

**НАВЧАЛЬНЕ
ВИДАННЯ**

**Пузріна Н. В., Мєшкова В. Л., Миронюк В. В.,
Бондар А.О., Токарева О. В., Бойко Г. О.**

МОНІТОРИНГ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Навчальний посібник

**Пузріна Н. В., Мєшкова В. Л., Миронюк В. В.,
Бондар А.О., Токарєва О. В., Бойко Г. О.**

МОНІТОРИНГ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Навчальний посібник

**Київ
2021**

УДК 630*18:630*41(072)

ББК 43

М 77

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол __ від ____ 2021 року).

Рецензенти:

Лакида П.І., доктор с.-г. наук, професор, директор Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ);

Новицький В. П., доктор с.-г. наук, асистент кафедри екології та біотехнології Білоцерківського національного аграрного університету (м. Біла Церква);

Пастернак В. П., доктор с.-г. наук, професор, провідний науковий співробітник лабораторії моніторингу і сертифікації лісів Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агроеліорації ім. Г.М. Висоцького (м. Харків).

М 77 Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем:
навчальний посібник. Київ : НУБіП, 2021. 273 с.

Навчальний посібник містить розділи, які розкривають основні визначальні принципи проведення лісопатологічного моніторингу як невід'ємної складової лісозахисту, зокрема обстеження розсадників, насаджень різних класів віку та методи моніторингу насаджень на основі даних дистанційного зондування Землі. Також розглянуто екологію шкідливих організмів лісових екосистем та причини порушення нормального стану лісів.

Зміст навчального посібника відповідає навчальній програмі дисципліни «Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем». Посібник буде корисний студентам, аспірантам, докторантам, викладачам закладів вищої освіти, спеціалістам лісового господарства та лісозахисту.

Укладачі:

Пузріна Наталія Василівна
Мешкова Валентина Львівна
Миронюк Віктор Валентинович
Бондар Анатолій Омелянович
Токарева Ольга Вікторівна
Бойко Ганна Олексіївна

© Пузріна Н. В., Мешкова В.Л.,
Миронюк В.В., Бондар А.О.,
Токарева О. В., Бойко Г. О., 2021
© НУБіП України, 2021

ISBN

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Пузріна Наталія Василівна



Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства НУБіП України, член-кореспондент Лісівничої академії наук України. Наукова діяльність у галузі лісівництва пов'язана з опрацюванням та поглибленням знань щодо особливостей екології лісових шкочочинних комах та умов формування осередків їх масового розмноження, вдосконаленням лісопатологічного моніторингу шкочливих організмів лісових екосистем, методики ентомологічних обстежень, методів обліку чисельності шкочочинних комах та прогнозу їх розвитку. Автор та співавтор більш як 60 наукових, методичних та навчально-методичних праць, 1 навчального посібника, 2 монографій, 1 патенту на корисну модель, 1 свідоцтва про реєстрацію авторського права.

Електронна адреса: npuzrina@nubip.edu.ua

Мешкова Валентина Львівна



Доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Лісівничої академії наук України, керівник Східного відділення Лісівничої академії наук України, завідувач лабораторії захисту лісу Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. За сумісництвом – професор кафедри зоології та ентомології та кафедри садово-паркового господарства Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Наукова діяльність присвячена дослідженню динаміки популяцій лісових комах, впливу пошкодження та ураження шкочливими організмами на стан і ріст дерев, питанням нагляду і прогнозуванню у захисті лісу. Автор і співавтор понад 550 наукових і методичних праць, 1 навчального посібника, 6 монографій, 1 патенту на корисну модель. Під її керівництвом захищено 13 кандидатських дисертацій. Є членом Президії Українського ентомологічного товариства та Почесним членом Українського ентомологічного товариства.

Електронна адреса: valentynamechkova@gmail.com

Миронюк Віктор Валентинович



Доктор сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України. Автор та співавтор понад 150 наукових праць, наукових і науково-методичних розробок. Напрями наукових досліджень пов'язані з розробкою нормативів для таксації лісових насаджень, поєднанням методів наземного збору даних і матеріалів супутникової зйомки для моніторингу та інвентаризації лісів; моделюванням ризиків лісових пожеж на ландшафтному рівні.

Електронна адреса: victor.myroniuk@nubip.edu.ua

Бондар Анатолій Омелянович



Доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства НУБіП України, член-кореспондент Лісівничої академії наук України. Наукова діяльність пов'язана з розробкою теоретичних основ і методів створення та вирощування високопродуктивних штучних дубових насаджень за участю інтродукованих і аборигенних лісових порід в умовах центральної частини України, результати наукових досліджень знайшли широке впровадження у виробництві. Автор та співавтор біля 60 наукових та навчально-методичних праць, в тому числі 8 монографій.

Електронна адреса: vinwood@mail3.nest.vn.ua

Токарева Ольга Вікторівна

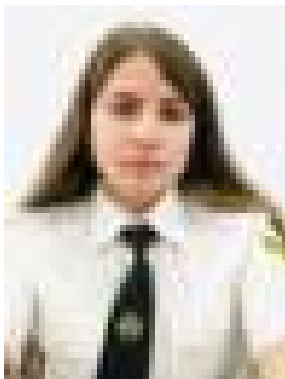


Кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. Наукові інтереси пов'язані з оцінкою рекреаційного користування лісу, фітоклімату, впливу рекреації на лісостани. Автор та співавтор понад 70 наукових та навчально-методичних праць, в т. ч. 3 навчальних посібників, 1 монографії.

Нагороджена подяками за заслуги перед Національним університетом біоресурсів і природокористування України (2015), Почесною грамотою Національного університету біоресурсів і природокористування України (2019), подякою Голови Державного комітету лісового господарства України (2020), Почесною грамотою Товариства лісівників України (2021).

Електронна адреса: o.v.tokareva@nubip.edu.ua.

Бойко Ганна Олексіївна



Кандидат сільськогосподарських наук, асистент кафедри лісівництва Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства. Наукова діяльність у галузі лісівництва пов'язана з дослідженням видового складу і біологічних властивостей аутоміко- та мікробіоти соснових насаджень, особливостей екології лісових шкодочинних комах та збудників хвороб. Автор та співавтор більш ніж 60 наукових, методичних та навчально-методичних праць, серед них 11 статей у фахових виданнях та опублікованих в інших міжнародних наукометричних базах, 48 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-практичних конференціях, 3 навчально-методичні розробки, 3 патенти на корисну модель, 2 монографії. 1 навчальний посібник.

Електронна адреса: hanna.boiko@nubip.edu.ua

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ЕКОЛОГІЯ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ	8
1.1. Причини порушення нормального стану лісових екосистем	8
1.2. Пошкодження рослин комахами (<i>Insecta</i>)	28
1.3. Основні типи хвороб деревних рослин	45
1.4. Механізми нападу патогенних мікроорганізмів	51
1.5. Механізми захисту рослин	57
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ФІТОСАНІТАРНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСОСТАНІВ	69
2.1. Моніторинг як система спостережень за станом навколишнього середовища в Україні. Фітосанітарний моніторинг	69
2.2. Загальні методи лісопатологічних обстежень	99
2.3. Методи та технологія фітопатологічних досліджень	106
2.4. Методи одержання чистих культур дереворуйнівних і деревозабарвлюючих грибів	123
2.5. Обстеження плодів і насіння лісових деревних рослин	133
РОЗДІЛ 3 ОБСТЕЖЕННЯ ЛІСОВОГО РОЗСАДНИКА	139
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИ ЛІСОПАТОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ МОЛОДНЯКІВ	147
РОЗДІЛ 5 ЛІСОПАТОЛОГІЧНІ ОБСТЕЖЕННЯ СЕРЕДНЬОВІКОВИХ, ПРИСТИГЛИХ, СТИГЛИХ І ПЕРЕСТІЙНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ	160
5.1. Обстеження в осередках збудників хвороб	167
5.2. Обстеження в осередках хвое- та листогризів	179
5.3. Оцінювання поширення стовбурових шкідників	196
РОЗДІЛ 6 МЕТОДИ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАСАДЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	206
6.1. Стислий огляд технологій дистанційного моніторингу пошкоджень лісових насаджень шкідниками та хворобами лісу	207
6.2. Вибір технологій ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу	210
6.3. Огляд автоматизованих алгоритмів обробки даних ДЗЗ	217
6.4. Інтеграція даних лісопатологічного моніторингу на основі геоінформаційних систем	226
6.5. Актуальні напрями розвитку лісопатологічного моніторингу на основі даних ДЗЗ	228
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ	231
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	243
ДОДАТКИ	249

ВСТУП

Порядок проведення та обсяг лісопатологічних обстежень, профілактичних і винищувальних заходів захисту лісу встановлені й регламентовані нормативними документами – положеннями, настановами, інструкціями, рекомендаціями.

Відповідно до цих положень для виявлення осередків збудників хвороб і шкідливих комах та оцінювання загрози лісовим насадженням проводять лісопатологічні обстеження. Матеріали цих обстежень є підставою для картографування осередків і проектування заходів захисту лісу.

Відомо, що успішний захист насаджень від збудників хвороб і шкідливих комах можливий лише у тому випадку, якщо ці організми своєчасно і вірно визначені. У зв'язку з цим є необхідність покращити практичну підготовку студентів, навчивши їх методам лісопатологічних обстежень і діагностики збудників хвороб і шкідників.

На жаль, у курсах лісової фітопатології й лісової ентомології не передбачено ознайомлення із загальними основами діагностики – розділу або вчення про розпізнавання уражень і пошкоджень лісових деревних порід і причин, що їх викликають. Тому студенти не отримують потрібних знань із цих питань. Помилки у діагностиці причин погіршення стану багаторічних насаджень і невірне призначення можуть спричинити втрати, які неможливо ліквідувати протягом багатьох років.

Визначення уражень і пошкоджень деревних видів утруднюється подібністю їхнього прояву за різноманітних причин його виникнення. Тому під час підготовки фахівців лісового господарства необхідно навчити студентів діагностувати ураження деревних видів збудниками хвороб і пошкодження шкідливими комахами.

Метою дисципліни «Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем» є засвоєння теоретичних основ моніторингу та прогнозування епіфітотій і спалахів шкідливих організмів та призначення відповідних заходів захисту лісу.

Предметом дисципліни «Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем» є вивчення основ моніторингу та прогнозування епіфітотій і спалахів шкідливих організмів,

обґрунтоване передбачення їхніх строків появи, рівнів поширення й розвитку та можливих явищ і процесів у фітосанітарному стані біоценозів у майбутньому.

Основні завдання дисципліни «Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем»: забезпечити своєчасне засвоєння зовнішніх ознак прояву патологічного процесу на деревній рослині; навчити магістрів кваліфіковано складати короткотерміновий, довгостроковий і багаторічний прогнози поширення основних збудників хвороб і шкідників.

У результаті вивчення дисципліни «Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем» здобувач повинен знати: особливості екології шкідливих організмів лісу, вимоги до екологічних умов (типу лісорослинних умов, віку, повноти складу насаджень тощо), умови формування осередків їхнього масового розмноження; основи методичних підходів до проведення лісопатологічного моніторингу (нагляду, обстеження, обліків); основи камерального аналізу даних обстеження (макроскопічних, мікроскопічних, фізичних і хімічних методів виявлення патогенів основних хвороб деревних і чагарникових рослин, обліку пошкоджень); методи аналізу матеріалів лісовпорядкування, зокрема засобами ГІС-технологій із метою побудови прогнозів різної завчасності; основних ентомофагів та збудників хвороб ентомошкідників, принципи використання їх для проведення біологічного захисту лісових насаджень;

вміти: організовувати та здійснювати моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем; діагностувати основні типи пошкоджень і шкідливих організмів, які їх спричинили; оцінювати загрозу лісу (зокрема садивному матеріалу, селекційним об'єктам, незімкненим культурам, заготовленій деревині тощо); складати сезонний і багаторічний прогнози поширення та розвитку шкідливих організмів; своєчасно надавати рекомендації стосовно профілактичних заходів та економічно й екологічно ефективних заходів захисту лісу.

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГІЯ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1. Причини порушення нормального стану лісових екосистем

Порушення нормального стану лісової екосистеми може бути зумовлене найрізноманітнішими чинниками, які умовно можна об'єднати у групи: абіотичні, біотичні і антропогенні.

До *абіотичних факторів* (чинників) належать кліматичні та ґрунтові умови. Вони можуть бути більш чи менш сприятливими для лісу. У будь-якому разі дерева у процесі росту або гинуть відразу, або пристосовуються до умов у місці свого зростання. Водночас у випадку раптового порушення цих умов дерева не можуть швидко пристосуватися, вони ослаблюються і стають сприйнятливими до дії інших (біотичних і антропогенних чинників). Так вітер спричиняє вітровали й буреломи, сніг – сніговали і сніголами, суха і тепла погода створює умови для розвитку пожеж, а посухи – для ослаблення та масового всихання насаджень. Коливання рівня ґрунтових вод як у бік підвищення, так і в бік пониження порушує нормального життя лісових екосистем [5, 6, 56, 57]. Адже якщо корені «звикли» до певного рівня ґрунтових вод, а він понизився, їм не вистачає вологи, а якщо підвищився – не вистачає кисню.

До *біотичних факторів* (чинників) належить діяльність усіх живих організмів, які формують екосистему. Комахи-хвоє- і листогризи (хвоє-листогризні комахи) пошкоджують асиміляційний апарат, що призводить до зниження приросту і значного ослаблення деревних рослин. Комахи-ксилофаги прискорюють загибель ослаблених дерев і насаджень. Оселяючись під корою, вони пошкоджують луб, деревину, а ще й заносять збудників хвороб. Деякі комахи пошкоджують плоди і насіння. Значної шкоди завдають ссавці, за високої чисельності копитні, особливо лось, ламають молоді культури, здирають кору, знищують гілки. Кабани з'їдають висіяні жолуді та підривають корені дерев. Негативно впливають на ліс дереворуйнівні гриби. Стовбурові та кореневі гнилі, спричинені

ними, знижують вихід ділової деревини, сприяють розвитку буреломів і вітровалів [2, 22].

Антропогенні фактори (чинники), зокрема подальший ріст кількості техніки і населення, урбанізація – все це породжує нові і нові несподівані впливи на природні комплекси, в тому числі на лісові екосистеми. Під впливом людини в біосфері відбулися величезні зміни, які накопичувалися поступово. За століття знищені величезні масиви лісів, висохли річки, з'явилися пустелі та рухливі піски, різко знизилася чисельність багатьох тварин і рослин, а деякі з них зникли. Замість них з'явилися створені людиною нові форми свійських тварин і культурних рослин, широкий розвиток отримало землеробство, монокультура, і в зв'язку з цим виснаження та ерозія ґрунтів. Продовжуючи брати у природи сировину, промисловість виробляє та викидає у навколишнє середовище нові речовини, багато з яких шкідливі для окремих екосистем і для біосфери загалом.

Основними антропогенними чинниками впливу на стан лісових насаджень є пожежі, рекреація, техногенне забруднення та господарська діяльність (будівництво доріг, влаштування ліній електропостачання, розорювання земель, внесення добрив і агрохімікатів, забруднення ґрунту побутовими стоками), а також лісогосподарська діяльність. Іноді важко визначити, який чинник ослаблення лісу є первинним – пожежа від блискавки є абіотичним чинником, а від підпалу – антропогенним. Зміна рівня ґрунтових вод унаслідок посухи чи надмірних опадів є біотичним чинником, а внаслідок вирубування дерев – антропогенним.

Лісові пожежі – найбільш розповсюджене стихійне лихо в лісах. Пожежі негативно впливають на більшість процесів життя лісу, зокрема спричиняють зміну лісових формацій. В посібнику ми окреслимо тільки вплив пожеж на деревостан і утворення згарищ та горільників як осередків масового розмноження шкідників лісу.

За класифікацією І. С. Мелехова (1948) лісові пожежі поділяють на *низові* (надґрунтові, підстилково-гумусові, підлісково-кущові), *верхові* (верхівкові і стовбурові) і *підземні* (торф'яні). Тривале горіння на одному місці характерне для стійкої форми низової пожежі, а швидке переміщення вогню в лісі – для рухливої низової пожежі. Залежно від швидкості

поширення верхова пожежа має вигляд швидкого («ураганного») вогню або стійкої повальної пожежі. У результаті пожежі на ділянці лісу утворюються горільник (коли ліс уражений вогнем, але живий) чи згарище (коли дерева гинуть, і їх доводиться вилучати санітарними рубками). Тип згарища залежить від типу лісу, інтенсивності пожежі, її площі і часу появи (навесні, влітку, восени) [25].

Горільники з життєздатними деревостанами виникають після різних видів низових пожеж. Для них характерні післяпожежні зміни, які призводять до деградації деревостану лише в тому випадку, якщо живих, малоушкоджених дерев залишається 50–60 %. Згарища приваблюють із сусідніх насаджень стовбурових шкідників, які можуть за декілька тижнів призвести до загибелі ослаблених дерев. Дерев, які залишаються після пожежі, часто мають вогневі пошкодження: опіки стовбура, опіки й перегорання коренів, крони, а також поверхневі опіки кори, які не пошкоджують камбій. У результаті опалу кори і ураження під нею камбію утворюється пожежна підсушина. З країв прихованої під корою підсушини формується калюс, рана починає заростати, кора на місці підсушини відпадає. Однак дерева з оголеними підсушинами трапляються зрідка, частіше виявляються приховані підсушини. Пожежна підсушина охоплює найціннішу, окоренкову частину стовбура. Середня тривалість заростання пожежних травм (підсушин) у кореневої шийки становить близько 50 років (Мелехов, 1948) [25].

Камбій дуже чутливий до опіків і за температури понад +57°C відмирає, внаслідок чого буріє. Небезпека ураження камбію пожежею залежить від товщини кори, висоти до початку живої крони і від глибини залягання коренів. Деревні види з грубою корою, глибокою кореневою системою і високо піднятою кроною стійкіші до вогню, ніж ялина і ялиця.

Життєздатність дерев на згарищах залежать від часу виникнення пожежі, сили вогню, площі пожежі, типу лісорослинних умов, віку ушкоджених пожежею насаджень і стану крон. Заселеність стовбуровими шкідниками залежить насамперед від санітарного стану дерев, а їхній видовий склад – від сезону пожежі. Згідно із цим розроблено критерії оцінювання ймовірності відпаду дерев у насадженнях різного віку та порядок обстеження згарищ, що дає змогу вчасно організувати

проведення за необхідності вибіркових чи суцільних санітарних рубок [25, 45].

Максимальне заселення дерев стовбуровими шкідниками припадає на перший-другий роки після пожежі, на великих згарищах – на третій-четвертий роки, а іноді і на п'ятий рік (на четвертий рік вже не залишається доступних для заселення дерев). Найдовше на згарищах, за даними В. Н. Старка (1931), розвиваються популяції великого соснового лубоїда *Tomicus piniperda* L. і гравера *Pityogenes chalcographus* L., які трапляються навіть на 6-й і 7-й роки після пожежі. Першими зникають із згарищ соснова златка *Phaenops cyanea* F. і короїд-поліграф *Polygraphus polygraphus* L. Проміжне місце посідають короїд-типограф *Ips typographus* L. і малий сосновий лубоїд *Tomicus minor*, чисельність яких різко знижується на третій рік [45, 52].

Видовий склад стовбурових комах на згарищах у соснових лісах різних географічних регіонів доволі одноманітний. Найменш ослаблені дерева заселяють агресивні види ксилофагів – соснові лубоїди (*Tomicus piniperda* L. і *Tomicus minor* Hrtg.), верхівковий короїд (*Ips acuminatus* Gill.), синя соснова златка (*Phaenops cyanea* (Fabr.)), вусачі роду *Monochamus*. У міру ослаблення дерев їх заселяють менш агресивні види – шести зубчастий короїд *Ips sexdentatus* Boern., сірий довговусий вусач, *Acanthocinus aedilis* L., смугастий деревинник *Trypodendron lineatum* L., а вже незворотно ослаблені та всихаючі дерева заселяють окоренкові вусачі *Rhagium inquisitor* L., *Spondylis buprestoides* L., *Criophalus* L., *Asemum striatum* L.

Дерева сильно пошкодженні вогнем, відмирають без участі стовбурових шкідників. На деревах поселяються сапрофітні гриби *Schizophyllum commune* Fr. та ін. По мірі руйнування стовбура в нього проникають технічні шкідники, які безпечні для життєздатних дерев, але небезпечні з погляду погіршення якості деревини. Водночас, ці комахи разом із грибами сприяють розкладанню деревини та надходженню продуктів розпаду в ґрунт, що є корисним для лісової екосистеми. Якщо у перші роки утворення згарища стовбурові комахи прилітають на нього із сусідніх і навіть далеких насаджень, то після розмноження цих комах в ослаблених деревах вони мігрують у сусідні насадження, де поступово їх популяції розосереджуються. При цьому іноді виникають куртинні осередки короїдів (у хвойних лісах) і златок

(у листяних лісах), де починається значний відпад дерев. Вчасно проведені санітарні рубки на горільнику можуть зменшити ризик поширення стовбурових шкідників у сусідні насадження.

