тисяч найпростіших**
- **10 тисяч нематод**
- **25 км грибних гіф**

(Sala, 2020)

оскільки воно приваблює постачальників добрив. Досліджуючи дупло щупом (зондом), будьте обережні, щоб не нашкодити його мешканцям, адже вони є союзниками дерева.

Процеси ґрунтоутворення є довготривалими. Формування оптимальної структури ґрунту та розвиток повноцінної ґрунтової екосистеми займає століття, а деякі процеси вимагають навіть проходження через льодовиковий період.

Антропогенні ґрунти зазвичай перевантажені тиском і вібраціями рухомих транспортних засобів. Ця деградація сягає великих глибин і в основному є незворотною у межах людського життя. Мульчування може надати деяке полегшення, оскільки воно сприяє відновленню ґрунтового

життя і поступовому поліпшенню структури ґрунту. Для вікових дерев (особливо тих, що ростуть у природних лісах) також дуже цінним є давній ґрунт, оскільки він міг розвиватися протягом тривалого часу в симбіозі з деревом.

У цей момент виникають філософські питання: де закінчується одне дерево і починається інше? Де закінчується дерево і починається гриб? Чи можемо ми говорити про чіткі межі між окремими особинами? А може немає ніяких особин, а ліс — це один великий суперорганізм, що складається з рослин, грибів, слизовиків, бактерій, а також комах, кліщів, нематод, хребетних тварин... Якими б не були відповіді, цілком очевидно, що дерева міцно вкорінені в прямому, і в переносному сенсі — у спільнотах, де вони живуть.