Під час розробки згарищ зростає небезпека ерозії ґрунту внаслідок неправильного проведення рубки лісу вздовж схилів із наступним трелюванням колод із здиранням рослинного покриву. Ерозія може розвиватися також після сильних снігових лавин.

Вітровали і буреломи. Вітровали і буреломи широко розповсюджені в лісах і спричиняють значну шкоду лісовому господарству. Вони виникають під впливом вітру і є місцями масового розмноження стовбурових шкідників. Морозов Г. Ф. (1931) зазначав, що вітер, розхитуючи дерева, обриває корені і тим самим значно ослаблює їх [2, 35].

Масовий вітровал і бурелом утворюються за швидкості вітру $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і більшій. Вітровалом прийнято називати вивалення дерев із коренем, а буреломом – злам стовбура нижче крони. Вітровал відбувається в тому випадку, коли сила вітру перевищує силу зчеплення коренів із ґрунтом. Якщо сила вітру слабша від сили зчеплення коренів із ґрунтом, але перевищує опір стовбуру на злам, відбувається бурелом. Від вітровалу потерпають переважно дерева із слабо розвиненою й поверхневою кореневою системою, а від бурелому – дерева з рихлою, м'якою деревиною. Вітровалу сприяють кореневі гнилі, а бурелому – стовбурові гнилі і поперечний рак.

Руйнівна дія вітру посилюється, якщо його напрямок не співпадає з переважаючим, якщо дерева знаходяться на узліссях, за надмірного раптового зрідження насаджень, недотримання правил рубок, порушення способів примикання і напрямку лісосік. Вітровал і бурелом виникають у лісі в невеликій кількості періодично. Якщо санітарних правил дотримуються, всі повалені й заселені стовбуровими шкідниками дерева своєчасно прибирають або використовують як ловильні. Однак, підприємства дуже часто не встигають своєчасно прибирати вітровальні дерева, внаслідок чого відбувається заселення стовбуровими шкідниками і наростання їхньої чисельності в лісі. В ялинниках дуже часто трапляються куртинні осередки пухнастого лубоїда *Polygraphus polygraphus* L., які поширилися від поблизу розташованого вітровалу. В більш старих і зріджених ялинових деревостанах поширені осередки короїда типографа *Ips*

typographus L., вусачів блискучого *Tetropium castaneum* L. і чорного ялинового *Monochamus sutor* L. У соснових насадженнях залежно від строків утворення бурелом заселяють соснові лубоїди *Tomicus piniperda*, *T. minor* у більш затінених місцях, а короїди *Ips sexdentatus* та *I. acuminatus* Gyll. – в освітлених. Крім короїдів, буреломні та вітровальні сосни заселяють вусачі *Acanthocinus aedilis*, *Monochamus galloprovincialis*, *Rhagium inquisitor*, іноді синя соснова златка *Phaenops cyanea*.

У випадку масового бурелому й вітровалу, який може охоплювати сотні гектарів, його своєчасна розробка і вивезення деревини дуже ускладнюється, внаслідок чого виникає загроза масового розмноження стовбурових шкідників. Особливо сильно потерпають від негативного впливу вітрів гірські ліси, де вітровали завжди супроводжуються утворенням короїдних осередків [2, 35].

Сніголами, сніговали і ожеледиця. Сніг у великій кількості затримується на кронах дерев. Високі, але порівняно тонкі й молоді дерева під масою рихлого, мокрого снігу починають згинатися, унаслідок чого утворюються сніголам і сніговал. Сніголаму (ламання сучків, вершин і стовбурів нижче крони) і сніговалу (вивалювання дерев із коренем) сприяє надмірна густота лісу. Навал снігу часто спричиняє пошкодження насаджень. В першу чергу пошкоджуються дерева слабо розвинені, з кронами неправильної форми, з відхиленими від вертикальної осі стовбурами. Від сніголаму особливо сильно потерпають сосна, дещо менше ялина, а з листяних видів осика. У пошкоджених снігом лісостанах часто виникають осередки стовбурових шкідників, особливо короїдів і смолюхів (*Pissodes* spp.). Крім того, внаслідок сніголаму розвивається багатoverхівковість, з'являються викривлення стовбурів і грибні хвороби. Поодинокі сніголамні дерева періодично є у насадженні, й їх заселяють стовбурові шкідники так само, як і вітровал.

У степових лісах доволі часто відбувається пошкодження *ожеледицею*. Під дією ожеледиці ламаються гілки, стовбури дерев на різній висоті, дерева заселяють короїди та златки. Особливо потерпають від ожеледиці робінія звичайна, ясени, в'язи, тополі, дуб та ін.

Град у деяких випадках спричиняє також доволі суттєві механічні пошкодження молодих гілок і підросту. На рослинах

роду бук через поранення гілок часто проникає інфекція *Nectria ditissima* Tul., яка спричиняє розвиток некрозу. Іноді град збиває і пошкоджує листя, що призводить до часткової втрати приросту протягом 1–2 років [51, 57].

Надмірне зволоження. У насадженнях, які ростуть на заболочених територіях, дуже часто виникають осередки стовбурових шкідників. Вони можуть з'явитися біля заболочених лісосік, згарищ і недорубів в ялинових лісах, у сфагнових сосняках, на узбіччях торф'яних боліт. Осередки можуть утворюватися в западинах, де у дощові роки накопичується волога і за несприятливих ґрунтових умов відбувається інтенсивне усихання лісу на порівняно невеликій території, яке завжди супроводжується швидким наростанням чисельності стовбурових шкідників. Водосховища мають великий гідрогеологічний вплив на розташовані поблизу території, зокрема на лісові насадження. Цей вплив залежить від розмірів підпору води, кліматичних умов, ґрунту і рельєфу [4].

Кореневі гнилі та комахи-дефоліанти. Кореневі гнилі широко розповсюджені в хвойних лісах. Унаслідок ураження дерева кореневою гниллю порушується постачання у верхні частини дерева води і поживних речовин. Це призводить до ослаблення і поступового всихання дерев. Основними збудниками є *Fomitopsis annosa* (Fr.) Bond. at Sing. та *Armillariella mellea* (Vahl. et Fr.) Karst. Обидва гриби – це комплекси штамів, можуть бути і сапрофітами, і паразитами залежно від навколишніх умов. Так у Поліссі на тлі коливання рівня ґрунтових вод і поширення інвазійної хвороби – халарового некрозу підсилилася агресивність збудників кореневих гнилей.

Видовий склад стовбурових шкідників і їхнє розповсюдження в осередках кореневої губки залежать від віку, складу деревостану, типів лісу та часу ослаблення дерев [11, 18, 28, 30, 34], і, насамперед, від їхнього санітарного стану.

Знищення комахами хвої і листя дерев призводить до послідовних змін у житті лісового біогеоценозу. У дерев, які втратили листя (хвою), порушуються нормальний водообмін і фотосинтез, що призводить до тимчасового зниження або повної втрати приросту і стійкості. Хвойні насадження, як правило, сильніше реагують на повну або часткову втрату хвої, ніж листяні. Вони різко знижують приріст під впливом об'їдання хвої, а у разі

повторного об'їдання починають усихати і піддаються нападу стовбурових шкідників.

Більшість комах-дефоліантів належать до рядів лускокрилих, перетинчастокрилих і твердокрилих. Їхні личинки частково чи суцільно об'їдають асиміляційний апарат дерев. За сильного пошкодження порушуються найважливіші фізіологічні функції дерева (фотосинтез, дихання, транспірація). Найбільш поширені хвоєгризні комахи – шовкопряд сосновий *Dendrolimus pini* L.; совка соснова *Panolis flammea* Schiff.; п'ядун сосновий *Bupalus piniarius* L.; шовкопряд-монашка *Lymantria monacha* L.; звичайний сосновий пильщик *Diprion pini* L.; рудий сосновий пильщик *Neodiprion sertifer* Goffr. [18, 31, 43].

Найпоширеніші листогризні шкідники деревних рослин належать до лускокрилих: шовкопряд непарний *Lymantria dispar* L.; кільчастий шовкопряд *Malacosoma neustria* L.; золотогуз *Euproctis chrysorroea* L.; зелена дубова листовійка *Tortrix viridana* L.; глодова листовійка *Cacoecia crataegana* Hb.; вербова хвилівка *Leucoma salicis* L.; п'ядун зимовий *Operophtera brumata* L.; п'ядун-обдирало *Erannis defoliaria* Cl.; американський білий метелик *Hyphantria cunea* Drury; дубова чубатка *Peridea anceps* Goeze. [18, 31, 43].

Також асиміляційний апарат листяних деревних рослин (берези, верби, вільхи, горобини) пошкоджують численні види пильщиків (*Arge ustulata*, *Tentredo ferruginea*, *Trichosoma vittellinae*, *Trichosoma silvatica*, *Rhogogaster punctulatus*, *Rhogogaster viridis* та ін.). Личинки справжніх пильщиків живуть відкрито і зовні нагадують гусінь метеликів, відрізняючись від неї великою кількістю несправжніх черевних ніг (6–8 пар). Для ясена й бирючини небезпечним є чорний ясеновий пильщик *Tomostethus nigritus* F.

На тлі антропогенного навантаження та зміни клімату зростає роль аборигенних комах мінерів (зокрема, дубової широколінійної моли *Acrocercops brongniardella* F.), листоїдів (дубової білшки, тополевого, в'язового, вільхового тощо) і сисних комах, зокрема інвазійних видів (дубового клопа-мереживниці *Corythucha arcuata* (Say)).

Промислові викиди в атмосферу. Промислові підприємства викидають в атмосферу суміш газів, випарів і твердих часток, до складу яких входять різноманітні хімічні речовини. Найбільш

розповсюдженими газами є сірчаний ангідрид, сполуки фтору, хлору, окиси азоту та інші. Тверді частки, які потрапляють в атмосферу, найчастіше складаються з незгорілих частин вугілля, сульфатів і сульфідів металів (заліза, цинку, міді, свинцю), хлоридів, сполук кальцію, натрію, магнію тощо. До складу рідких аерозолів входять пари кислот, фенолів та інших речовин, а також сполуки, які утворюються в результаті взаємодії газів і твердих часток із водяним паром. Промислові викиди в деяких регіонах іноді суттєво впливають на лісові насадження, викликаючи їхнє всихання.

Виділено три види газостійкості: біологічну, морфолого-анатомічну та фізіологічну [36]. Біологічна газостійкість – це спроможність рослин відновлювати уражені газами надземні органи. Морфолого-анатомічна газостійкість обумовлюється особливостями будови листків, які зменшують швидкість надходження у них газоподібних речовин. Фізіологічна стійкість до газів притаманна рослинам, які мають низьку загальну окислюваність протоплазми. Так, хвойні деревні види, які мають велику окислюваність, вирізняються малою газостійкістю. Листяні деревні види, навпаки, мають меншу загальну окислюваність і значну газостійкість [5, 36].

Промислові гази потрапляють у листя через продихи нижнього епідермісу і безпосередньо контактують із губчастою паренхімою мезофілу. В міжклітинниках губчастої паренхіми накопичуються шкідливі речовини, які в результаті дифузії і поглинання клітинним соком потрапляють у клітину. Гази можуть проникати в рослини через сочевички і навіть кутикулу. Промислові гази викликають в клітинах і тканинах листків (хвої) найрізноманітніші пошкодження, які є наслідком порушення нормального ходу фізіологічних процесів. Вони спричиняють порушення регулювальної діяльності продихів, руйнування протоплазми і хлоропластів, потовщення стінок, некроз тканин та інші патологічні явища. Під впливом промислових газів пригнічується фотосинтез, порушуються водообмін і багато біохімічних процесів, знижується транспірація, пригнічуються ріст і розвиток деревних видів загалом.

Сірчаний ангідрид. Перші ознаки порушень в організмі рослини під впливом сірчаного ангідриду важко виявити навіть за допомогою біохімічних досліджень і електронного мікроскопу.

Тільки після глибоких, найчастіше незворотних змін, які закінчуються руйнуванням пігментів, клітинних і субклітинних структур, у рослин з'являються зовнішні ознаки пошкодження листя (хвої). Постійне потрапляння в пригрунтовий шар повітря невеликих кількостей сірчаного газу (менше $0,1 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) викликає деформацію листків у вигляді зморшкуватості, скрученості, без помітної зміни забарвлення. У сосни і модрина помітні пошкодження починаються з посіріння кінчиків хвої, зниження тургору і в'янення посірілих ділянок. Через декілька днів посірілі ділянки хвої стають бронзовими. Хвоя пошкоджується рівномірно вздовж всієї крони: більше у верхній частині, менше – у нижній. Хвоя ялини пошкоджується на всій довжині, буріє на 5–7-й дні після дії сірчаного газу. Вздовж крони пошкодження розподіляються нерівномірно. Поруч із рудими мертвими гілками можуть знаходитися зелені гілки без ознак пошкодження. Інша картина складається у разі постійного слабкого задимлення, коли не виявляється токсичних опіків. У цьому випадку в хвої поступово накопичуються сполуки сірки, зменшується тривалість її життя, зріджується крона, відбувається загальне ослаблення і, згодом, відмирання дерева. Повільне розладнання хвойних насаджень під впливом підвищеного вмісту сірчаного газу трапляється дуже часто.

Листяні деревні рослини значно стійкіші до впливу сірчаного ангідриду, ніж хвойні, проте оцінка газостійкості окремих листяних видів суперечлива і часто неаргументована.

Окиси азоту або аерозоль азотистої і азотної кислот у концентрації понад $2 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ викликає глибоке пошкодження листя. Характерною особливістю таких пошкоджень є буруваті ділянки, найчастіше розташовані на вершині та периферії листової пластинки. Кінчики голок хвойних видів набувають темно-червоного кольору. Окиси азоту спричиняють подібні до сірчаного ангідриду фізіолого-біохімічні зміни деревних видів, зокрема у сосни звичайної, але вони менш токсичні [36].

Хлор. За концентрації в повітрі до $1 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ хлор викликає гострі ураження листя, помітні за сріблястим відтінком, слабким потемнінням листової пластинки, втратою тургору. На листі з'являються плями різних розмірів і ступеня безбарвності. Листки поступово починають кришитися, утворюючи дірки. Постійна

низька концентрація хлору викликає на краях листя червонуватий відтінок.

Фтор і його сполуки. У високих концентраціях (менше $0,01 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) фтор і його сполуки викликають появу вузьких некротичних сіро-зелених, а потім світло-жовтих смуг, які розповсюджуються вздовж периферії листка від вершини до основи, листя починає в'янути. Також під дією фтору у хвойних деревних видів виявляється краєвий некроз у вигляді побіління, а потім потемніння кінця голок. Він інтенсивно розповсюджується від вершини до основи хвої, яка опадає у разі відмирання третини або половини довжини. Характерно, що зв'язок між вмістом фтору в хвої і ступенем пошкодження хвойних дерев виявляється дуже слабо. Викликані фтором захворювання деревних видів є причиною усихання великих площ хвойних, найчастіше соснових насаджень. Дослідження вчених показали, що найменш стійка до фтору сосна, далі ялина, ялиця та модрина [36]. Дія фтору на деревні рослини виявляється по-різному: пригнічується, а за високих концентрацій повністю припиняється фотосинтез, уповільнюються розвиток і ріст, загнивають плоди, м'якоть набуває гіркої присмаку (черешня).

Окис магнію входить до складу (80 %) фітотоксичного магнезитового пилу, який містить ще окис кальцію, кремнезему і сажі. Цей пил найсильніше впливає на сосну, за низької та середньої інтенсивності запилення на пагонах поточного року хвоя стає жовтуватозеленою, а дворічна частково буріє й гине. В зоні сильного запилення в кронах знаходиться тільки однорічна хвоя, а пагони попередніх років позбавлені хвої. Унаслідок цього відбувається поступова загибель усього насадження. Ялина дещо стійкіша, ніж сосна, але після кількох років сильного запилення всихає. Всі листяні деревні види також негативно реагують на магнезійний пил. Найменшу стійкість деревні види виявляють навесні, тому що магнезійний пил впливає тільки на молоді листки (хвою) зі слабо розвиненими епідермісом і кутикулою. Під час дощів, рос і туманів на листках (хвої) виникає лужний розчин. Він проникає всередину мезофілу і перешкоджає поновленню нормальної життєдіяльності клітин на другому році вегетації. Відмирання ще життєздатних дерев сосни часто відбувається внаслідок заселення дерев стовбуровими шкідниками.

Дальність викидів залежить від інтенсивності, висоти труб і сили вітру. Крім того, на розповсюдження димових газів дуже впливають погодні умови, які визначають стан атмосфери.

Напрямок панівних вітрів визначає розповсюдження димових газів, тому осередки усихання зазвичай зосереджені точно відповідно до рози вітрів. Розповсюдження газових потоків іде долинами, дорогами, просіками, лісосіками, зрідженими насадженнями. У зв'язку із цим цілісність лісового масиву значною мірою визначає його стійкість до димових газів.

Проведені у різних географічних регіонах дослідження свідчать, що інтенсивність усихання хвойних насаджень під впливом промислових викидів тісно пов'язане з віком, повнотою і складом деревостану, відстанню від джерела забруднювачів (полютантів), напрямком вітру, рельєфом, погодними умовами, концентрацією токсинів у повітрі, загальним станом біогеоценозу і чисельністю стовбурових шкідників [30, 53].

Відтак, екологічні угруповання стовбурових шкідників у насадженнях, які усихають під впливом промислових викидів в атмосферу, не відрізняються від екологічних угруповань шкідників в інших умовах. В ялинниках переважають короїди типограф, двійник, поліграф і гравер, великий і малий чорні вусачі, блискучегрудий вусач, ялиновий смолюх. В ялицевих насадженнях, пошкоджених димовими газами, селяться пальцехідний лубоїд *Xylechinus pilosus* Ratz., смугастий деревинник *Trypodendron lineatum* Ol., свердлики *Lymexylidae*, великий хвойний рогахвіст *Urocerus gigas*, чорні ялинові вусачі *Monochamus*. Береза скрізь інтенсивно заселяється березовим заболонником *Scolytus ratzeburgi* [30, 53].

Під час проектування системи лісогосподарських і спеціальних заходів із захисту лісових насаджень від димових газів необхідно передбачати своєчасне вибирання свіжозаселених дерев. Санітарні рубки потрібно проводити дуже обережно, оскільки раптове зрідження насаджень сприяє розповсюдженню димових газів, збільшенню освітленості та інтенсифікації процесу всихання.

Рекреаційне навантаження. Під час відвідування лісів людьми з метою відпочинку на лісостани відбувається певний вплив, який зазвичай має негативний характер та визначається

показником, що має назву рекреаційне навантаження і вимірюється у люд.(год.·га)⁻¹ або люд.·га⁻¹[63].

Нерегульоване, надмірне рекреаційне навантаження призводить до порушення зв'язків між компонентами лісу, втрати стійкості лісостанів та їхньої поступової деградації [48]. Під дією рекреації в лісах знищуються лісова підстилка та типова трав'яна рослинність, пошкоджуються підлісок і підріст, заподіюються механічні пошкодження деревам, ущільнюється ґрунт та змінюються його фізико-хімічні властивості, відбувається ґрунтова ерозія в місцях заїзду автомашин, зріджується деревостан, спрощується лісовий біоценоз, зникають уразливі види птахів і тварин.

Стійкість лісу до рекреаційного навантаження – це властивість лісостанів зберігати функції та життєздатність в умовах рекреаційного навантаження [13].

Ступінь впливу рекреаційної діяльності на лісові біогеоценози залежить від кількості одночасно відпочиваючих на одиниці площі, типу лісу, лісівничо-таксаційних показників деревостану.

Інтенсивне рекреаційне лісокористування змінює природні екосистеми та може призвести до незворотних процесів.

До порушень лісостанів у результаті рекреації належать: витоптування живого надґрунтового покриву; пошкодження та/або знищення підросту і підліску; зменшення радіального приросту; спрощення лісових угруповань, збіднення біологічного різноманіття [54]. Лісова рекреація спричиняє зміну видового складу трав'яної рослинності, порушує екосистемні зв'язки. Результатом рекреаційної діяльності є зниження виконання лісами екологічних функцій. Про зміну лісового середовища можуть свідчити: ерозія ґрунтів, погіршення їхніх водних і фізико-хімічних властивостей, зменшення повноти деревостанів, засмічення побутовими відходами тощо.

Найстійкішим компонентом лісостанів є деревостани. За стійкістю до рекреації встановлено такий ряд деревних видів (від найбільш стійких видів до найменш стійких): дуб звичайний, в'яз шорсткий, липа дрібнолиста, клен звичайний, ясен зелений, береза повисла, осика, вільха чорна, сосна звичайна та ялина європейська.

Через ущільнення ґрунту і утворення дернини деревні види потерпають від конкуренції зі злаковою рослинністю, у ґрунті зменшується кількість мікоризоутворюючих грибів. Складний, багаторусний деревостан перетворюється на однарусний. У дібровах із деревостану спочатку випадає граб, інші супутники дуба. За повноти 0,5 дерева поступово починають суховершинити та відмирати.

Такі порушення виникають через нераціональну організацію території та відсутність дорожньо-стежкової мережі [55]. В лісах біля міст чи селищ негативний вплив рекреації посилюється забрудненням атмосфери. До таких умов чутливими є хвойні деревні види, їх приріст у висоту гальмується, крони стають ажурнішими, зменшується приріст дерев у товщину.

У 60–70-х роках ХХ ст. з'явився термін «дигресія» в перекладі з латинської мови (*digressio*) – відхилення, – погіршення санітарного стану, структури, складу та продуктивності біоценозу в результаті зовнішніх та внутрішніх факторів [60]. Більшість дослідників виділяють п'ять можливих стадій рекреаційної дигресії в лісі. Однією з найпоширеніших є методика встановлення стадії дигресії, яка враховує такі зміни в лісостані:

1. На першій стадії дигресія відсутня, надґрунтовий покрив представлений типовими лісовими видами, стежки відсутні.

2. Друга стадія супроводжується появою у складі живого надґрунтового покриву лучних, рудеральних видів і бур'янів, стежки становлять до 10 % площі. Зазвичай зникають ефемероїди. У дібровах поступово випадають із II ярусу граб, клен, липа. Рекреаційне навантаження не перебільшує 10 люд.год.га⁻¹.

3. Третя стадія дигресії виявляється значними змінами у живому надґрунтовому покриві, на 5–30 % площі покрив витоптаний повністю. Типові лісові види зберігаються на площі 50–60 %, а на решті – представлені лучні, рудеральні види та бур'яни. Стежки становлять 20–30 % площі. Всихають до 10 % дерев.

Рекреаційне навантаження становить 10–30 люд.год.га⁻¹. Третя стадія вважається критичною, тобто лісостан ще здатний до самовідновлення.

4. Для четвертої стадії притаманна значна деградація лісостану, тобто припиняється процес лісовідновлення, зникає лісова трав'яна рослинність, підлісок зріджений або повністю відсутній.

Більшість дерев суховерхі, заселені шкідниками, уражені хворобами. Здорові дерева становлять не більше 50 %, деревостан часто низькоповнотний. Лісова рослинність і підстилка зберігаються лише навколо дерев. Переважають стежки, витоптані галявини.

5. Зімкненість намету деревостану менша 0,4, ґрунт сильно ущільнений, можлива ерозія ґрунтів.

Вплив нерегульованої лісової рекреації має тривалий характер.

Стадії дигресії змінюються залежно від особливостей біогеоценозу та характеру рекреації. Соснові, ялинові, дубові, березові та інші насадження на різних ґрунтах і рельєфах мають неоднакову стійкість і тривалість окремих стадій дигресії за однакового впливу на них з боку відпочиваючих.

Процес відпаду відбувається більш інтенсивно в осикових деревостанах, втрата стійкості яких виявляється у разі витоптування 30–40 % площі. У березових і соснових деревостанах витоптування 60–75 % площі призводить до незворотних процесів у лісових екосистемах.

Одним із основних завдань лісового господарства в рекреаційно-оздоровчих лісах є попередження незворотних процесів, які відбуваються на 3–4 стадіях дигресії. Межа, де відбувається якісна зміна процесу дегресії із зворотного на незворотній, називається *межею стійкості лісового біогеоценозу* і визначається візуально.

Вплив рекреаційного навантаження на живий надґрунтовий покрив. У разі незначного рекреаційного навантаження зберігаються конвалія, герань лісова та чина весняна, але зникають квасениця, веснівка, лишайники і мохи. Можуть з'явитися лісові узлісні види: буквиця лікарська, вероніка дібровна, фіалки і суниці. Значне рекреаційне навантаження спричиняє зникненню типових лісових видів (копитняка європейського, переліски благородної, медунки лікарської, зеленчука жовтого) та сприяє появі придорожніх, лугових,

рудеральних видів, бур'янів (подорожника великого, грядиці збірної, тонконога однорічного, конюшини білої та кульбаби).

Зміна лісової підстилки та ґрунту під впливом рекреації. Рекреаційне навантаження призводить до ущільнення, висушування лісової підстилки та ґрунту, зниження його родючості, зменшення надходження органічних речовин до мінерального шару. Ущільнення ґрунту призводить до порушення його структури, зниження шпаруватості, водопроникності, надходження кисню до коренів рослин, уповільнює життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів. У результаті вищенаведених факторів погіршуються лісовідновні процеси.

Ущільнення поверхневого шару ґрунту призводить до суховершинності деревних рослин, зрідження деревостанів і внаслідок цього до розростання трав'яної рослинності. Водночас, зниження функціонування кореневої системи через ущільнення ґрунту викликає у соснових деревостанах активне скидання не тільки чотирирічної й трирічної, але і частково двох- та однорічної хвої. Посилення рівня рекреаційного навантаження сприяє заміні сосни та ялини на березу і осику.

Вплив лісової рекреації на лісових тварин. Присутність людей в лісі призводить до міграції ссавців і птахів. Масовий збір плодів, ягід і грибів призводить до зникнення окремих видів рослин із живого надґрунтового покриву, пошкоджуються та зріджуються підріст і підлісок, що позбавляє корму деяких тварин, погіршує умови гніздування птахів тощо. Значне рекреаційне навантаження призводить до зникнення деяких тварин, зокрема корисних комах.

Разом із тим оптимальне планування рекреаційної території здатне зменшити негативний вплив рекреаційного навантаження на лісові насадження, а біотехнічні заходи здатні сприяти адаптації тварин до умов рекреаційного середовища.

Залежно від типів лісів, природної та рекреаційної зон, тривалості та способів відпочинку встановлюється рекреаційна місткість лісопаркових об'єктів. Під *рекреаційною місткістю* розуміють максимальну кількість людей, які одночасно можуть перебувати в лісі без заподіювання йому суттєвої шкоди [13]. Значення рекреаційної місткості для умов України становлять: для міських парків до 100 люд.·га⁻¹, для зон курортів до 50

люд.·га⁻¹, для зон тривалого відпочинку до 70 люд. га⁻¹, для зон короткочасного відпочинку до 20 люд.·га⁻¹, для лісопарків до 10 люд.·га⁻¹, для лісів до 1–3 люд.·га⁻¹.

В разі одночасного відпочинку від 10 до 50 відвідувачів на одному гектарі необхідно створювати дорожньо-стежкову мережу.

Отже, рекреаційна діяльність людини в лісі створює передумови для підвищеної активності патогенів і чисельності шкідників. В зонах інтенсивної та масової рекреації в лісі збільшується кількість сухих гілок у кронах ослаблених дерев, з'являються суховершинні дерева. Відпочинок у лісі призводить до механічних пошкоджень дерев і кущів. Поверхневі корені та кореневі лапи потерпають від регулярного негативного впливу, майже всі вони мають сліди механічних пошкоджень, які є воротами проникнення патогенів і шкідників. Ослаблення деревних видів призводить до заселення їх стовбурними шкідниками, насамперед короїдами. На ослаблених деревах сосни з'являється опеньок, соснові деревостани уражаються кореневою губкою, а дерева дуба, берези, липи – справжнім та несправжнім трутовиком. Тому важливим стабілізуючим заходом у місцях інтенсивного рекреаційного навантаження є оптимальна організація експлуатації цих лісів.

Лісогосподарська діяльність людини. Вплив господарської діяльності людини на стан лісів надзвичайно різноманітний і з плином часу збільшується. Цей вплив може бути позитивним (садіння лісу, догляд за ним, охорона від пожеж і шкідників) і негативним у тих випадках, коли діяльність людини сприяє поступовому відмиранню насаджень, що супроводжується розвитком хронічних осередків шкідників. Нижче розглянемо тільки деякі з негативних аспектів впливу діяльності людини, усунення яких можливе.

Порослеве поновлення. Систематичне відновлення насаджень порослю веде до його виродження. Порослеві насадження, зазвичай, ослаблені внаслідок різкого порушення розвитку крони і коренів. Крім того, в такому насадженні сприятливі умови для розвитку комах і хвороб на старих материнських пнях. Цим пояснюється велике розповсюдження комах-ксилофагів і утворення значних осередків у вільшаниках та осичниках порослевого походження, уражених гнилями від пня.

Водночас перше і друге покоління порослевих дубів часто не поступаються за продуктивністю та якістю насіннєвим, тому заміна порослевих насаджень насіннєвими має відбуватися з урахуванням віку поколінь [35, 54].

Дуже сильно потерпають порослеві діброви від несправжнього дубового трутовика *Phellinus robustus* (Karst.) Bourd et Galz. та поперечного раку.

Виснаження ґрунту. Лісові культури часто створюють на бідних піщаних ґрунтах, пустирях і старих пасовищах, на дуже еродованих схилах балок, в інших малопридатних для сільськогосподарського використання місцях. Ріст деревних видів у цих умовах ускладнений, у насадженнях дуже часто виникають осередки шкідників і кореневої губки. Також виснаження ґрунту відбувається у випадку вирощування декількох поколінь монокультури сосни на одному місці.

Монокультура. Біологічна стійкість насаджень залежить від їхнього складу. Ще Г. Ф. Морозов (1931) зазначав, що екологія мішаних насаджень сильно відрізняється від екології чистих насаджень [35]. Мішані деревостани краще використовують зайняте ними середовище, клімат, ґрунт. Оптимальний розвиток екосистеми досягається в природі за найбільшої різноманітності органічних форм, які заселяють територію, що дає змогу використати умови середовища, всі ресурси життя. Звідси очевидно, що мішані насадження є найбільш багаті життям, а тому і стійкішими. В мішаних насадженнях найбільш яскраво виявляються протилежні за тенденціями взаємозв'язки, найбільш виражені міжвидова конкуренція і позитивні взаємодії. У таких насадженнях ніколи не буває різко вираженого домінування одного виду над іншим. Це цілком стосується і ентомофауни. Її склад у мішаних насадженнях дуже різноманітний, але різко вираженого домінування видів майже ніколи не виявляється, тому осередки масового розмноження шкідників зрідка виникають, і насадження не піддаються їхньому тиску [18, 35, 47].

У чистих насадженнях, які складаються з одного виду деревної рослини, ситуація протилежна. Такі деревостани характеризуються невеликим видовим різноманіттям живих організмів, зокрема дендрофільних комах, але окремі з них знаходять для себе оптимальні умови за рахунок кормової

рослини, яка утворює насадження, і в силу однорідності піднаметового середовища. У таких насадженнях зв'язки одноманітні, міжвидові протиріччя окремих груп організмів, як правило, виражені слабше, а внутрішньовидові відносини спрямовані на укріплення і процвітання видів, здатних існувати в таких умовах середовища. Чисті ялинові, соснові і дубові культури неодноразово були осередками масових розмножень шкідників і хвороб. Нині створюються на значній площі чисті соснові культури. У випадках, коли створюються такі культури на пісках, де сосна після змикання кронами відчуває брак вологи, а також у зріджених, добре освітлених і прогрітих ділянках лісу утворюються хронічні осередки підкорового соснового клопа. Заселення культур відбувається крилатими самицями, чисельність яких із року в рік змінюється, в окремі роки досягає 3–50 % від загальної кількості самиць. Чисельність клопа швидко збільшується, а через декілька років осередок згасає. У посушливі роки діяльність клопа інтенсифікується, і його шкідливий вплив на дерево відбувається швидше. У вологий період шкідливий вплив клопа вповільнюється, ріст чисельності (за рахунок зниження плодовитості і збільшення смертності) йде повільніше.

У молодому віці чисті соснові культури на бідних піщаних ґрунтах сильно пошкоджують пагонов'юни, внаслідок чого багато рослин виявляються викривленими, двовершинними, відстають у рості й формують малопродуктивний деревостан. Характерно, що насадження сосни природного насіннєвого походження виявляються стійкішими до пошкодження пагонов'юнами, ніж створені садінням культури. Дослідження Л. Т. Крушева (1973) показали, що у сосен природного походження краще розвинені кореневі системи і оптимальним є їхнє співвідношення з надземною частиною. Це сприяє забезпеченню дерева водою та інтенсивному смоловиділенню з пагонів і хвої, яке перешкоджає заселенню сосен пагонов'юнами [5, 18].

У мішаних насадженнях зрідка виникають тривалі осередки хвоєгризних комах, а чисельність їх завжди менша. Так, домішка ялини у вигляді окремих груп під наметом сосни та в її складі сприяє зниженню чисельності рудого соснового пильщика в три і більше разів, а соснового п'ядуна – вдвічі [31, 47].

Випас худоби. Надмірний випас худоби впливає негативно на лісові насадження і на незімкнені лісові культури, погіршуючи на щільних ґрунтах аерацію і водний режим ґрунтів, на крутих схилах викликає водну ерозію ґрунту, на пісках може призвести до вітрової ерозії з пиловими бурями. Сильне ослаблення насаджень і навіть їхнє всихання в місцях інтенсивного випасу худоби пов'язане переважно з погіршенням фізичних властивостей ґрунту. В умовах пониженого газообміну в ґрунті послаблюється діяльність мікроорганізмів, і погіршуються умови росту кореневих систем дерев і кущів. Це особливо помітно на стежках, протоптаних худобою. Поступово вони зливаються, зникають живий надґрунтовий покрив і лісова підстилка. Оголений ґрунт ущільнюється ще сильніше, оголюються також корені дерев. Вони пошкоджуються копитами тварин. У місцях пошкодження виникають рвані рани, через які відбуваються проникнення грибної інфекції і зараження дерев гнилевими хворобами, зокрема кореневою губкою [11, 41, 56, 57].

Очищення лісосік. Очищення місць рубок є складовою процесу рубки лісу, спрямованою на забезпечення оптимальних умов для відновлення деревостанів найбільш цінних видів, дотримання пожежної безпеки і санітарних вимог. З давніх пір склалася думка, що порубкові рештки на лісосіках є джерелом масового розмноження стовбурових шкідників, які потім заселяють дерева у стінах лісу і утворюють дифузні осередки в насадженнях. Встановлено, що видовий склад комах, інтенсивність заселення і чисельність молодого покоління залежать від способів очищення лісосік, сезонів рубки, фізико-географічного положення лісових масивів і типів лісу [5, 35, 42].

Найбільш активні і небезпечні види – соснові лубоїди, короїд-типограф, чорні вусачі, синя соснова златка заселяють порубкові рештки, які мають діаметр не менш 5–6 см. На тонших порубкових рештках часто поселяються менш небезпечні дрібні види короїдів, які розвиваються на сушняку. Тому дрібні порубкові рештки можна залишати на лісосіках, а великі (діаметром понад 5–6 см) потрібно негайно переробляти на технічну щепу або ліквідувати. Винятком є верхівковий і сушняковий короїди, які здатні заселяти дрібні порубкові залишки так само, як і частини стовбурів із тонкою корою. У

сприятливі для їхнього розмноження роки ці види здатні утворювати осередки масового розмноження.

1.2. Пошкодження рослин комахами (*Insecta*)

Невід’ємною складовою будь-якої екосистеми є найбільш численний клас тваринного світу – комахи. Відомо нині більше мільйона видів комах, тобто значно більше, ніж усіх живих організмів, тварин і рослин. Проте останнім часом все частіше виникають спалахи їх масового розмноження [31], що пояснюється глобальними змінами клімату і зростанням антропогенного навантаження. Комахи-фітофаги пошкоджують органи і частини деревних і чагарникових рослин: кору, луб, деревину, коріння, листя, бруньки, плоди тощо. За сприятливих умов комахи-фітофаги можуть інтенсивно розмножуватись і досягти великої чисельності – до кількох десятків тисяч особин на одну рослину. Так, хвое- та листогризні види за несвоєчасного виявлення нерідко суцільно знищують асиміляційний апарат дерев, спричиняючи їхнє значне ослаблення, а іноді всихання.

Найчастіше комахи та інші членистоногі пошкоджують рослини в процесі живлення, розвитку, рідше – під час відкладання яєць. Залежно від будови ротових органів комахи-фітофаги можуть руйнувати тканини чи органи рослин (листя, коріння, насіння, плоди) або спричиняти відмирання окремих ділянок тканин. Унаслідок цього у пошкоджених рослин порушуються процеси обміну речовин, транспірації, фотосинтезу, пригнічується ріст тощо. Часто комахи-фітофаги є прямими або непрямыми переносниками збудників хвороб рослин – через пошкодження, іноді власне самі комахи є переносниками інфекції (цикади, заболонники, попелиці).

Комах-фітофагів деревних рослин залежно від характеру пошкоджень і шкідливості поділяють на декілька груп, наприклад, фізіологічні та технічні шкідники. До фізіологічних шкідників належать комахи, які пошкоджують бруньки, листя, пагони, луб і камбій, коріння ростучих дерев, а до технічних – види, які пошкоджують деревину, знижуючи її технічні властивості та якість. Водночас такий поділ дуже умовний, адже багато видів комах-фітофагів завдають одночасно технічної і фізіологічної шкоди [18, 31, 43]. Деякі автори поділяють комах-

фітофагів на три групи: первинні, вторинні та технічні. До першої належать хвоє- та листогризні комахи, які здатні пошкоджувати дерева не залежно від їхнього стану; до другої – переважно короїди, вусачі, златки, довгоносики та інші комахи, які заселяють ослаблені дерева і насадження; до третьої – комахи-ксилофаги, які пошкоджують деревину. Проте ці групи шкідників також важко чітко розмежувати. За даними останніх досліджень, навіть хвоє- та листогризні шкідники масово розмножуються в ослаблених насадженнях, а багато видів комах-ксилофагів пошкоджують одночасно луб і деревину [30, 31, 43, 46, 53]. Залежно від пошкоджуваних комахами-фітофагами органів і частин рослини виділяють такі групи: хвоє- та листогризи, стовбурові шкідники, шкідники коріння, сіянців, молодняків, плодів та насіння, а також технічні шкідники деревини будівель і на складах.

Комахи, які пошкоджують рослини, належать до групи **фітофагів** (попелиці, щитівки, листоїди, лускокрилі, вусачі, короїди, пластинчастовусі та ін.). За кормовою спеціалізацією вони можуть бути монофагами, олігофагами та поліфагами.

Монофаги живляться рослинами одного виду або кількох дуже близьких видів (ялинова шишкова листовійка *Laspeyresia strobilella* L., березовий заболонник *Scolytus ratzeburgi* Jans., заболонник Моравиця *Scolytus morawitzi* Sem. тощо).

До **олігофагів** належать комахи, які живляться рослинами однієї родини або кількох родів (вербова хвилівка *Leucoma salicis* L., білан жилкуватий *Aporia crataegi* L.).

Поліфаги, або багатоїдні комахи, можуть живитися багатьма рослинами (непарний шовкопряд *Lymantria dispar* L., золотогуз *Euproctis chrysorrhoea* L., совка-гамма *Autographa gamma* L., озима совка *Agrotis segetum* L. та ін.) [18, 31, 43].

Деякі з комах-олігофагів, живлячись переважно рослинною їжею, можуть поїдати також комах та інших безхребетних, тому їх можна вважати всеїдними. Проте, не лише в олігофагів, але й у поліфагів є рослини, до живлення якими вони найбільш пристосовані, а якщо вони живляться іншими рослинами, то у них уповільнюється розвиток і збільшується смертність. Жуки жолудевого довгоносика *Curculio glandium* Marsch. в першій половині літа живляться листям не тільки дуба, але й інших видів, проте у самок розвиваються яйця в яєчниках лише після

живлення листям дуба, вони відкладають яйце у зав'язь жолудя, і личинка росте разом із ростом жолудя. Гусениці зеленої дубової листовійки *Tortrix viridana* L. живляться листям дуба, а у разі живлення листям інших деревних видів (в'яза, клена та ін.) переважна більшість їх через деякий час гине. Деякі види комах в окремих кліматичних зонах мають різні улюблені кормові види. Так, короїд-стенограф *Ips sexdentatus* у рівнинній частині заселяє сосну, а в горах – ялину [18, 26, 43].

Зоофагів за способом живлення поділяють на хижаків і паразитів. Переважна більшість комах-паразитів є ентомофагами, багато видів паразитують на різних тваринах, зокрема свійських ссавцях і птиці. Комахи-паразитоїди також спеціалізуються щодо вибору живителя, багато з них паразитують на одному або кількох видах, проте трапляються серед них і поліфаги. Паразитоїди – це організми, які під час значної частини розвитку (у личинковій стадії) перебувають на поверхні або всередині свого єдиного живителя, якого поступово вбивають у процесі свого розвитку. Імаго паразитоїдів живуть вільно. На відміну від них паразити не вбивають живителя.