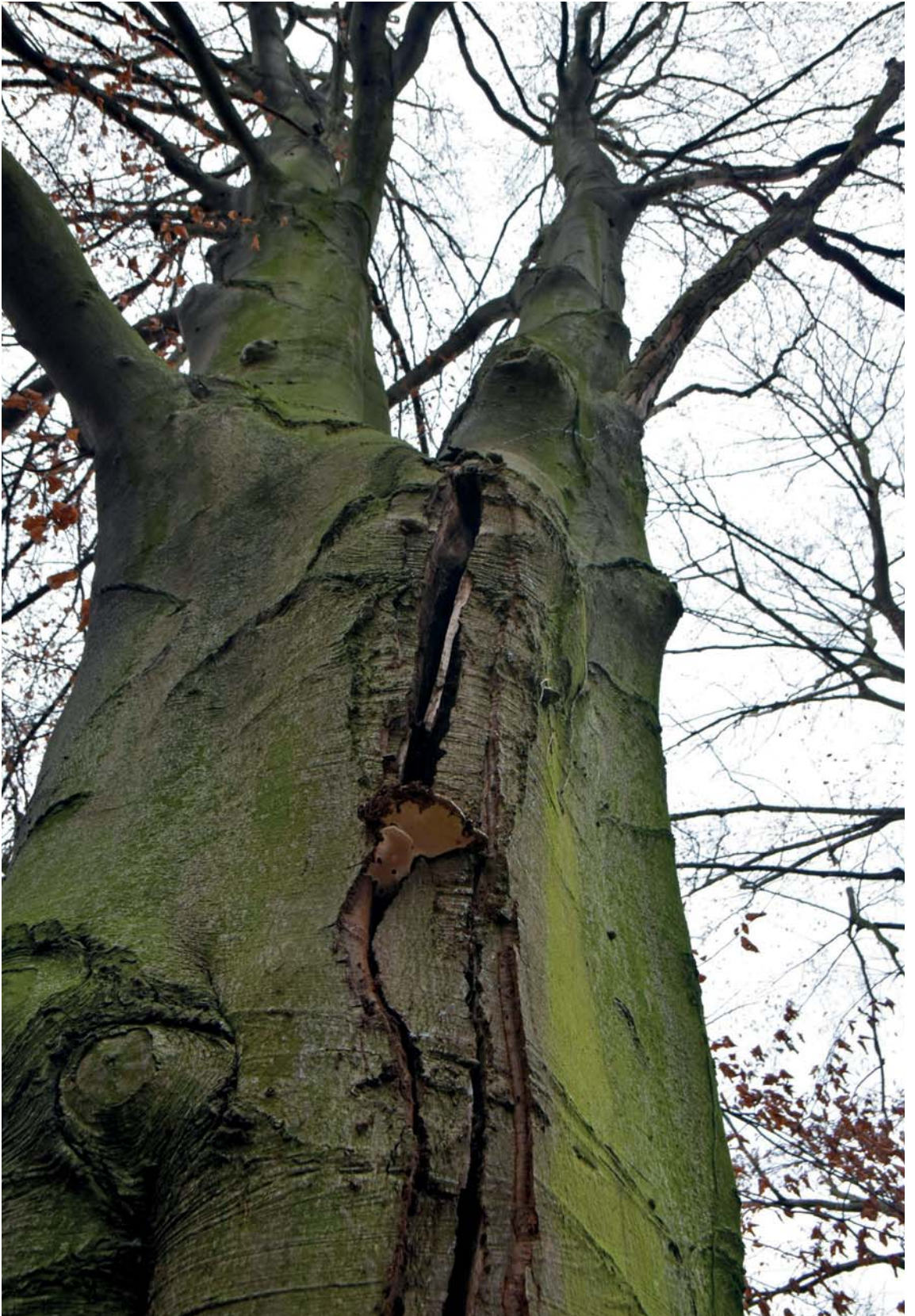
3. МІСЬКІ ДЕРЕВА — НЕЛЕГКЕ ЖИТТЯ

У природному лісі дерева разом покращують своє середовище — специфічний мікроклімат і родючий ґрунт. Вони підтримують одне одного інформацією та фотосинтезом. Вони користуються підтримкою інших організмів, зокрема мікоризних грибів.

Звісно, це не стосується вуличних дерев, що ростуть у вузьких квадратах ущільненого ґрунту. Ми відмовляємо їм у воді, труїмо сіллю та вихлопними газами, піддаємо екстремальній спеці. Окрім цього, ми видаляємо зелене гілля — їхнє єдине джерело їжі, щоб забезпечити прохід, і часто навіть без вагомої причини. Ми пошкоджуємо їхнє коріння, будуючи наземну та підземну інфраструктуру. Не

дивно, що їхнє життя коротке і нещасне. Якщо ми хочемо, щоб у містах росли дерева, ми повинні докласти додаткових зусиль, щоб створити для них оптимальні умови в середовищі, яке, по суті, є для них ворожим. Насамперед, поліпшити якість і кількість ґрунту. Як мінімум, відгородити якомога більшу територію, навіть якщо це буде один з тих жалюгідних квадратів, вирізаних у тротуарі. Спробуємо імітувати природні процеси. Дерева, як і кури, люблять підстилку, а підстилка називається мульчею. Тож не згрібайте опале листя, адже воно є добривом, яке дерева роблять для себе самі. Якщо немає можливості дозволити деревам самотійно облагородити ділянку, доповніть ґрунт мульчею.