Характер пошкодження рослин різноманітний і залежить як від будови ротових частин, стадії розвитку й способу життя комах, так і від деревної рослини, яка пошкоджується, її стану й реакції на пошкодження. Основні типи пошкодження рослин певною мірою характерні для комах-фітофагів і деяких інших тварин і є важливим критерієм визначення причини пошкодження. Приклади типових пошкоджень, спричинених живленням комах, наведено на рис. 1.1.

Типи пошкоджень рослин, які спричинені комахами, можна згрупувати на зовнішні та внутрішні. Зовнішнє пошкодження рослин часто добре помітно під час їхнього візуального огляду. Так, пагони й молоді стовбури деревних рослин, стебла трав'янистих рослин об'їдають різні види жуків-довгоносиків, на трав'янистих рослинах шкодять також деякі жуки-листїїди (рис. 1.2).

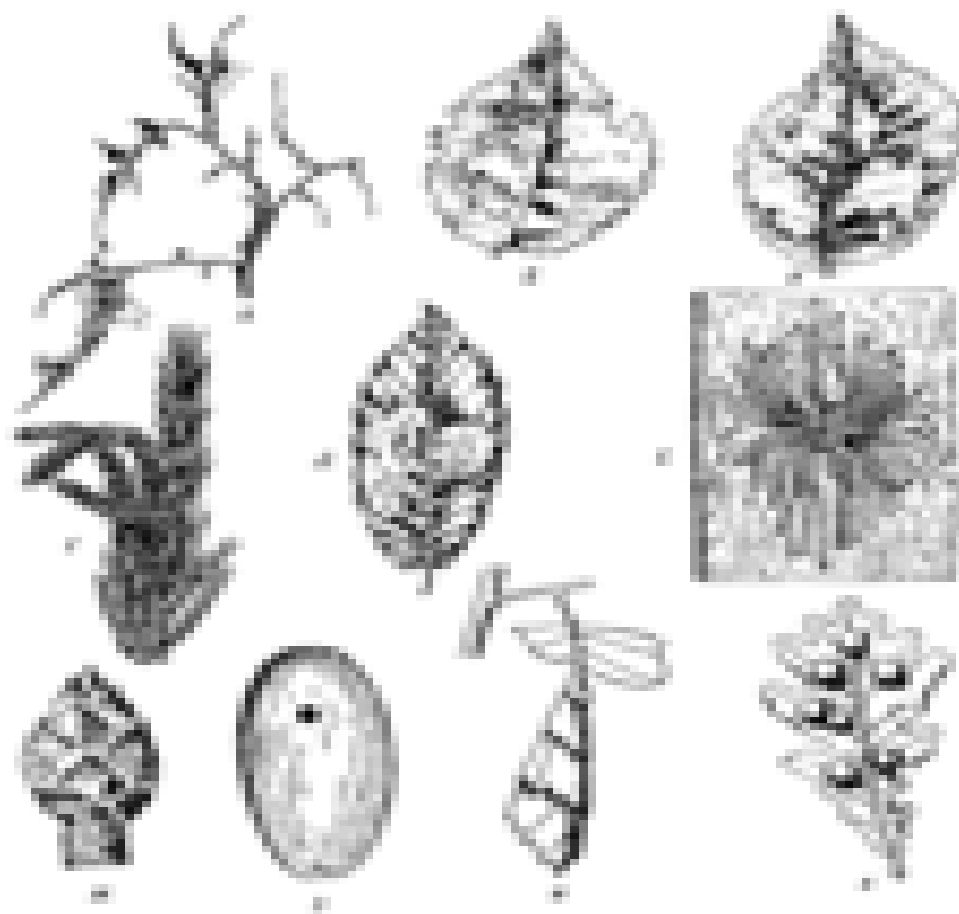


Рис. 1.1. Типи пошкоджень рослин (Бей-Бієнко, 2008) [1]:

А – грубе об'їдання; Б – дірчасте виїдання; В – скелетування листя; Г – деформація пагонів; Д – мінування листя; Е – ходи в деревині; Ж – пошкодження бруньок; З – виїдання жолудя (вилітний отвір); И – листкова трубка; К – листові гали горіхотворки на дубі

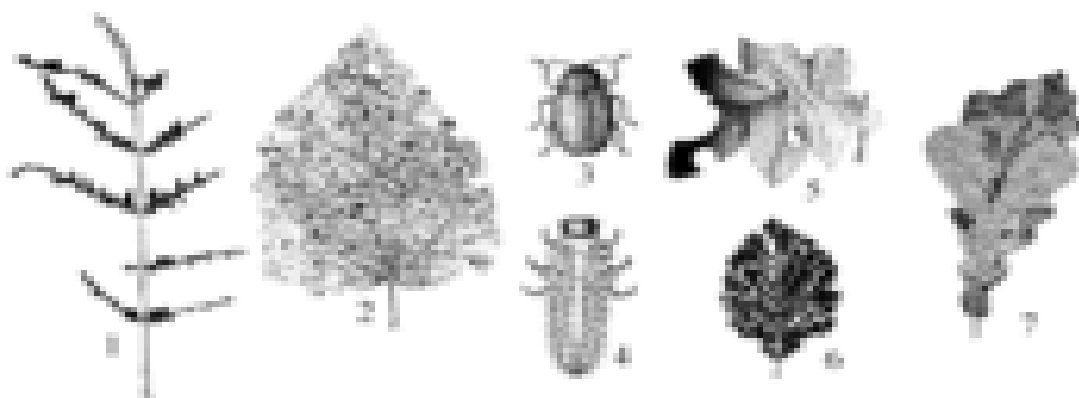


Рис. 1.2. Пошкодження листя [1]: 1 – ясенною шпанкою; 2 – осиковим листоїдом; 3 – імаго осикового листоїда; 4 – личинка осикового листоїда; 5 – бджолами-листорізами; 6 – в'язовим листоїдом; 7 – дубовою блішкою

Внутрішні пошкодження рослин комахами не настільки очевидні і на початковому етапі важко виявляються за симптомами. Комахи виїдають порожнини і канали всередині стебел трав'янистих і деревних рослин, нерідко на таких стеблах зовні буває видно вхідний або вихідний отвір, прогризений шкідником. З цих отворів можуть висипатися шматочки рослинних тканин і екскременти. Ходи личинки комах прогризають у плодах, шишках, бульбах, всередині коренів, під корою дерев, у лубі й деревині (рис. 1.3).

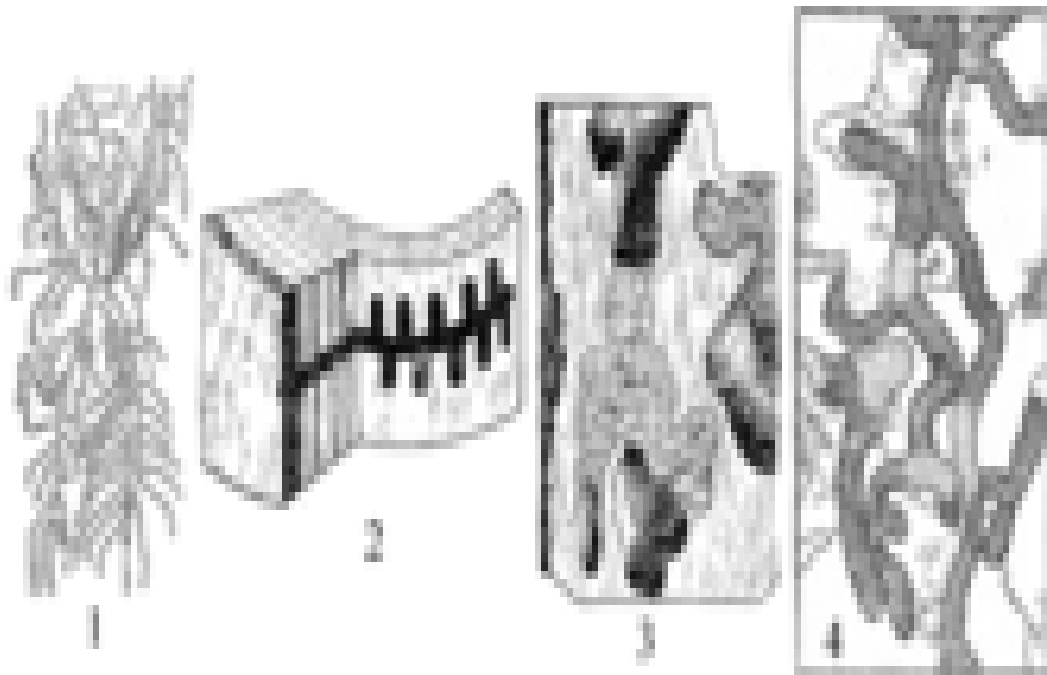


Рис. 1.3. Типи ходів [1]: 1 – короїда, 2 – смугастого деревинника, 3 – вусача, 4 – златки

Комахи пошкоджують рослини в період основного чи додаткового живлення, а також під час відкладання яєць, коли роблять надрізи або проколи у тканинах. Такі пошкодження значною мірою характерні для кожного виду і дуже різноманітні. Зовнішні пошкодження рослин здійснюють деякі жуки-довгоносики, гусениці багатьох метеликів (листовійок, п'ядунів і ін.). У разі, якщо пошкоджені генеративні органи, то нерідко вони забруднені екскрементами і павутиною. Типи пошкоджень деревних рослин комахами об'єднують у групи.

Деякі приклади типів пошкоджень, які заподіюють шкідливі комахи деревним рослинам, наведені в табл. 1.1.

1.1. Тип пошкодження рослин (органів рослин)

Тип пошкодження	Тип ротового апарату	Комаха-фітофаг (приклад)
Об'їдання хвої	гризучий	хвоегризні шкідливі комахи: несправжні гусениці пильщиків (рудий і звичайний соснові), гусениці лускокрилих (сосновий шовкопряд, сосновий п'ядун, соснова совка, сосновий бражник)
Змочалювання хвої	гризучий	несправжні гусениці пильщиків (рудого і звичайного)
Суцільне об'їдання	гризучий	саранові, коники, гусениці білана капустяного, жилкуватого, кільчастого і непарного шовкопрядів, зеленої дубової листовійки, золотогуза, самшитової вогнівки
Фігурне об'їдання	гризучий	личинки жуків бульбочкових довгоносиків, бджоли-листорізи
Дірчасте об'їдання	гризучий	гусениці молодших віків капустяної совки, зимового п'ядуна, п'ядуна-обдирала
Скелетування	гризучий	несправжні гусениці пильщиків, личинки жуків-листодів
Мінування	гризучий	гусениці каштанової мінуючої молі, дубової широкомінуючої молі
Виїдання ходів у деревині, лубі або корі	гризучий	довгоносики (короїди), вусачі, рогахвости, златки, гусениці червиць та склівок
Підгризання коренів	гризучий	капустянка звичайна, личинки пластинчатовусих, чорнишів, коваликів, довгоносиків,
Підгризання бульб, коренів і коренеплодів	гризучий	капустянка звичайна, гусениці підгризаючих совок, імаго бульбочкових довгоносиків
Скручування і деформація листя	колюче-сисний	імаго і личинки клопів, попелиці

Об'їдання. Об'їдання різних частин рослин спричиняють псевдогусениці пильщиків і ткачів, деякі види жуків і їхні личинки, комахи з родин коконопрядів, хвилівок, п'ядунів (рис. 1.4).

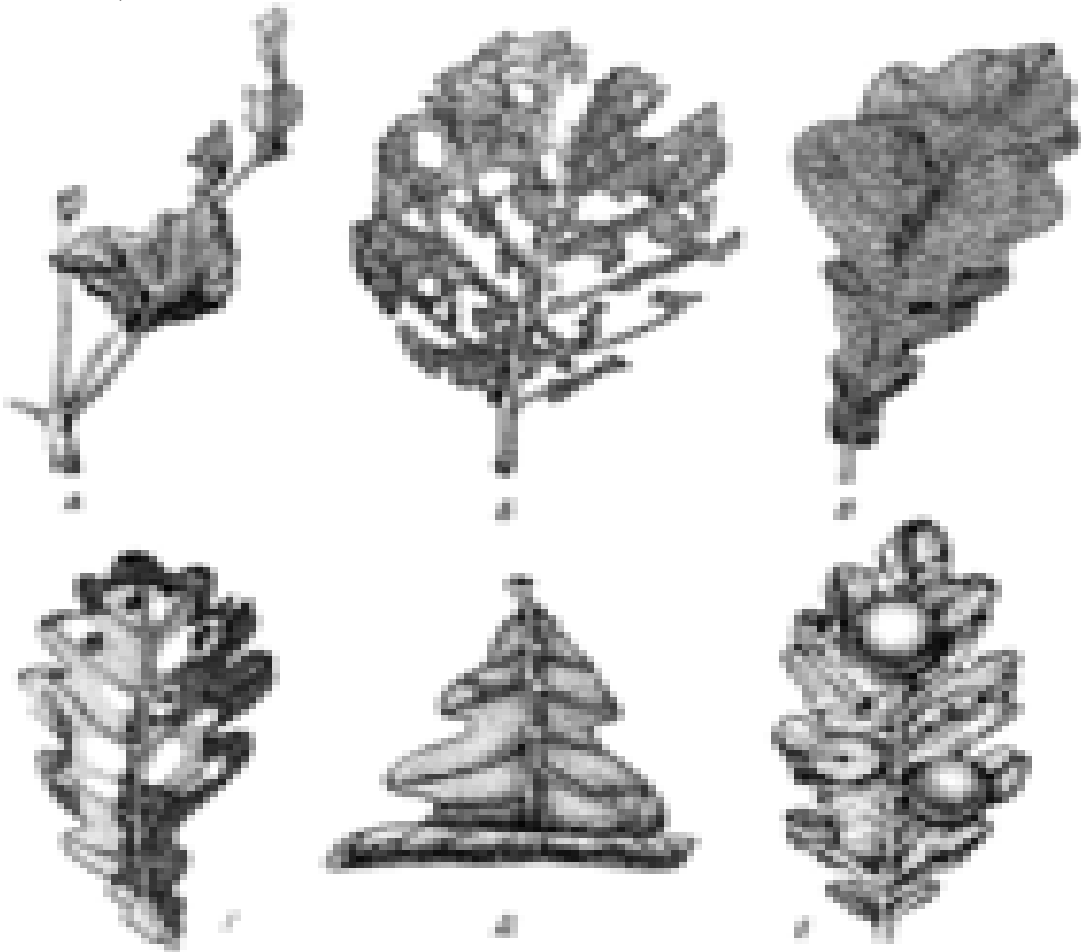


Рис. 1.4. Пошкодження листя комахами: А) грубе об'їдання; Б) дірчасте виїдання; В) скелетування; Г) мінування; Д) скручування; Е) утворення галів

Розрізняють часткове і повне об'їдання частин рослин. Найчастіше комахи-фітофаги пошкоджують листя. Під час часткового об'їдання листя або хвоя з'їдається з боків або з середини, але форма листків зберігається і за листковою пластинкою можна визначити вид дерева. У випадку повного об'їдання листя і хвоя з'їдаються повністю, такі пошкодження спричиняють личинки пильщиків, гусениці метеликів, жуки-листоїди, шпанська мушка.

Грубе об'їдання – листя об'їдене шкідниками з гризучим ротовим апаратом, найчастіше на краях, незачепленими

залишаються лише тонкі жилки й черешки. Таких пошкоджень завдають саранові й гусениці багатьох лускокрилих (самшитова вогнівка, білани, зимовий п'ядун) [18, 43].

Дірчасте виїдання – в тканині листка наскрізь виїдено великі або дрібні отвори. Іноді ці отвори мають зазубрені краї (великий осиковий вусач) або з боків листя формуються вузькі ходи (лишкові довгоносики). Такі пошкодження характерні для жуків-листоїдів, гусениць совок, довгоносиків.

Мінування – тканина листка виїдена із середини у вигляді ходів (мін) або широких порожнин у паренхімі листка між незачепленими з обох боків шарами епідермісу. У листі, стеблі, плодах або коренях прокладені вузькі або широкі ходи, порожнини. У процесі мінування всередині листової пластинки або хвоїнки комахи виїдають внутрішні тканини листя, не зачіпаючи епідерміс, при цьому кожен вид комахи-фітофага виїдає характерну для нього міну. Міни можуть бути найрізноманітнішої форми (широкі і вузькі, стрічкоподібні, округлі тощо), можуть перебувати на верхньому або нижньому боках листка або бути мішкоподібними двосторонніми.

Фігурне об'їдання – листя об'їдене з країв правильними напівкруглими ділянками.

Скелетування характеризується тим, що тканина листка виїдена з одного боку, а з протилежного епідерміс зберігається у вигляді плівки, або тканина листка об'їдена з обох боків, залишаються незачепленими всі, навіть дуже дрібні жилки. Таких пошкоджень завдають пильщики, листоїди.

Зміна забарвлення – в місцях пошкодження сисними шкідниками утворюються плями бурого, жовтого, червоного чи сріблястого кольорів, або ділянки тканини знебарвлюються.

Деформація листя (гофрування, скручування) виникає під впливом слини комах-фітофагів. Ці пошкодження спричиняють попелиці, клопи тощо. Іноді деформація супроводжується утворенням листових гнізд і павутинистих гнізд зі скупченням гусениць (золотогуз, яблунева міль). За допомогою павутини личинки формують коконоподібні утворення, під захистом яких обгризають молоді листки і пагони. Такі пошкодження характерні для білана жилкуватого, пильщиків та інших комах. Згортання листя здійснюють або самі личинки за допомогою павутини (гусениці листовійок, молей та ін.), або жуки

трубковертів за допомогою клейкої слини, поміщаючи всередину укриття свої яйця.

Підгризання стебла та коренів – стебла та корені пошкоджені зовні личинками хрущів і дротяників, гусеницями совок.

Виїдання ходів – пошкоджені внутрішня частина стебла (у трав'янистих рослин) або деревина, луб, кора (у деревних рослин) гусеницями склівок, личинками вусачів, короїдів, златок.

Гали листкові, стеблові, пагонові, брунькові – здуття кулястої, овальної або іншої форми, які виникають унаслідок місцевого розростання тканин під впливом подразнення під час живлення грушево-в'язової, в'язової та інших видів попелиць (надродина *Aphidoidea*), личинок горіхотворок (родина *Cynipidae*), мух галиць (*Cecidomyiidae*), галових чотириногих кліщів (родина *Eriophyidae*, ряд акариформні кліщі *Acariformes*, клас павукоподібні *Arachnida*). Такі утворення на тканинах рослин у вигляді горішків, наростів, пухлин з'являються у результаті подразнення тканин, спричиненого укусом або уколом яйцеклада комахи під дією специфічних ферментів. Форма галів різноманітна, але постійна у кожного виду: одно- і багатокамерні, закриті і відкриті (з отвором), кулясті, повстисті, у формі бородавок, ріжків, спіралей тощо. Трапляються на листі, гілках, стовбурах і коренях. Несправжні смоляні гали на гілках утворює пагонов'юн-смолівщик *Petrova resinella* L. (родина листовійки *Tortricidae*, ряд лускокрилі *Lepidoptera*) – шкідник соснових молодняків, гусениця якого вгризається в пагони і спричиняє виділення живиці з утворенням несправжнього гала у вигляді смоляного напливу. Гусениця зимує двічі і заляльковується в напливах на третій рік навесні, метелик вилітає з несправжнього гала [18, 43].

Також часто формують новоутворення на органах рослин у вигляді галів *галові кліщики* – акариформні кліщі, які належать до надродини *Eriophyidea* ряду акариформних класу павукоподібних.

Кліщі і деякі комахи, особливо сисні, не тільки механічно пошкоджують рослини, але й виділяють в їхні тканини в процесі живлення отруйну слину. Ці виділення можуть дифундувати в тканинах від місця уколу і викликати симптоми, які нагадують грибні, бактеріальні або вірусні хвороби, очевидно, якимось

чином порушуючи метаболізм рослини. Про токсини комах відомо мало, хоча в слинних залозах і у виділеннях деяких комах знайдені різні біологічно активні речовини. Серед них пектолітичні, целюлолітичні, протеолітичні та амілолітичні ферменти, а також ростові речовини. Описано чотири категорії так званих фітотоксикозів, але підкреслює, що різкої межі між ними немає [5].

1. Локальні пошкодження, які виникають під час живлення комах. При цьому на листках з'являються різні плями:

а) темно-зелені, які містять більше хлорофілу, ніж оточуючі тканини, і нагадують «зелені островці», характерні для деяких грибних хвороб;

б) хлорозні (жовті) виникають у результаті недостатнього синтезу хлорофілу;

в) білуваті, у вигляді крапок або пунктирних смужок; поява цих плям, очевидно, пов'язана з тим, що пошкоджені клітини позбавляються свого вмісту і заповнюються повітрям;

г) некротичні виникають під впливом токсинів, виділених комахами або тканинами рослини у відповідь на діяльність комах. Під час таких пошкоджень іноді утворюється корок або виділяється пігмент. Відомі різні поєднання цих симптомів.

2. Локальні пошкодження, які супроводжуються появою вторинних симптомів – розростання тканин, утворення корка, камедетеча, парша, передчасне опадання листя і плодів. Такі реакції рослин часто пов'язані з гіпертрофією тканин. Вірогідно, слина комах викликає зміни процесів регулювання росту рослин. Наприклад, передчасне опадання листків і плодів може бути пов'язане зі зниженням активності ауксину інгібіторами. На пошкоджених тканинах можуть вторинно поселятися гриби і бактерії [5, 16, 29, 38, 57].

3. Гіпертрофія і різні потворності – плоди неправильної форми, кучерявість листя, «відьмині мітли», гали, аномалії квіток, вкорочені міжвузля і черешки, розетковість, карликовість та інші симптоми, які нагадують симптоми вірусних хвороб. Тільки деякі комахі можуть викликати небезпечні для рослини пошкодження такого типу. Про речовини, які, можливо, викликають ці симптоми, відомо мало, однак коло комах, здатних викликати такі пошкодження, доволі широке, зокрема це – попелиці, червчики, цикадки і мухи.

4. *Загальний фітотоксикоз*. У цих випадках симптоми виявляються на деякій відстані від місця живлення комахи, що, очевидно, пов'язано з рухливістю токсину. Його переміщення може бути порівняно обмеженим, тоді з'являються хлороз, смугастість листків, зміна кольору або слабе в'янення [5, 38, 41, 57].

5. У деяких випадках відбувається *загальне отруєння*, яке виявляється в затриманні росту, пошкодженні коренів, в'яненні, хлорозі, аномалії квіток, зменшенні квіткових бруньок, пухирчастості листків і появі інших потворностей і некрозів. Симптоми загального отруєння часто настільки подібні до симптомів вірусних хвороб, що іноді доволі важко визначити збудника [5].

Очевидно, що пошкодження рослин, спричинені комахами, симптоматично можуть бути подібні до хвороб, викликаних грибами, бактеріями і вірусами. Можна припустити, що їм властивий подібний механізм патогенності – утворення некрозів під впливом токсинів, які виділяються патогеном/шкідником або тканинами рослини у відповідь на напад, руйнування клітинних стінок і вмісту клітин під впливом ферментів і порушення регулювання росту рослин, які викликають гіпертрофію, карликовість, передчасний листопад та інші аномалії. За шкідливістю інтенсивне руйнування тканин рослин слабо спеціалізованими патогенами можна порівняти з масовими механічними пошкодженнями, викликаними комахами, які пошкоджують тканини. Поки незрозуміло, наскільки подібні біологічні механізми захисту рослин від комах і патогенів. Вважається, що стійкість рослин до деяких патогенів часто частково пов'язана з тим, що ці рослини не підходять як джерела живлення або токсичні для патогена. Можливо, це вірно і стосовно комах, кліщів і нематод. Деякі шкідники, наприклад сарана, пожирають будь-яку рослинність, але більшість виявляють деяку вибірковість щодо видів рослин, на яких вони живляться [5].

Ряд прямокрилі *Orthoptera*. В Україні поширено близько 150 видів. Ряд поділяється на підряди: коротковусі *Brachycera* і довговусі *Dolichocera*. Для представників *Orthoptera* характерна здатність видавати звуки. Перетворення неповне, личинки імагоподібні. Самиці відкладають яйця поодинокі або групами в

грунт, стебла чи листки. Деякі види саранових виявляють особливі форми поліморфізму – стадну й поодинокую. Більшість прямокрилих рослиноїдні, деякі ведуть хижий спосіб життя. Найбільш шкідливими є представники родин капустянки *Gryllotalpidae*, цвіркуни *Gryllidae* та справжні саранові *Acrididae*. Серед них відомий шкідник коріння – капустянка звичайна *Gryllotalpa gryllotalpa* з характерними копальними передніми ногами [18, 43, 44].

Ряд трипси *Thysanoptera*. Ряд поділяється на два підряди: яйцекладні *Tenebrantia* і трубокхвости *Tubulifera*. Дрібні комахи, ротовий апарат колюче-сисний. Крила вузькі, з довгою бахромою. Більшість трипсів рослиноїдні фітофаги, які живляться клітинним соком, знижуючи продуктивність рослин. Деякі трипси розповсюджують вірусні хвороби рослин, інші є хижими (смугастий трипс) і знищують попелиць, кліщів і інших трипсів. Найбільш небезпечні види належать до родин флеотрипідів *Phloeothripidae* та трипси *Tripidae*.

Ряд клопи *Hemiptera*. У сучасній класифікації ряд, крім власне клопів, також включає в себе комах, які входили раніше до ряду рівнокрилі *Homoptera* (цикади, попелиці, щитівки, тощо). Усі види клопів мають колюче-сисний ротовий апарат: проколюють тканини рослин або шкіру тварин і висмоктують сік або кров. Передні крила багатьох представників ущільнені та схожі на надкрила (цикадки, справжні клопи), в інших – прозорі, м'які (попелиці, цикади). Небезпечний шкідник родини соснових – сосновий підкоровий клоп *Aradus cinnamomeus*.

Листоблішки *Psylloidea* – дрібні крилаті комахи, які висмоктують сік з рослини, але не засвоюють весь цукор, і тому їхні екскременти солодкі. За рахунок цього пагони рослин, на яких розвиваються листоблішки, часто липкі від їхніх солодких виділень, якими часто ласують мурахи, мухи і навіть бджоли. Мають до п'яти поколінь на рік. Нерідко утворюють на рослинах масові скупчення. Більшість видів відзначаються вузькою спеціалізацією живлення і завдають великої шкоди (яблунева, грушева медяниця).

Попелиці *Aphidodea* – велика група дрібних сисних комах, які живуть колоніями. Характеризуються різко вираженим поліморфізмом і чергуванням партеногенетичних поколінь

(самок) із двостатевим. Мають не менше десяти поколінь на рік і сильно пригнічують рослини.

Кокциди *Coccidea* – дрібні комахи, самиці яких безкрилі й нерухомі. Тіло зверху покрите щитком або восковим нальотом, самці з однією парою крил, менші за самиць. Яйця відкладають в яйцевий мішок або під щиток. Личинки першого віку (так звані бродяжки) рухомі, після вибору місця живлення прикріплюються до рослини, покриваються щитком або восковим нальотом і стають нерухомими. Багато видів *Coccidea* пошкоджують плодові, лісові та декоративні рослини (особливо в оранжереях, теплицях). Солодкі екскременти сприяють розвитку сажкових грибів. Широко розповсюджені карантинні види щитівок – каліфорнійська *Quadraspidiotus perniciosus* та комоподібна *Lepidosaphes ulmi* [18, 43].

Ряд твердокрилі (жуки) *Coleoptera*. Комахи різного розміру і забарвлення. Тіло жуків сильно хітинізоване, ротовий апарат гризучого типу. Ноги *Coleoptera* ходильні, бігальні, стрибальні, плавальні, копальні. Крил дві пари, різнорідні. Перша пара крил тверді надкрила (елітри) іноді вкорочені або зрощені між собою. Задні крила перетинчасті, у стані спокою знаходяться під надкрилами, іноді недорозвинені або відсутні. Черевце сидяче [1, 18, 43]. Розвиток комах проходить за повним перетворенням, іноді за ускладненим типом перетворення (гіперметаморфоз). Жуки проходять чотири стадії розвитку: яйце → личинка → лялечка → імаго. Личинки червоподібні (з головою безногі, або з головою і трьома парами грудних ніг). Лялечка відкрита. У більшості видів розвивається одне покоління на рік, іноді два-три покоління на рік або одне покоління на два–п'ять років. Спосіб життя і кормова спеціалізація твердокрилих різноманітні. Серед представників ряду наявні фітофаги, хижаки, сапрофаги, некрофаги, тощо. Ряд *Coleoptera* має чотири підряди: архостемата *Arhostemata*, міксофага *Myxophaga*, м'ясоїдні *Adephaga* і різноїдні *Polyphaga*.

Найпоширенішими в Україні є представники таких родин: туруни *Carabidae*, сонечка *Coccinellidae*, пластинчастовусі *Scarabaeidae*, рогачі *Lucanidae*, ковалики *Elateridae*, чорниші *Tenebrionidae*, златки *Buprestidae*, вусачі *Cerambycidae*, листоїди *Chrysomelidae*, довгоносики *Curculionidae*, до якої за сучасною

класифікацією належить підродина короїдів *Scolytinae* (рис. 1.5) [18, 43, 46, 47].

За типами живлення імаго та личинок виділяють такі екологічні групи твердокрилих: *фітобійонтні хижаки* – види, які живляться тваринною їжею, полюючи на поверхні рослин; *педобійонтні хижаки* – види, які вживають тваринну їжу, полюючи на поверхні ґрунту; *гідробійонтні хижаки* – види, які живляться тваринною їжею, полюючи у водоймах; *детритофаги* – види, які живляться відмерлими рослинними рештками; *міцетофаги* – види, які живляться міцелієм грибів або плодовими тілами; *карпофаги* – види, які живляться рослинною їжею, пошкоджують насіння та плоди; *фітофаги (листоїдні та хвоеїдні)* – види, які живляться, об'їдаючи асиміляційний апарат; *ризофаги* – види, які підгризають коріння; *ксилофаги* – види, які пошкоджують луб чи деревину; *антофаги* – види, які пошкоджують генеративні органи рослин або їхні частини; *некрофаги* – види, які живляться рештками мертвих тварин; *копрофаги* – види, які живляться фекаліями тварин; *паразитоїди* – види, личинки яких живляться частинами личинок або лялечок інших комах протягом частини життєвого циклу на їхній поверхні або всередині та призводять до загибелі живителя; *паразити* – види, які під час живлення не вбивають свого живителя [1, 18].

За пристосуванням до біотопів відомі такі екологічні групи твердокрилих: *троглобійонти* поширені в печерах; *термітофіли* поширені в термітниках; *мірмекофіли* поширені в мурашниках; *педобійонти* живуть в ґрунті; *галобійонти* живуть у дуже засоленому ґрунті; *галофіли* віддають перевагу засоленим ґрунтам; *гідробійонти* поширені у водоймах; *фітобійонти* заселяють рослини; *ксилобійонти* живуть у деревині; *нідіколи* живуть у норах ссавців або гніздах птахів; *троглофіли* тимчасово заселяють печери та порожнини під великими каменями; *синантропи* живуть в оселях та будівлях.

Ряд сітчастокрилі *Neuroptera (Planipennia)* малочисленні комахи з подовженим тілом із м'якими покривами, дві пари крил сітчасті. Забарвлення *Neuroptera* ніжно-зелене або буре, часто комахи мають яскраво-золотисті очі. Сітчастокрилі переважно хижі комахи. Найпоширеніші ентомофаги серед *Neuroptera* – мурашині леви та золотоочки [1, 18, 43].

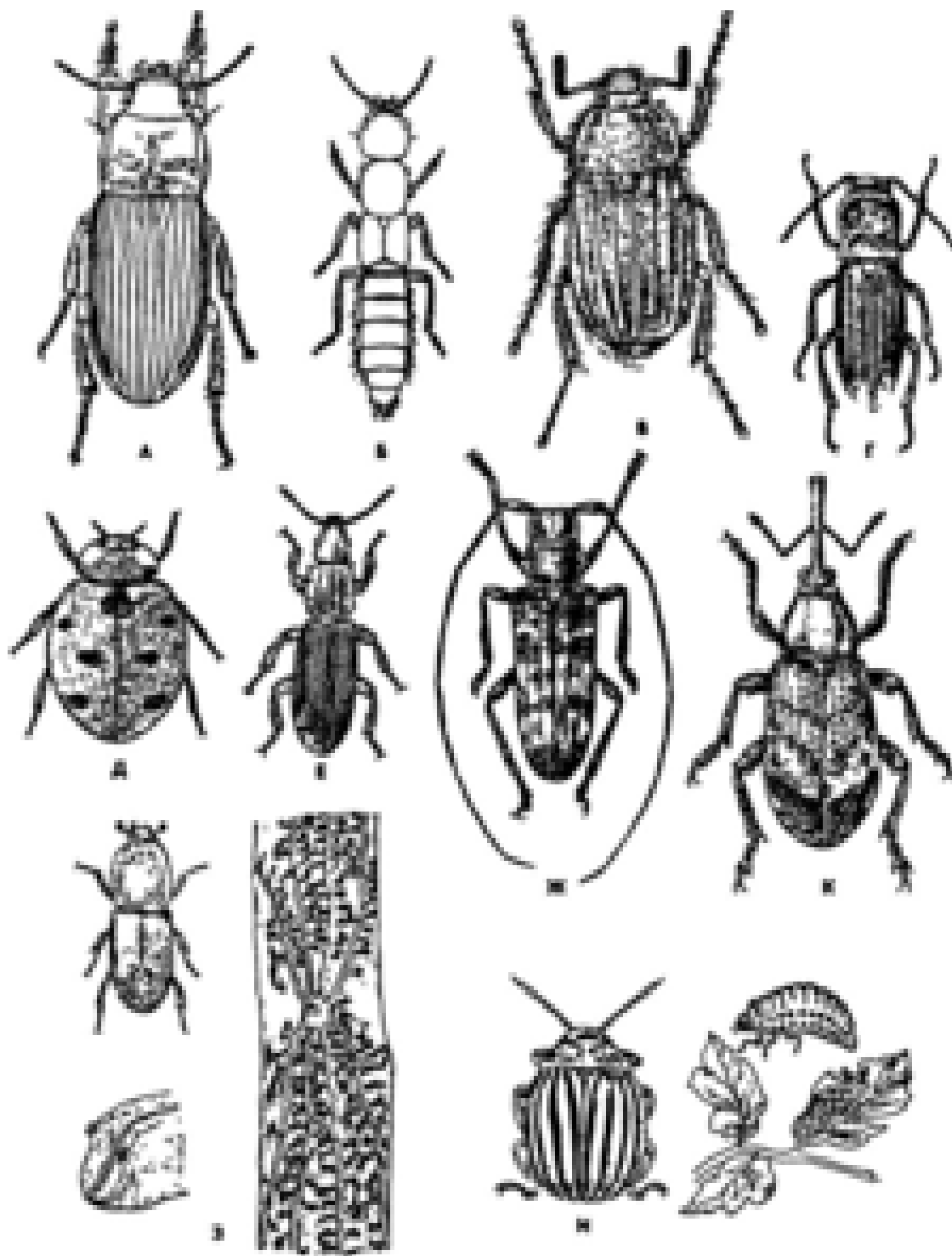


Рис. 1.5. Твердокрилі (за Бей-Бієнком, 1980) [1]: А – турун хлібний *Zabrus tenebroides*, Б – стафілін *Oscypus*, В – хрущ червневий *Amphimallon solstitialis*, Г – ковалик смугастий *Agnotes lineatus*, Д – сонечко семикрапкове *Coccinella septempunctata*, Е – чорниш *Tenebrionidae*, Ж – вусач чорний сосновий *Monochamus galloprovincialis*, З – короїд верхівковий *Ips acuminatus* (імаго, скат надкрил, ходи в деревині), І – жук колорадський *Leptinotarsa decemlineata*, К – квіткоїд яблуневий *Anthonomus pomorum*

Ряд двокрилі *Diptera* мають одну пару перетинчастих передніх крил. Один із найбільших рядів комах, різноманітних за розмірами і довжиною (0,3–50 мм). Ротовий апарат колюче-сисний або лижучий, іноді редукований. Задні крила видозмінені у дзижчальця, які координують політ комах. Перетворення повне. Розмноження двостатеве, також для комах цієї групи властиві партеногенез і педогенез. Личинки червоподібні, без голови та безногі, лялечка відкрита або прихована в несправжньому кокони. За кормовою спеціалізацією та способом життя різноманітні, серед них є фітофаги, паразити, хижаки, сапрофаги, некрофаги, запилювачі рослин і переносники збудників хвороб людини й тварин [1, 18, 43].

Шкідливими є представники родин мінуючі мухи *Agromyzidae*, галиці *Cecidomyiidae*, опомізиди *Opomyzidae*, довгоніжки *Tipulidae*, злакові мухи *Chloropidae* та квіткарки *Anthomyidae*. До підряду коротковусих належать відомі ентомофаги – дзюрчалки *Syrphidae*, тахіни *Tachinidae* та ктирі *Asilidae*.

Ряд лускокрилі (метелики) *Lepidoptera*. Ротовий апарат деяких видів *Lepidoptera* недорозвинений або відсутній. Метелики мають дві пари однорідних крил, які щільно вкриті лусочками. Будова й жилкування крил мають велике значення у систематиці лускокрилих. У польоті крила працюють спільно, іноді вони вкорочені або зовсім нерозвинені. Перетворення повне. Личинки лускокрилих називаються гусениці (гусінь), вони мають циліндричне тіло, три пари грудних і 2–5 пар черевних ніг. Лялечка покрита, може формувати шовковистий кокон. Серед лускокрилих є види, які мають одне або декілька поколінь на рік. Для видів, які розвиваються в деревині, характерна 2–3-річна генерація. Більшість гусениць лускокрилих є фітофагами, проте трапляються хижаки, ксилофаги (живлення деревиною – склівки, червиці), кератофаги (живлення волосяним покривом, характерне для молі), тощо. Деякі гусениці мають павутинисту залозу, тому, пересуваючись, вони лишають за собою павутинистий слід. Багато видів формують із павутини кокони, інші за її допомогою скріплюють листки кормової рослини, утворюючи таким чином камеру, в якій живуть.

Основні родини лускокрилих, гусениці яких завдають значної шкоди деревним рослинам: коконопряди *Lasiocampidae*,

склівки *Sesiidae*, червиці *Cossidae*, листовійки *Tortricidae*, білани *Pieridae*, чубатки *Notodontidae*, совки *Noctuidae*, хвилівки *Ordyidae*, родина п'ядуни *Geometridae*, родина бражники *Sphingidae*.

До ряду **перетинчастокрилих** *Hymenoptera* належать комахи різного розміру (0,2–60 мм). Ротові органи гризучі, іноді редуковані. Ноги зазвичай ходильні, проте трапляються бігальні, копальні, а у бджолиних – задня пара ніг збиральна. Крила однорідні, перетинчасті з невеликою кількістю замкнених комірок і жилок, задні крила дещо менші від передніх. Серед перетинчастокрилих є представники з укороченими крилами або безкрилі. Перетворення повне, проте деяким видам властиве ускладнене перетворення (гіперметаморфоз). Личинки червоподібні або несправжні гусениці. Лялечка вільна і міститься в шкірястому або павутинному коконі. За способом життя та кормовою спеціалізацією перетинчастокрилі дуже різноманітні. Серед *Hymenoptera* є фітофаги, рослиноїдні види (горіхотвірки, пильщики), збирачі нектару й пилку (бджоли), хижаки (мурахи) та паразитоїди, які відкладають яйця в інших комах (їздці). Ряд поділяють на сидячечеревних *Symphyta* та стебельчастих *Apocrita*. Дуже шкідливими є представники родин справжні пильщики *Tenthredinidae*, пильщики-ткачі *Pamphiliidae*, хвойні пильщики *Diprionidae* та рогахвости *Siricidae*.

Отже, на рослинах живляться багато комах, кліщів, нематод, на пошкоджених тканинах поселяються гриби та бактерії, і якщо шкідники не залишають ніяких слідів (у вигляді екскрементів, яєць та інших продуктів життєдіяльності), то часто буває важко встановити первинну причину ураження/пошкодження. Комахи-фітофаги беруть участь також у розповсюдженні інфекції й зараженні рослин, а іноді є осередками резервації (перезимування) фітопатогенів [1, 18]. Через пошкодження, заподіяні шкідниками, у рослину проникають ранові паразити. Відносини між комахами і патогенами (особливо облігатними паразитами) можуть бути симбіотичними, відтак у реакції рослини на збудників хвороб, механічні і хімічні пошкодження є багато спільного. Ця подібність дає змогу повніше зрозуміти коло проблем, цікавих для всіх спеціалістів із захисту рослин від хвороб і шкідників.

1.3. Основні типи хвороб деревних рослин

Поняття про хворобу рослин необхідне задля розуміння причин і умов виникнення, розвитку і прояву захворювань, які характеризуються складним патологічним процесом у результаті взаємодії рослини-живителя, патогенного організму і середовища [56, 57]. За визначенням А. В. Цилюрика і С. В. Шевченка (2014) **хвороба** – складний динаміко-патологічний стан деревної рослини, викликаний паразитними мікроорганізмами або несприятливими факторами, які характеризується порушенням фізіологічних і біохімічних функцій, морфологічних і анатомічних ознак, які залежно від особливостей рослини-живителя, патогена й умов навколишнього середовища можуть призвести до різкого зниження продуктивності або навіть загибелі деревної рослини.