LITERATURA

- Boddy, L.** 2021. Fungi and Trees. Their Complex Relationships. Arboricultural Association, Stonehouse
- Buza, A.**, ed. 2021. Instrumental tree assessment, in: Advanced tree assessment – manual for professionals. Dobrze Kadry, Wrocław
- Dujesiefken, D., Liese, W.** 2015. The CODIT Principle. ISA, Champaign, Illinois
- FLL** 2011. Baumkontrollrichtlinien – Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., Bonn
- Hallé, F.** 2002. In Praise of Plants. Timber Press, Portland, OR
- Lonsdale, D.** (ed.) 2013. Ancient and other veteran trees: further guidance on management. Ancient Tree Forum, London; ancienttreeforum.co.uk/wp-content/uploads/2015/02/ATF_book.pdf
- Mancuso, S., Viola, A.** 2015. Brilliant Green. Island Press, Washington, DC
- Roloff, A.** 2018. Vitalitätsbeurteilung von Bäumen. Aktueller Stand und Weiterentwicklung. Haymarker Media, Braunschweig
- Roloff, A.** 2015. Handbuch Baumdiagnostik. Baum-Korpersprache and Baum-Beurteilung, Ulmer, Stuttgart
- Sala, E.** 2020. The Nature of Nature: Why We Need the Wild. National Geographic.
- Shigo, A.** 1991 (2013). Modern Arboriculture: a System Approach to the Care of Trees and their Associates. Shigo and Trees, Snohomish, Washington
- Shigo, A.** 1986 (2008). A New Tree Biology: Facts, Photos, and Philosophies on Trees and their Problems and Proper Care. Shigo and Trees, Snohomish, Washington
- Shigo, A., Marx, H.** 1977. Compartmentalization of Decay in Trees. USDA Forest Service, Washington, DC (Google Books)
- Siewniak, M., Wessolly, L., Bobek, W., Siewniak, M.** 2020. Statyka drzew. Analiza zawodności. Poradnik profesjonalisty. Centrum Dendrologiczne, Wolica.
- Simard, S.** 2021. Finding the Mother Tree: Discovering the Wisdom of the Forest. Alfred A. Knopf, New York
- Simard, S. and Toomey, D.** 2016. Exploring How and Why Trees “Talk” to Each Other. YaleEnvironment360 (e360.yale.edu/features/exploring_how_and_why_trees_talk_to_each_other)
- Wessolly, L., Erb, M.** 2016. Manual of Tree Statics and Tree Inspection, Berlin
- Witkoś-Gnach, K., Krynicki, M.** 2021. Basic and Advanced Tree Assessment Standard, Fundacja EkoRozwoju, Wrocław
- Witkoś-Gnach, K., Tyszek-Chmielowiec, P.**, ed. 2016. Trees – a Lifespan Approach. Fundacja EkoRozwoju, Wrocław
- Wohlleben, P.** 2016. The Hidden Life of Trees. What They Feel, How They Communicate. Greystone Books, Canada.
- Wohlleben, P.** 2019. Das Geheime Band zwischen Mensch und Natur. Ludwig Verlag, München

Homamku

Homamku

Науково-популярне видання

Пйотр Тишко-Хмеловец

Основи біології, екології та біомеханіки дерев

Посібник для інспекторів стану дерев та арбористів

Переклад з англійської О.В. Вакаренко та П. Тишко-Хмеловца

Фото і рисунки: Якуб Юзефчук, Пйотр Тишко-Хмеловец (PTCh)

Художнє оформлення: Пауліна Санецька

Редактор серії: Беата Пахновська

Художнє оформлення серії: Марта Плонка

Комп'ютерна верстка: Олена Вакаренко

Ви тримаєте книгу, українське видання якої — це перший результат роботи великої команди людей, організацій, об'єднаних мрією однієї людини, Семена Обломея, стати арбористом. Його особиста мрія ніколи не здійсниться — Семен віддав своє життя, захищаючи Україну. Саме на його честь в рамках благодійного фонду Peli can live було створено «Фонд Семена Обломея». Місія Фонду — допомогти розвитку культури арбористики в Україні, допомогти всім, хто відчуває, арбористику своїм покликанням, розвиватися в професії. Нести зміни.

Семен був серцем нашої команди. Він вмів знайти ключик до кожного. Всі, хто знав Семена, згадують його широкий кругозір, вміння підтримати, спрагу до життя, яке забрала війна в 22 роки. Мрія, яка була так сильно наповнена його енергією, таки живе і надає нам насагу рухатися вперед!

Яна Боброва
Виконавча директорка
Благодійного фонду «Peli can live»



фото Лізи Пирожкової