Зовнішні ознаки патологічного процесу в рослині супроводжуються порушенням анатомічних, морфологічних ознак, фізіологічних, біологічних функцій і продуктивності рослин. Інтенсивність розвитку хвороби залежить від патогенності, агресивності та вірулентності її збудника, стійкості рослини і умов навколишнього середовища [57].

Класифікація хвороб. Для кращого розуміння природи хвороб, їхньої дії на рослинні організми, діагностики і розробки заходів захисту від патогенів важливе значення має класифікація хвороб. Хвороби деревних рослин класифікують за *зовнішніми симптомами прояву*, типами хвороб (в'янення, гнилі, пухлини, плямистості тощо); за *тривалістю* їхнього перебігу (хронічні і гострі); за *ураженими органами* або частинами рослин (хвороби коренів, листя, хвої, гілок тощо); за *віком* деревних рослин (хвороби сходів, молодняків, середньовікових, стиглих насаджень (рис.1.6); за *видом* пошкодженої деревної рослини (хвороби сосни, дуба, клена, берези, бука тощо); за *етіологією*, тобто за причиною виникнення хвороби [51, 56, 57].

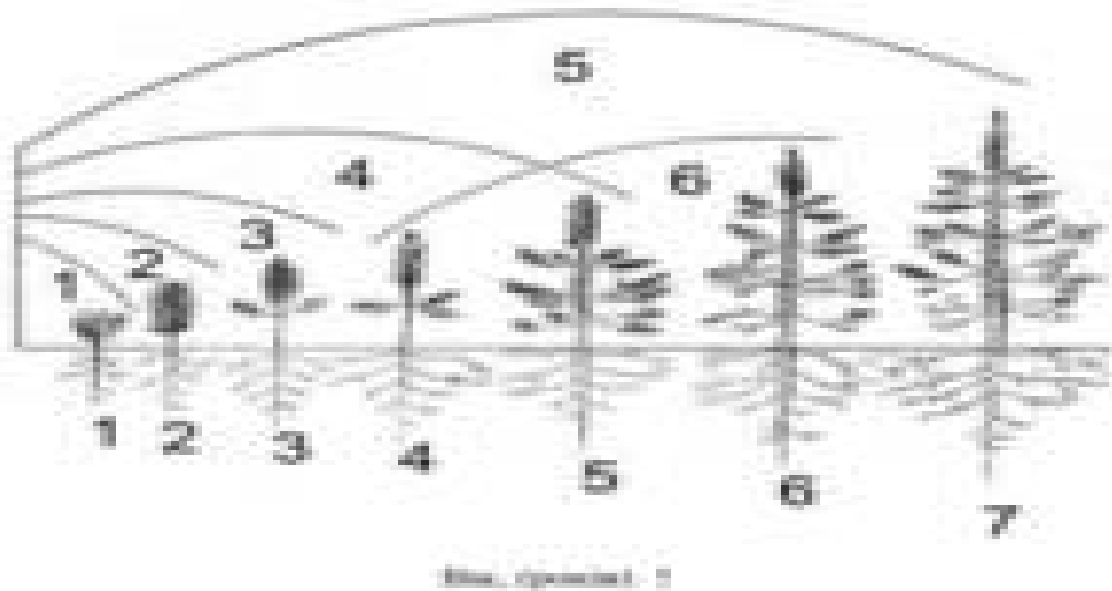


Рис. 1.6. Хвороби хвойних деревних рослин різного віку:
 1 – фузаріоз (дитяча хвороба сіянців); 2 – іржа; 3 – сосновий вертун; 4 – шютте звичайне; 5 – механічні й інші uszkodження; 6 – снігове шютте

Виокремлюють інфекційні й неінфекційні типи хвороб деревних рослин. Неінфекційні хвороби можуть викликатися несприятливими умовами середовища, різким коливанням і порушенням режиму вологості, температури повітря й ґрунту, недостатньою освітленістю й ґрунтовим живленням, впливом отруйних речовин, невідповідністю умов живлення рослин.

Інфекційні хвороби спричинені грибами (мікози), бактеріями (бактеріози), вірусами (вірози), мікоплазмами, квітковими паразитами та нематодами. Найпоширенішими є мікози – грибні хвороби рослин. Дії фітопатогенів (грибів, актиноміцетів, бактерій, нематод, мікоплазм, риккетсій, вірусів, віроїдів) та інших причин, які викликають комплекс відповідних змін в анатомічній і морфологічній будові деревної рослини чи її окремих органів, різноманітні. Зовнішні ознаки цих змін називають симптомами. Симптоми є специфічними для кожної хвороби деревної рослини [57].

Відмирання деревної рослини або окремих органів.
В'янення характеризується зменшенням тургору деревної рослини або її окремих органів, симптоматика хвороби – пониклі верхівки та зів'ялі, скручені листки. Такий тип хвороби може бути спричинений як інфекційними (грибами, бактеріями), так і

непаразитарними чинниками (нестача вологи в ґрунті, високі температури, весняні приморозки). Інфекційне в'янення супроводжується закупоренням судин і провідних тканин і спричинене грибами родів *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* і *Alternaria*. На поперечному розрізі органів рослин, уражених грибами і бактеріями, у периферійній частині добре видно побурілі судини у вигляді кільця, завдяки чому можна легко відрізнити їх від рослин, які зів'яли від нестачі вологи у ґрунті [23].

Удушення сіянців і самосіву сосни на піщаних ґрунтах відбувається після обволікання їх плодовими тілами гриба *Thelephora terrestris* Ehrenb., який перешкоджає фізіологічним процесам (диханню, транспірації, фотосинтезу).

Опік сіянців – це наслідок перегрівання ґрунту під дією температур понад +50°C. Опік деревних рослин може бути спричинений бактеріями з роду *Erwinia* [4, 5, 17, 57].

Скупчення міцелію і спороношень грибів на органах деревних рослин. Нальоти формують скупчення міцелію і спороношень грибів різного розміру і забарвлення на листі, пагонах, плодах. Білі щільні нальоти утворюють борошнисторосяні гриби роду *Erysiphaceae*, а пухкий, ніжний білий наліт формують несправжньоросяні гриби роду *Peronosporales*. На насінні деревних рослин дуже часто виявляються пухнасті нальоти різного кольору, утворені міцелієм і спороношенням грибів родів *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, які спричиняють плісняву [23, 57].

Муміфікація характеризується почорнінням і засиханням уражених органів рослин. Найчастіше муміфікуються плоди, тканини яких заповнює міцелій грибів. Уражений плід (насіння) перетворюється на тверде утворення – склероціальну строму (гриби *Stromatinia pseudotuberosa*, *Sclerotinia betulae*). У наступному році на муміфікованих плодах чи насінні формуються плодові тіла – апотеції, а в них маса сумок і спор.

Парша – ураження покривних тканин із розтріскуванням і утворенням плям, спричинена грибами *Dothideales* і актиноміцетами (рід *Venturia*).

Зміна форми органів рослин. Деформація органів – зміна нормальної форми органу рослини під дією причин різної

етиології. Деформації виявляються на багатьох органах. Наприклад, деякі грибні та вірусні хвороби спричиняють деформацію листя – скручування, зморшкуватість, кучерявість.

Кучерявість листків – це зміна форми листової пластинки персика, вільхи, тополі, клена внаслідок ненормального і посиленого поділу клітин; листки потовщуються чи зморщуються і на них утворюються здуття. Уражені ділянки листків набувають блідо-зеленого або жовтого забарвлення з червонувато-фіолетовим відтінком.

Фасціація – набуття пагонами або стеблами ремнеподібної, приплюснutoї форми у сосни, ясена, ялини, берези, айланта, верби, скумпії й інших видів деревних рослин. Причини виникнення невідомі.

Виділення в місцях уражень і пошкоджень деревних рослин. *Слизотеча* характерна для листяних рослин і супроводжується витіканням рідини різного кольору в місцях пошкодження стовбурів і гілок, може бути спричинена бактеріями (бактеріальна слизотеча дуба, берези, липи, граба, осики, так звана «бактеріальна водянка») і чинниками неінфекційного характеру [8].

Камедетеча характерна для кісточкових деревних рослин (абрикос, слива, вишня, черешня) і супроводжується виділенням із уражених гілок, стовбурів клейкої рідини, яка поступово засихає, утворюючи коричневі чи жовті скупчення. Причиною є гриби, бактерії та механічні пошкодження.

Смолотеча характерна для хвойних рослин і супроводжується витіканням живиці в місцях ураження грибами чи бактеріями або в місцях механічних пошкоджень [7, 57].

Новоутворення на органах деревних рослин. «*Відьмині мітли*» – надмірна кущистість унаслідок утворення тонких укорочених пагонів із недорозвиненими листками на гілках чи стовбурах граба, берези, вишні, клена польового і сріблястого, абрикоса, сосни й інших деревних рослин, спричинена інтенсивним розвитком сплячих і додаткових бруньок під впливом причин невстановленої етиології.

Нарости – напливи на стовбурах і коренях деревних рослин, викликані причинами невстановленої етиології в результаті збільшення кількості клітин (гіперплазія) чи їхнього розміру (гіпертрофія).

Пухлини – здуття чи потовщення на гілках і стовбурах, викликані грибами, бактеріями, а також квітковими напівпаразитами в результаті гіпертрофії. Вони найчастіше перетворюються на ракові виразки.

Гали – кулясті або іншої форми утворення на листі, пагонах і коренях, які з'являються під дією бактерій, грибів, комах і нематод, можуть досягати декількох сантиметрів у діаметрі.

Повне чи часткове руйнування окремих органів деревних рослин. *Плямистості* характеризуються утворенням на поверхні листків, плодів, насіння в місцях ураження різних за кольором, формою і розміром відмерлих ділянок тканин. Плямистості бувають припухлі й некротичні, викликаються грибами, бактеріями або неінфекційними чинниками. Непаразитарні плямистості характеризуються однотонністю кольору і відсутністю облямівки.

Некроз – локальне відмирання кори, флоєми і камбію на гілках і стовбурах, найчастіше подовженої форми та різного розміру. В місцях ураження відбувається відмирання кори уздовж і поперек стовбура, причому кора довго не обпадає. Викликають некроз гриби, бактерії, віруси.

Виразки характеризуються утворенням на стовбурах і гілках дерев різних за розміром ран, заглиблених у деревину, часто оточених напливом. Великі виразки називають раком, а дрібні – антракнозом. Краї дрібних ран часто забарвлені в темно-червоний чи чорний колір. Причиною утворення виразок можуть бути гриби, бактерії, низькі температури і механічні пошкодження.

Морозобійні тріщини утворюються в результаті переохолодження зовнішніх річних шарів, які стискаються значно сильніше, ніж теплі шари центральної частини. Вони виявляються в нижній частині стовбурів дуба, бука, в'яза, ясена, горіха, тополі. Морозобійні тріщини йдуть у радіальному напрямку, по краях часто утворюються напливи (заростають калюсом). Поздовжні стовбурні тріщини можуть бути утворені від удару блискавки.

Іржа – це різної величини і форми іржавого кольору пустули, які утворюються під епідермісом на верхньому і нижньому боках листків, черешків, молодих пагонів. Пустули характерні для іржастих грибів роду *Uredinales*.

Гниль – найбільш розповсюджений тип хвороб, спричинений лише інфекційними причинами [57].

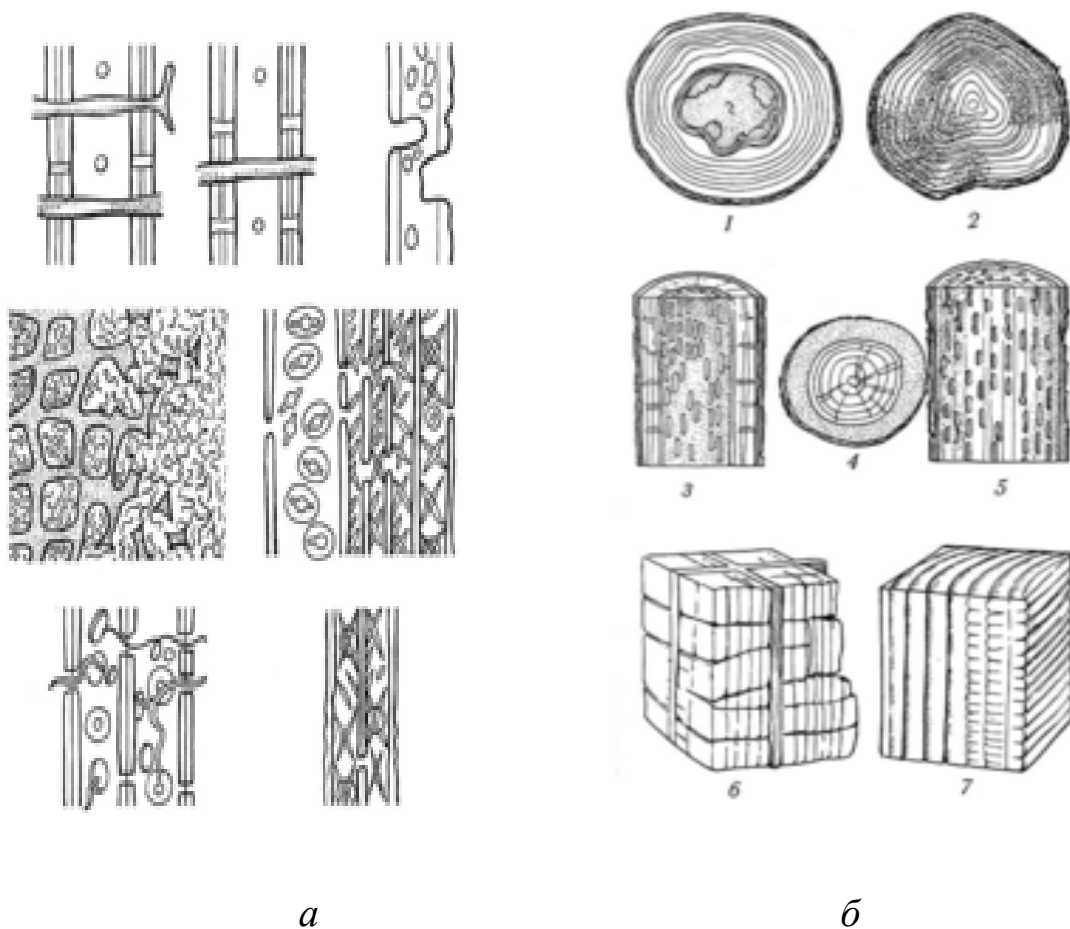


Рис. 1.7. Гнилі [57]: *а* – руйнування клітинних оболонок деревини, викликані дереворуйнівними грибами; *б* – класифікація гнилей: 1 – ядрова; 2 – ядрово-заболонна; 3 – строката; 4 – заболонева; 5 – ямчаста; 6 – призматична; 7 – тріщинувата

Гнилі характеризуються руйнуванням і розм'якшенням окремих ділянок тканин різних органів однорічних і багаторічних рослин (рис. 1.7, *а*). До загнивання найчастіше схильні м'ясисті, соковиті, багаті водою і поживними речовинами плоди, насіння, бульби, коренеплоди. Гниль деревини викликають різні види дереворуйнівних грибів. Гнилі розрізняють за типом гниття (корозійні, деструктивні), за структурою (тріщинуваті, призматичні, ямчасті), за кольором (білі, бурі, строкаті), за розміщенням на поперечному перерізі стовбура (ядрові, заболонні і ядрово-заболонні, рис. 1.7, *б*), а також за розташуванням на стовбурі (кореневі, окоренкові, стовбурові й верхівкові) [57].

1.4. Механізми нападу патогенних мікроорганізмів

У складній системі регуляції росту рослин беруть участь різноманітні ростові речовини, в тому числі ауксини, гібереліни. Зовнішні умови або патогени, які порушують цей баланс, обумовлюють патологічний ріст, і хворі рослини виявляють відповідні симптоми захворювання. Механізм патогенності полягає переважно в синтезі патогеном і (або) рослиною-живителем таких речовин, як ферменти, токсини і регулятори росту. Для успішного зараження живителя важливі також багато інших властивостей патогенів, наприклад, швидкість проростання, швидкість проникнення в рослину і розповсюдження в тканинах, що визначає, чи зможе гриб подолати хімічні і морфологічні захисні реакції живителя. Швидкість розповсюдження частково залежить від утворення метаболітів, а крім того, від енергії росту патогена і від швидкості реакції ураженої тканини. Осмотичний тиск у клітинах патогена впливає на здатність поглинати воду і поживні речовини із заражених клітин. Успіх вторгнення частково визначається механічним тиском, який здійснюють під час проникнення структури паразитичних квіткових рослин і гіфів грибів. Механізм патогенності включає також здатність до утворення ефективних апресоріїв, стійкість до дії токсичних речовин рослини-живителя або здатність нейтралізувати їхню дію, а також успішну конкуренцію з іншими патогенами або вторинними паразитами під час колонізації заражених тканин [5, 7, 16, 33]. Фізична присутність паразита, особливо за інтенсивного заселення, може заподіяти шкоду зараженим тканинам. Великі маси міжклітинного міцелію можуть роз'єднувати клітини мезофілу, заважати їхньому нормальному функціонуванню, а іноді призводити до їхньої повної дезорганізації. Популяція бактерій і грибів має досягти деякого мінімального рівня, перш ніж відбудеться проникнення в рослину; тому вирішальне значення може мати швидкість розмноження. Для ефективного зараження патоген має не тільки вплинути певним чином на тканини, але й зробити це достатньо швидко, щоб уникнути активної протидії рослини або нейтралізувати її.

Патогени, які спричиняють швидке і сильне пошкодження тканин рослини-живителя, зазвичай вважаються слабо спеціалізованими паразитами, які живляться за рахунок клітин, вбитих продуктами їхнього метаболізму. Інші паразити проникають у клітини і вже після того вбивають їх. На відміну від таких некротрофів біотрофи є більш спеціалізованими паразитами. Спочатку вони не викликають серйозного пошкодження живителя, однак пізніше під час споруляції паразита рослина пошкоджується сильніше. Шкідливий вплив часто обумовлений речовинами, які виділяє патоген або, можливо, рослина-живитель у відповідь на зараження. Це можуть бути ферменти, токсини, регулятори росту або якісь інші речовини.

Ферменти. Гриби можуть синтезувати найрізноманітніші ферменти, набір яких, безперечно, залежить від субстрату, на якому вони оселяються. Ферменти каталізують хімічні процеси в живих організмах і тому відіграють важливу роль у взаємовідносинах рослини-живителя і паразита. З їхньою дією пов'язане не тільки початкове проникнення патогена і його розповсюдження всередині рослини, але також руйнування тканин рослини-живителя до продуктів, які можуть бути використані паразитом.

Склад кутикули доволі складний, і в її руйнуванні беруть участь різноманітні ферменти:

1) кутізани, які руйнують кутин, складний поліефір, гідроліз якого призводить до утворення жирних і оксикислот (кутинових кислот), а також деяких інших сполук;

2) ферменти, які розщеплюють жирні кислоти;

3) ферменти, які розкладають інші компоненти кутикули, зокрема білки, пігменти (може бути, комплекс танінів у вуглеводів [5]; пектинові речовини і целюлозу).

Розкладання компонентів кутикули можуть здійснювати і гриби (наприклад, *Penicillium spinulosum* [5, 49]). Інфекційні гіфи можуть проникнути через кутикулу протягом декількох годин, тоді як ферментативне руйнування кутикули в ґрунті відбувається доволі повільно, щоб відіграти якусь роль у проникненні патогенів, тому що інфекційна гіфа, щоб вижити, має швидко проникати в рослину. Водночас локальне виділення

таких ферментів інфекційними структурами може розм'якшити кутикулу й полегшити їхнє проникнення.

Багато грибів і бактерій під час культивування синтезують пектолітичні ферменти, особливо пектинестеразу, і цей синтез, можливо, стимулюють специфічні субстрати. Різні мікроорганізми або навіть різні ізоляти одного виду синтезують різні пектолітичні ферменти. Деякі збудники хвороб рослин можуть існувати, використовуючи пектинові речовини як єдине джерело вуглеводу, хоча невідомо, наскільки широко розповсюджена ця ознака. Безсумнівно, що пектолітичні ферменти мають важливе значення у разі мокрих гнилей, коли відбувається швидке заселення паренхімних тканин із утворенням м'якої, безструктурної, просоченої водою тканини, яка легко уражується вторинними патогенами. Якщо такого зараження не відбулося, тканина може залишитися більш-менш забарвленою і не знебарвитися, як це відбувається із відмираючими тканинами. Збудники мокрої гнилі в культурі зазвичай синтезують пектолітичні ферменти. Разом із тим у процесі мацерації тканин рослини, напевно, беруть участь також інші ферменти. До мокрої гнилі особливо схильні тканини з високим вмістом води [5, 16, 38, 41]. Серед її збудників можна назвати *Pectobacterium carotovorum* (до складу цього виду, можливо, входить *Erwinia aroideae*), *Pseudomonas marginalis*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum fructigena*, *Rhizoctonia soloni* і різноманітні фікоміцети (*Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizopus*). Багато з них є рановими паразитами, або так званими слабкими паразитами. Пектолітичні ферменти синтезують також деякі збудники різного роду плямистостей листя, хоча мацерацію можуть маскувати некрози які виникають під дією токсинів.

Целюлолітичні ферменти спричиняють руйнування текстильних тканин і деревини. На відміну від конститутивних пектолітичних ферментів целюлази звичайно є адаптивними, тобто їхній синтез стимулюється присутністю целюлози, а продукти її ферментативного гідролізу можуть пригнічувати подальші виділення ферменту [5]. Синтез целюлаз можуть здійснювати багато організмів, зокрема вищі рослини (особливо насіння, що проростає), деякі комахи і нематоди, багато грибів і бактерій. Розчинну целюлозу руйнують багато мікроорганізмів, але лише деякі з них можуть руйнувати нерозчинну целюлозу, а

саме це важливо для патогенезу. Разом із тим у деяких випадках целюлази були виділені з хворих тканин, і деякі хвороби рослин супроводжуються деградацією целюлози, особливо на пізніх стадіях захворювання. Безсумнівно, що целюлази беруть участь у руйнуванні деревини, а гриби-збудники здатні руйнувати целюлозу і геміцелюлозу. Гриби, які викликають білу гниль деревини, можуть розщеплювати лігнін, але лише до певного стану – целюлозу. Тут мають значення також інші фактори: здатність інактивувати токсичні для грибів речовини деревини або протистояти їхній дії, здатність руйнувати речовини, які захищають целюлозу. Серед багатьох видів грибів – руйнівників деревини (в основному базидіоміцетів) лише деякі уражують ядро живих дерев або живу заболонь. З іншого боку, багато паразитів перестають розвиватися, якщо дерево повалене, хоча вони можуть залишатися живими протягом кількох років. На мертвій деревині звичайно паразитують не ті гриби, які поселяються в деревині живих дерев. Гниття деревини, зануреної у воду, викликають водні аскоміцети і недосконалі гриби. Вони, напевно, можуть руйнувати целюлозу і лігнін.

Збудники білих гнилей деревини (переважно базидіоміцети) руйнують лігнін ферментами (лінгінази, лігнази), які, очевидно є поліфенолоксидантами. Такі ферменти з'являються в культуральній рідині грибів – збудників білої гнилі деревини, які ростуть на середовищі з лігніном як єдиним джерелом вуглеводів [5, 17, 41].

Кора рослин містить суберин – близький до кутину комплекс речовин, до складу яких входять жирні кислоти. В природі мікроорганізми, безперечно, можуть розщеплювати його. Часто шар суберинізованих клітин утворюється в тканині у відповідь на поранення або вторгнення паразита. Цей шар є надійним бар'єром, звідси випливає, що більшість патогенів не здатні руйнувати суберин або руйнують його занадто повільно. У зв'язку з цим ферменти, які руйнують суберин, повинні мати дуже важливе значення під час деградації клітинної стінки.

Токсини. Дослідники визначають токсини просто як шкідливі для рослини речовини, які зазвичай (але не завжди) синтезують патогени. Роль токсинів у хворобах рослин не завжди зрозуміла. Таке широке визначення охоплює і шкідливі для рослин ферменти. Прийнято вважати, що симптоми хвороби,

наприклад, хлорозні або безбарвні ділянки, які з'являються до проникнення патогена в рослину, обумовлені дією метаболітів патогена. Деякі автори вважають, що патогенними можна називати тільки мікроорганізми, які виділяють токсини. Це виправдовується у хвороб рослин і тварин. Але симптоми хвороби можуть викликати й інші причини, наприклад використання патогеном поживних речовин живителя. На користь участі токсинів у патогенезі свідчать досліди, в яких симптоми хвороби рослини розвивалися після введення в неї безклітинного фільтрату чистої культури патогена. Однак під час культивування деяких сапрофітних грибів також утворюються токсичні для рослини речовини [5, 16, 38].

Фітотоксини – це токсичні для рослини речовини, які синтезує живий організм. Ендотоксинами називають внутрішньоклітинні токсини бактеріальної клітини, які вивільняються тільки після її загибелі, а екзотоксинами – зовнішньоклітинні токсини, які виділяються з живої бактеріальної клітини. В антагоністичних відносинах беруть участь також антибіотики, які синтезують мікроорганізми. Фітоалексини та інші протигрибкові речовини, які присутні в рослинах або синтезуються ними, також можна назвати токсинами. Терміном фітонциди називають речовини, які синтезуються рослинами. Комахи і, можливо, нематоди і паразитичні квіткові рослини також синтезують фітотоксини, частина з них є ферментами.

Більшість токсинів, які синтезують патогени рослин, є плейотропними, тобто їхній вплив на клітини живителя багатогранний. Утворення токсинів паразитичними квітковими рослинами вивчене мало, хоча відомо, що ягоди омели (*Viscum*) можуть містити токсин, який викликає некрози кори яблунь [5]. Водночас паразитичні квіткові рослини зрідка спричиняють некрози рослин-живителів.

Токсини облігатних паразитів специфічні за рахунок того, що облігатні паразити, які живляться за рахунок живих клітин рослини-живителя, навряд чи синтезують токсини, які викликають некрози. Разом із тим вони можуть, напевно, виділяти речовини, під дією яких тканини живителя змінюються таким чином, що вони стають більш сприятливим середовищем для росту і розвитку паразита. В деяких випадках стимулюється

ріст тканин живителя. Фітотоксини можуть брати участь у реакції надчутливості, яка забезпечує стійкість рослин. Під час захворювань, які викликають деякі біотрофи, токсини можуть вступати в дію на пізніх стадіях розвитку інфекції, коли відбуваються споруляція гриба і некроз тканин. До таких речовин навряд можна застосувати термін «токсин», хоча вони і сприяють розвитку хвороби, тому що при цьому патоген отримує більше поживних речовин.

Фітотоксини викликають у тканинах живителя найрізноманітніші зміни, багато з токсинів стимулюють дихання рослини-живителя, принаймні на ранніх стадіях впливу, однак це відбувається майже за будь-якого ураження тканин. Більшість токсинів здійснюють неоднорідний вплив. Деякі токсини цілком специфічні по відношенню до живителя, більшість же токсинів, напевно, діють на достатньо широке коло рослин, як сприйнятливих, так і стійких до токсичного паразиту. Складний механізм отруєння клітини рослини токсином включає різноманітні взаємодії між токсином і тканиною живителя, яка під час ушкодження може виділяти некротизуючі ферменти та інші токсичні речовини (зокрема феноли).

Речовини, що регулюють ріст (регулятори росту рослин). Під час розвитку деяких хвороб заражені рослини змінюють характер росту. Ці зміни можуть виражатися таким чином: у збільшенні росту (контрольованому або неконтрольованому); в укороченні або подовженні міжвузля, що призводить до розеточності або до ненормальної висоти рослини відповідно; у перетворенні частин оцвітини на листки; у потовщенні жилок і утворенні «відьминих мітел»; у передчасному опаданні листя тощо. Такі симптоми можуть викликати деякі гриби, бактерії, віруси, нематоди, комахи і кліщі. До аналогічних змін призводить обробка рослин ростовими речовинами, тому цілком можливо пов'язувати симптоми хвороби саме з ними, тим паче що у разі деяких захворювань визначали зміни концентрації цих речовин. Серед основних регуляторів росту слід назвати гіберелін. Гіберелінова кислота і гібереліни є рістстимулюючими речовинами, які позитивно впливають на розмір клітин і деякі інші процеси, такі, як цвітіння і вихід насіння із стану спокою.

Гіберелінова кислота – це тетрациклічна діоксилактонова кислота з формулою $C_{19}H_{22}O_6$. Між ауксинами і гіберелінами в

рослинах існує тісний взаємозв'язок [5, 16, 38]. В оброблених кислотою тканинах може підвищитися також концентрація ауксинів. Гібереліни і гіберелінова кислота синтезуються грибом *Gibberella fujikuroi* (конідіальна стадія *Fusarium monilifore*). Це – слабкоспеціалізований паразит, який викликає кореневу гниль, гниль основи стебла, стеблову гниль, плісняву і хвороби проростків. Серед інших симптомів можна назвати слабе кущення. Ненормальне витягнення або карликовість можуть бути пов'язані зі змінами концентрації гіберелінів і (або) ауксинів у рослинах. Гіберелоподібні речовини знайдені у покритонасінних, голонасінних, папороті, водоростей, грибів і бактерій. Вони, очевидно, широко розповсюджені в світі рослин.

Деякі нематоди, зокрема галлові нематоди з роду *Meloidogyne*, викликають гіпертрофію тканин рослини-живителя, і, можливо, цей ефект пов'язаний із дією ростових речовин. Речовини, які стимулюють ріст, утворюють і деякі комахи, які викликають утворення галів (наприклад, пильщик *Pontania*, липовий і в'язовий кліщики).

1.5. Механізми захисту рослин

Після контакту з рослиною патоген може поводити себе по-різному. Можна виділити декілька способів взаємодії між спорою гриба, яка опинилася на поверхні листка за умов, сприятливих для її проростання, та рослиною.

1. Спора і листок не виявляють ніяких ознак взаємодії. Під час проростання спори росткова трубка не проникає в тканини листка, і зрештою спора гине. Механізм проникнення гриба в рослину не спрацьовує або щось нейтралізує його.

2. Відбувається інгібування або стимуляція проростання спори і (або) росту росткової трубки. Інгібування зменшує шанси на зараження, а стимулювання збільшує їх. Ці впливи викликають речовини всередині листка або речовини, які він виділяє після контакту з патогеном.

3. Росткова трубка або структура, яка з неї розвивається, проникає в листок, але не розвивається далі, тобто відбувається проникнення і дуже обмежене зараження. Багато патогенів таким чином потрапляють у рослини, які не є їхніми живителями, а їхній подальший ріст затримується, очевидно через те, що

тканина рослини виявляється непідходящим для них середовищем.

4. Відбувається обмежене проникнення в тканини листка. Реакція тканини може бути так сильно вираженою, що навколо патогена утворюється зона відмерлих і токсичних для грибів клітин, які перешкоджають його подальшому розвитку (надчутливість). При цьому можуть виникнути невеликі некрози (плямистість).

5. Відбувається інтенсивне зараження тканин живителя і з'являються типові симптоми хвороби [5, 16, 57].

Реалізація тієї чи іншої взаємодії залежить як від ефективності нападу паразита, так і від захисної реакції рослини, причому і те й інше обумовлене генетичними факторами. Умови середовища і такі фактори як кількість і ефективність дії інокулюма, кількість і ефективність дії переносників часто відіграють вирішальну роль, впливаючи на результат взаємодії. Іноді можна штучно змінювати ці фактори на користь рослини (захист рослин).

Стійкість до патогена виникає у відповідь на зараження [57]. Патогенез – це динамічний процес, інтенсивні дослідження показують, наскільки складною може бути взаємодія між рослиною-живителем і паразитом. Так, іноді вважають, що стійкість обумовлена певними властивостями або реакціями рослини, але набагато частіше вона виникає в результаті кількох взаємопов'язаних процесів, причому відносне значення кожного з них може бути змінене в результаті дії факторів навколишнього середовища.

Неспеціалізовані паразити, такі, як *Botrytis cinerea*, можуть оселятися на дуже багатьох видах рослин, а більш спеціалізовані паразити не завдають живителю особливої шкоди до завершення його життєвого циклу. Крім того, може виникнути стан, близький до мирного співіснування, або мутуалізму. Відтак, хвороба виникає у разі порушення рівноваги між мікроорганізмом і рослиною-живителем. Причиною такого порушення часто є людина, яка використовує в лісовому господарстві хоча й ефективні, але разом з тим часто «неприродні» методи, наприклад введення нових видів. В природі більш сприйнятливі до хвороб рослини гинуть, так що вид загалом стає більш стійким, або толерантним [5, 17, 21, 38].

Рослинна тканина зазвичай реагує на поранення заліковуванням ран. При цьому речовини, які виділяються ушкодженими клітинами, очевидно, ініціюють процеси, які призводять до поділу клітин і заживлення рани, що часто пов'язано з утворенням корка. Приблизно так відбувається реакція на ураження, викликане патогеном, причому в обох випадках виділяються фенольні сполуки. Для успішного зараження паразит повинен вміти інгібувати, обходити або нейтралізувати цю природну реакції тканини, викликану пораненням.

Передінфекційні захисні реакції. До реакцій такого типу належать усі властивості рослини, які перешкоджають або проникненню патогена, або його подальшому розвитку у випадку, якщо проникнення все ж відбулося. Як приклад можна назвати наявність поживних речовин, присутність токсичних для гриба сполук, осмотичний тиск, проникність, вміст води і рН.

Кутикула вкриває у вигляді плівки велику частину наземних частин вищих рослин, і її вважають основною перешкодою на шляху проникнення патогенів, проте кутикула не може бути перешкодою для вторгнення, за винятком тих випадків, коли цей шар є твердим і досягає значної товщини [5, 17]. Сприйнятливість до хвороб тканин молодих рослин, очевидно, пов'язана з тим, що вони вкриті тонким і нерівномірним шаром кутикули. Особливо важливу роль кутикула може відігравати у випадку з плодами, внутрішні тканини яких не можуть чинити достатнього опору патогенам. Восковий наліт, який вкриває кутикулу, надає поверхні рослини властивості водовідштовхування, і це ускладнює утворення інфекційних краплинок, які скочуються з похилих поверхонь. Тверді зовнішні шари клітин перешкоджають проникненню деяких патогенів.

Проникнення патогенів через продихи може бути затримане, якщо вони відкриті недостатньо широко. Тканини можуть утворювати хімічний бар'єр для патогена, і цю їхню реакцію часто важко відокремити від фізичного опору. Можливо, кутикула містить отруйні для гриба сполуки, і тоді вона є не тільки фізичною, але й хімічною перешкодою на шляху патогена. Виділення коренів також можна розглядати як захисні механізми рослини, причому виділення стійких коренів більш токсичні для патогена і (або) менш токсичні стосовно антагоністичних

мешканців ґрунту, як наприклад, *Trichoderma* [5]. Виділення стійких коренів можуть відштовхувати патоген або бути отруйними для нього, в них можуть бути відсутні якісь необхідні для патогена речовини, або вони можуть містити стимулятори розвитку мікробів-антагоністів. Корені, очевидно, виділяють більше метаболітів, ніж надземні частини рослин, тим паче що виділення останніх змиває дощ. Отже, іноді стійкі до хвороби листки інгібують проростання спор грибів, що відбувається, очевидно, за рахунок дії їхніх виділень, але набагато частіше виділення, напевно, стимулюють проростання спор грибів і підвищують сприйнятливість рослин до хвороби. Ці виділення можуть також впливати на ріст росткових трубок і утворення апресоріїв.

Розповсюдження в рослині паразита може бути також обмеженим якимись стійкими до його проникнення шарами клітин, наприклад епідермою. Іноді ж розповсюдження паразита приурочене до певної тканини, оскільки тільки ця тканина є придатним субстратом для його росту. У паразита можуть також бути відсутні ферменти, необхідні для успішного проникнення або заселення інших тканин, або в цих тканинах можуть бути присутні інгібітори росту гриба. І для оптимального розвитку патогена може не вистачати поживних речовин або води. Таким чином, для багатьох патогенів більшою або меншою мірою виражена тканинна специфічність. Потовщені клітинні стінки можуть зменшувати розповсюдження патогена в тканині, а в лігніфікованих тканинах можуть жити тільки патогени, які синтезують лігнінази. До «бар'єрних» тканин, які обмежують розповсюдження патогена, належать корок і ендодерма, а також склеренхіма. Розміщення подібних «бар'єрних» шарів частково визначає розповсюдження всередині рослини. Так, іржасті гриби і ураження, характерні для плямистостей листя, розвиваються тільки в паренхімній тканині [5, 33, 38, 41].

Інгібітори в рослинах. Багато рослин містять речовини, які можуть інгібувати розвиток грибів, бактерій і вірусів. Похідні поліфенолів можуть інгібувати поліфенолази, а такі фенольні сполуки, як хлорогенова і кавава кислоти, катехін і флоридзин, – різні елементи [5]. Можливо, деякі фенольні сполуки перетворюються на більш токсичні для гриба речовини в результаті інфекції. З іншого боку, деякі феноли можуть

використовуватися як поживні речовини деякими фітопатогенними грибами.

Відсутність поживних речовин, необхідних для патогена. Якщо рослина не виявиться здатною забезпечити патоген усіма необхідними для його росту поживними речовинами, то останній не зможе заселити рослинні тканини. Таким чином, стійкість може бути пов'язана з відсутністю в тканинах рослини необхідних для гриба поживних речовин у поєднанні з тим, що патоген не може синтезувати їх сам. Це, напевно, переважно стосується облігатних паразитів, потреби у живленні яких високоспеціалізовані. Уокер і Штаман (1955) вважають, що для успішного паразитування подібного роду патогенів важлива доступність для них таких складних ростових факторів, як вітаміни, поліпептиди, амінокислоти і білки, а також наявність складних ферментних систем. У стійких рослин такі фактори відсутні [5].

Іноді стійкість пов'язана не з відсутністю якихось необхідних для патогена специфічних речовин, а з недостатністю їхньої концентрації в тканинах рослини. Найбільш досліджена залежність росту патогенів від вмісту цукрів. Так, одні патогени краще ростуть за високої концентрації цукрів (наприклад деякі збудники іржі і борошнистої роси), а інші – за низької, наприклад *Alternaria solani* (збудник бурої альтернаріозної плямистості) і *Ceratostomella ulmi* (збудник голландської хвороби в'яза) [5, 17, 57]. Очевидно, що рослина набуває стійкості до патогенів, які потребують високих концентрацій цукрів, якщо вміст цукру в рослині падає до певного рівня. Цього можна досягнути штучно, наприклад шляхом обробки деякими речовинами (бор сприяє переміщенню цукрів). Стійкість може бути пов'язана зі зміною концентрації вуглеводів у рослині із віком, а також із тим, що рослини вирощують в інших умовах живлення і під впливом інших факторів навколишнього середовища.

Вплив осмотичного тиску і проникність. Відомо, що клітини паразитарних грибів зазвичай мають більший осмотичний тиск, ніж оточуючі клітини рослини-живителя, для висмоктування води з останніх. Осмотичний тиск гаусторій таких паразитів із квіткових рослин, як *Lathraea squamosa* (Петрів хрест) і *Orobancha crenata* (Вовчок зарубчастий), набагато вищий, ніж у клітинах тканини рослин, на яких вони паразитують [5, 57].

Осмотичний тиск відіграє також роль як механізм стійкості щодо деяких патогенних грибів, зокрема під час ураження борошнистою росою. Стійкість можна змінити, змінюючи режим мінерального живлення рослин. Багато токсинів фітопатогенних грибів збільшують напівпроникність клітин живителя, тоді як за високого осмотичного тиску клітин живителя і зменшення їхньої проникності вода і поживні речовини стають недоступними для патогена. Багато організмів можуть рости як сапротрофи на мертвих клітинах, але лише деякі з них можуть поселитися на тих самих клітинах, коли вони є живими. Можливо, це частково пов'язано зі здатністю живих клітин утримувати воду і поживні речовини. Паразитами стають тільки такі організми, які можуть подолати опір живих клітин, впливаючи на осмотичний тиск або проникність або вбиваючи тканини токсинами і ферментами.

Постінфекційні захисні реакції. Описані вище захисні механізми є пасивними, або статичними, і присутні в рослині ще до того, як відбудеться зараження (тобто є передінфекційними). Вони мало допомагають у захисті від спеціалізованих паразитів, які нападають на рослини. Активні динамічні постінфекційні реакції вважаються більш важливими, ніж постінфекційні засоби захисту від патогенів. До розгляду таких постінфекційних захисних реакцій ми і перейдемо.

Постінфекційні захисні реакції розділяють на:

1) антиінфекційні, або антипаразитні реакції, які впливають на патоген, зокрема плазматичні і некрозоутворювальні реакції;

2) антитоксичні реакції, спрямовані проти продуктів метаболізму патогена;

3) індуковану толерантність, за якої заражена рослина втрачає чутливість і припиняє реагувати на присутність патогена. [5].

Гістологічні бар'єри. Навколо ураженої ділянки може утворюватися шар корку, який за швидкого розвитку ізолює патоген. В інших випадках, наприклад, у деяких видів *Alternaria*, які уражують листя, гриб проникає через шар корку, і тоді виникає другий шар, через який гриб також проникає. Так продовжується далі, і в результаті виникають ураження з характерними концентричними кільцями. Симптоми дірчастої плямистості з'являються в результаті розвитку відокремлюючого шару, який проходить від верхнього епідермісу до нижнього

навколо ураженої тканини, що призводить до її випадання. До таких же симптомів може призводити поранення або обприскування рідиною, яка містить мідь. Отже, це – генералізована реакція тканини на пошкодження, а не на напад патогена як такого. Подібне ізолювання патогена шарами корку відбувається іноді в коренях і стеблах. Старий корок стійкий до багатьох грибів, але нещодавно утворений шар корку може бути менш стійким. Таким чином, ефективність корку як бар'єру може залежати від співвідношення швидкості утворення цієї тканини і швидкості росту патогена. Тобто деякі патогени можуть вповільнювати коркоутворення, а інші, навпаки, прискорюють його. Успішне утворення бар'єру з корку призводить до появи локалізованих осередків хвороби, оточених кільцем, як це відбувається під час розвитку парші, викликаной *Sphaceloma*, *Streptomyces scabies* та ін. [5, 38]. Оскільки при цьому відбувається сильне руйнування тканин живителя, такий механізм захисту, очевидно, можна вважати частково ефективним. Бар'єр із корку може перешкоджати розповсюдженню токсинів із уражених тканин. Випадання уражених ділянок у разі дірчастої плямистості і передчасне опадання хворих листків у випадку чорної плямистості троянди (збудник *Marssonina rosae*) можна також розглядати як захисний механізм, оскільки рослина таким чином позбавляється уражених тканин. І хоча рослина при цьому втрачає деяку частину живої маси, це зменшує подальше розповсюдження патогена. Пошкодження, спричинені багатьма збудниками плямистості листків, мають обмежені розміри. Подальшому розвитку ураження може завадити бар'єр з корку, який утворюється навколо.

Під час пошкодження тканин рослин часто утворюються камідь, живиця і таніноподібні речовини не залежно від того, чи викликане ураження механічним впливом, патогенами або комахами. Виділення таких речовин може слугувати ефективним бар'єром для деяких патогенів, особливо у деревних рослин. Вони певною мірою токсичні для грибів, а після затвердіння перетворюються на фізичну перешкоду для їхнього проникнення. Стійкість до деяких хвороб також пояснюють наявністю камедей і смол, причому важливе значення мають їхній вміст і швидкість утворення. Мікроорганізми зазвичай не заселяють камедь, яка

виділяється рослинами, і це дає змогу припустити, що камедь токсична для грибів [5]. Окремі клітини по-різному реагують на втручання патогена. Клітинна стінка, через яку проникає інфекційна структура, може набрякати, а іноді просочується лігніном або суберином, що ускладнює проникнення патогена [5].

Надчутливість – це підвищена чутливість, яка виявляється у швидкій загибелі клітин живителя, розташованих поблизу місця зараження. Завдяки цьому паразит виявляється оточеним зоною відмерлих клітин живителя, і якщо він біотроф, то його подальший ріст припиняється. Стійкість при цьому фактично забезпечується дуже сильною чутливістю тканин рослини, в результаті чого виникають характерні дрібні некрози. Природно очікувати, що подібний механізм стійкості особливо важливий для облігатних паразитів, таких, як збудники іржі або борошнистої роси. Надчутливість також важлива у випадку деяких некрофітів, які отримують поживні речовини з мертвих тканин. Іноді гриб може деякий час існувати в зоні, обмеженій надчутливою тканиною, але він ослаблений, не росте, не утворює спор і згодом гине. Швидкість та інтенсивність реакції різна за різних поєднань живителя і патогена [5, 57].

Надчутливість пов'язана зі втратою клітинами тургору. Реакції надчутливості у стійких тканин такі:

1. Відбувається тимчасова активація метаболізму уражених клітин; порушується нормальний хід метаболізму, і клітини гинуть.

2. Підвищується метаболічна активність сусідніх, неуражених клітин; це супроводжується накопиченням фенолів та інших сполук, частина яких проникає в місце проникнення патогена.

3. Феноли та інші сполуки накопичуються в осередку ураження, що призводить до остаточної загибелі інфікованих клітин, а також (пізніше) і патогена.

4. Сусідні, незаражені клітини можуть почати «відновну діяльність», утворюючи захисний шар корку.

Час є вирішальним фактором, який визначає ефективність реакції надчутливості як механізму стійкості. Якщо реакція рослини-живителя надто повільна, то патоген може встигнути прижитися до досягнення фунгістатичного рівня захисної реакції. Так само, якщо реакція недостатньо сильна, патоген може

побороти її. Уражені клітини стійких тканин можуть почати відмирати вже через кілька годин після початку інфекції, хоча у разі деяких видів іржі процес може тривати декілька днів.

Надчутливість – це складне явище, іноді супроводжується утворенням фенолів і фітоалексинів. Воно є ефективним засобом захисту від деяких, але не від усіх патогенів. Це тільки одна із захисних реакцій рослин у захисті від проникнення паразитів. У разі одночасної або послідовної інокуляції сприйнятливої рослини двома патогенами і за сприятливих для обох патогенів умов між ними часто не існує ніякої взаємодії – кожен із них розвивається так, ніби іншого патогена не існує. Декілька патогенів можуть, очевидно, жити на одному і тому самому листку, ніяк не реагуючи один на одного. Патоген може проникати в рослину через ураження, викликані іншим патогеном. У такому випадку очевидно, що між двома патогенами не існує ніякого антагонізму. В інших випадках між патогенами, які уражують той самий орган рослини, виявляється синегрізм або антагонізм.

Синергізм – явище більш відоме для вірусів. Так, деякі вірусні хвороби викликаються двома вірусами. Кожен із них окремо не впливає сильно на рослину, але разом вони викликають у неї різкі симптоми, причому ці симптоми можуть відрізнятися від тих, які викликає кожен із компонентів окремо.

Антагонізм патогенів розповсюджений ширше, ніж синергізм, вивчали його переважно у вірусів. Причиною його може бути конкуренція за рецептори або порушення нормального ходу розмноження вірусів, один вірус може повністю пригнічувати інший.

Рослина (або якась її тканина) може уникнути зараження, якщо сприйнятлива фаза припадає на час, коли патоген відсутній, коли інокулюму занадто мало для того, щоб здійснити зараження, або коли умови несприятливі для зараження. До того часу, коли патоген виявляється здатним напасти на рослину, вона стає вже несприйнятною.

В силу генетичної мінливості виникають нові раси патогенів, які іноді мають нові патогенні властивості, тобто спроможні уражувати рослини, стійкі до старих рас. Аналогічним чином з'являються нові різновиди рослин-живителів; деякі з них виявляються стійкішими до патогенів. Серед нових рас патогена і

нових різновидів рослини-живителя виживають зазвичай ті, які більш ефективні, а менш ефективні, як правило, елімінує відбір. Хвороба розвивається тільки в тому випадку, коли вірулентна раса патогена потрапляє на сприйнятливую рослину, і не розвивається, якщо раса патогена авірулентна або рослина стійка.

Адаптація. Адаптації патогенів до рослин-живителів можуть бути наслідком мутації або ж результатом відбору тих штамів мікроорганізму (серед наявних штамів), які більш здатні атакувати певного живителя. За наявності підходящих субстратів змінюється ферментативна активність патогена («адаптивні» ферменти), яка може вплинути на його патогенність [5, 38]. Відтак, справжній механізм цього явища все ж залишається незрозумілим. Можливо, що в різних випадках в основі його лежать різні явища: відбір (під впливом живителя) більш агресивних біотипів, адаптація, мутація (під впливом яких-небудь мутагенних речовин в організмі живителя) і, нарешті, цитоплазматична мінливість. Аналогічним чином можна пояснити і втрату патогенності під час вирощування грибів у культурі.

Вертикальна і горизонтальна стійкість. Якщо який-небудь сорт рослини-живителя більш стійкий до одних рас патогена, ніж до інших, то таку стійкість називають вертикальною; якщо рослина однаковою мірою стійка стосовно усіх рас патогена, то говорять про горизонтальну стійкість [5, 16, 30, 38, 57]. Вертикальна стійкість виникає після проникнення патогену в рослину, і може ґрунтуватися на таких активних захисних механізмах, як надчутливість, утворення фітоалексинів та інших реакціях рослини. Хоча ці механізми не можуть повністю попередити проникнення патогена в рослину, вони попереджують його наступне розповсюдження у рослинних тканинах; тому практично рослина виявляється імунною. Так, надчутливість часто лежить в основі вертикальної стійкості рослин до облігатних паразитів.

Горизонтальна стійкість захищає рослину від усіх рас патогена, але не так надійно, як вертикальна стійкість, яка захищає його від якихось окремих рас. Вплив горизонтальної стійкості може виявитися як до, так і після зараження. Захисні механізми обмежують або уповільнюють процес зараження, колонізацію рослини або спороношення паразита. Тканини

рослини з горизонтальною стійкістю менш придатні для росту патогена (або ж стають такими після того, як він у них проник). Захист відбувається різними способами; уповільнюється проростання спор патогена, пригнічується або порушується утворення апресоріїв та інших інфекційних структур. В результаті зараження рослин і спороношення патогена хоча і не повністю пригнічується, але обмежується і відбувається повільніше, а це означає, що уповільнюється і розповсюдження збудника хвороби.

Стійкість рослин до патогенів часто домінує над сприйнятливістю, а у патогенів вірулентність є зазвичай рецесивною ознакою, так що більшість рослин імунні до більшості патогенів (хоча обмежене проникнення паразитів у такі імунні рослини в окремих випадках можливе). Внаслідок цього коло живителів більшості паразитів обмежене. В подібних випадках метаболічні системи живителя і паразита дуже точно збалансовані; найменша зміна може призвести до сумісності (сприйнятливості) або несумісності (стійкості). Багато патогенів прив'язані до певних родів у межах однієї родини і є вузькоспеціалізованими. Коло живителів менш спеціалізованих паразитів часто доволі широке. Багато з таких патогенів – факультативні сапротрофи, що здатні і за відсутності рослини-живителя існувати у вегетативному стані протягом тривалого часу. Паразитизм таких патогенів зазвичай агресивний: заражена тканина швидко руйнується, часто під дією токсинів або ферментів. Це – «пластичні», або «слабкі» патогени; їм легше нападати на ослаблені або пошкоджені рослини, і багато з них є раневими паразитами або можуть за сприятливих умов ними стати. Ці неспеціалізовані паразити оселяються на різних рослинах-живителях і на різних органах рослин. Однак навіть і в них іноді відмічається слабка спеціалізованість: так, *Botrytis cinerea* паразитує не на коренях, а на надземних частинах рослин, і навряд чи він може тривалий час існувати в ґрунті як сапрофіт із вільним способом життя [5, 57].



Питання для самоперевірки

1. Вкажіть основні ознаки появи патологічного процесу в рослині.
2. Назвіть абіотичні чинники порушення стану лісових екосистем.
3. Назвіть біотичні чинники порушення стану лісових екосистем.
4. Назвіть антропогенні чинники порушення стану лісових екосистем.
5. Назвіть основні типи пошкодження рослин комахами.
6. Назвіть основні типи хвороб деревних рослин.
7. Які механізми сприяють проникненню патогенних мікроорганізмів у тканини рослини-живителя?
8. Назвіть механізми захисту рослини від проникнення патогенних мікроорганізмів
9. Наведіть приклади морфологічних змін хворих рослин.
10. Перерахуйте групи типів хвороб і наведіть їх головні характеристики.
11. Чим відрізняються паразити від сапротрофів, вкажіть різницю між облігатними та факультативними організмами?
12. Які фактори призводять до погіршення санітарного стану рослин?
13. Що таке вертикальна та горизонтальна стійкість?
14. Поясніть механізм адаптації патогенів до рослин-живителів.
15. Поясніть термін «синергізм».
16. Поясніть термін «антагонізм».
17. Поясніть термін «надчутливість».
18. Поясніть механізм постінфекційних захисних реакцій.
19. Дайте визначення типу хвороб гнилі та наведіть їх класифікацію.
20. Дайте визначення типу хвороб плямистості та наведіть приклади.

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ФІТОСАНІТАРНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСОСТАНІВ

2.1. Моніторинг як система спостережень за станом навколишнього середовища в Україні. Фітосанітарний моніторинг

Інтенсивна господарська діяльність людини призводить порушення механізмів самовідновлення і саморегуляції екосистеми, що, відповідно, може призвести до його деградації. Ці порушення мають глобальний характер і це, в свою чергу, може спричинити загибель біосфери. Тому єдиним і безальтернативним шляхом є розвиток моніторингу навколишнього середовища і за його допомогою – максимальна оптимізація антропогенного впливу на нього. Термін «моніторинг» доповнює термін «контроль», але, на відміну від останнього, передбачає елементи управління не власне біосферою, а процесами, які відбуваються за антропогенного впливу на навколишнє середовище. Визначення поняття «система моніторингу» викладене у «Положенні про державну систему моніторингу довкілля» – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки [22].

Залежно від призначення моніторинг навколишнього природного середовища поділяють на загальний (стандартний), оперативний (кризовий) та фоновий (науковий) [24].

Загальний (стандартний) моніторинг – це оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінки та прогнозу стану навколишнього середовища (екосистеми) регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях.

Оперативний (кризовий) моніторинг – це спостереження спеціальних показників на мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного

екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації.

Фоновий (науковий) моніторинг – це спеціальні високоточні спостереження за складовими навколишнього природного середовища, а також за характером, складом, колообігом та міграцією забруднюючих речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери загалом. Фоновий моніторинг проводять у природних і біосферних заповідниках та на інших охоронних територіях.

Система державного моніторингу створюється на трьох рівнях: локальному – на території окремих об'єктів; регіональному – у межах адміністративно-регіональних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів; національному – на території країни загалом. Моніторинг – це система отримання й обробки отриманої інформації, необхідної для оцінювання якості навколишнього середовища й розробки відповідних рекомендацій [22, 24].

Отже, система моніторингу сприяє виявленню критичних ситуацій у біоценозі, дає змогу виділити критичні чинники впливу та найчутливіші до антропогенного тиску елементи біосфери, розробити рекомендації щодо прийняття управлінських рішень.

Сучасний інтегрований захист рослин передбачає управління популяціями шкідливих організмів у межах конкретних біоценозів за допомогою застосування оптимальної для конкретних умов системи заходів з метою оптимізації фітосанітарного стану насаджень.

Основною передумовою інтегрованого захисту рослин є фітосанітарний моніторинг і прогнозування шкідливих організмів, тобто система збору, накопичення, аналізу й використання фітосанітарної інформації з метою цілеспрямованого та оптимального проведення заходів лісозахисту.

Лісопатологічний моніторинг – система оперативного контролю лісопатологічного стану лісів: фактів порушення їхньої стійкості; поширення шкідливих організмів, прояву їхньої шкідливості; явищ і процесів пошкодження лісів природними та антропогенними чинниками; виявлення патологічних змін стану насаджень, оцінювання та прогнозування поширення й розвитку

патологічних процесів для своєчасного прийняття рішень щодо здійснення лісозахисних або інших лісогосподарських заходів [9, 46, 53]. Основне завдання лісопатологічного моніторингу – оцінювання лісопатологічного і санітарного стану лісових насаджень. Моніторинг складається з обстеження (нагляду, виявлення, обліку), аналізу (узагальнення) та прогнозування розвитку популяцій шкідливих організмів лісових екосистем. Об'єктами лісопатологічного моніторингу є ослаблені, деградовані ліси, які знаходяться під впливом патологічних факторів, а також фактори ослаблення лісових насаджень. Лісопатологічний моніторинг здійснюють шляхом рекогносцирувальних, детальних і експедиційних обстежень і нагляду за появою, поширенням і розвитком шкідливих організмів (комах, збудників хвороб тощо) та інших природних і антропогенних чинників.

Лісопатологічний моніторинг має проводитися регулярно через відповідні проміжки часу і складається з двох основних етапів. На першому етапі отримують інформацію, яка дасть змогу визначити прогноз розвитку подій і прийняти рішення про призначення лісозахисних заходів. Основними методами на цьому етапі є: вибіркові спостереження на модельних ділянках, аналіз інформації, отриманої під час дистанційного зондування, феромонний нагляд за появою й поширенням шкідників тощо. За лісопатологічною оцінкою санітарного стану насаджень пробних площ роблять висновки про стан лісового фонду. Для отримання точнішої інформації в осередках із загрозою всихання лісового фонду проводять наступний етап лісопатологічного моніторингу – детальний нагляд. Основна інформація для детального нагляду це повидільна лісопатологічна таксація лісів, дані нагляду за станом основних шкідливих факторів; повидільний банк таксаційних даних; картографічний банк даних; документація щодо санітарного та лісопатологічного стану лісів. Під час вивчення санітарного та лісопатологічного стану лісів враховують площу ослаблення чи всихання, основні причини деградації лісів, запаси деревини в загиблих деревостанах; поширення й динаміку стану популяцій комах-фітофагів і збудників хвороб лісу, обсяг і структуру проведених лісозахисних заходів [9, 26, 28, 34].

Основною метою лісопатологічного моніторингу є своєчасне виявлення патологічного стану деревостанів, виявлення та діагностика причин патологічних процесів у насадженнях, отримання й аналіз інформації щодо патологічних змін у насадженнях лісового фонду.

Фітосанітарний моніторинг – система спостережень і контролю поширення, щільності, інтенсивності розвитку та шкідливості шкідливих організмів. Основною метою фітосанітарного моніторингу є отримання необхідної інформації для складання прогнозів і сигналізації щодо появи, поширення, розвитку і збільшення чисельності шкідливих організмів та прийняття рішення щодо заходів лісозахисту.

Фітосанітарний моніторинг базується на основі фітосанітарної діагностики – визначення видів і показників шкідливих організмів за допомогою відповідних лісопатологічних обстежень і технічних засобів [9, 22, 24].

Нагляд як складова моніторингу. Нагляд здійснюють із метою виявлення осередків пошкодження, ураження чи ослаблення насаджень лісових масивів, лісових смуг, незімкнених насаджень, селекційних об'єктів, теплиць і розсадників, а також заготовленої деревини шкідливими організмами, а також під впливом аномальних погодних умов (посухи, сильного вітру, навал снігу, ожеледі тощо), пожеж, рекреації, господарської діяльності, техногенного забруднення тощо, тобто різноманітних природних і антропогенних чинників. Результати нагляду є підставою для прогнозування тенденцій зміни стану насаджень або окремих порід, визначення можливості попередження поширення усихання, призначення обстеження та здійснення за необхідності інших лісозахисних заходів.

Шкідливі організми лісових екосистем – це види тварин, рослин, грибів, мікроорганізмів, які спроможні заподіяти шкоду під час вирощування садивного матеріалу лісових порід, незімкнених і зімкнених насаджень, а також негативно вплинути на якість деревної й недеревної лісової продукції.

Шкідливими для лісостанів можуть бути комахи, кліщі та інші хребетні і безхребетні тварини, а також збудники хвороб різної природи в умовах, коли вони спроможні заподіяти шкоду

лісовим рослинам (насінню, сіянцям, саджанцям дерев і кущів) чи продукції рослинного походження.

Шкодочинність комах і збудників хвороб полягає у порушенні структури крон, частковій або повній втраті листя (хвої) або його недорозвиненні, зменшенні приросту, зменшенні стійкості до дії вітру та інших чинників, погіршенні санітарного стану дерев (у гіршому випадку – їхньої загибелі), впливі на генеративну сферу дерев, а також – на якість лісової продукції, зокрема деревини.

Зазначені зміни оцінюють під час нагляду. Оскільки універсальна шкала категорій санітарного стану дерев, рекомендована чинними «Санітарними правилами в лісах України» [42], не враховує особливостей змін окремих деревних рослин за різних типів пошкоджень, тому під час діагностики причин і прогнозування наслідків пошкодження чи ураження дерев слід брати до уваги додатково інші показники, що відображують специфічні реакції окремих лісових порід на пошкодження чи ураження (зміну структури крони, рівень дефоліації, наявність симптомів і ознак ураження чи пошкодження шкідливими організмами, абіотичними або антропогенними чинниками, пошкодження стовбура).

Симптоми ураження або пошкодження – це зміни або порушення стану деревної рослини або її частин, які знижують здатність рослини (або її частини) забезпечувати життєві функції (фотосинтез, всмоктування вологи та поживних речовин, перенесення їх до крони) та призводять до ослаблення дерев, погіршення якості деревини, зменшення приросту, а іноді і до всихання. Прикладами симптомів пошкодження чи ураження рослин є наявність ран, некрозів і виразок на окремих частинах рослин, втрата чи зміна забарвлення хвої, деформація рослин та засихання. На відміну від симптомів, які виявляються у зміні стану деревної рослини або її окремих органів, **ознаки** ураження або пошкодження є безпосереднім проявом шкідливих організмів, які спричинили пошкодження чи ураження рослин. Прикладами ознак ураження або пошкодження є наявність міцелію та спор грибів, плодових тіл, личинок комах екскрементів, ходів тощо, а також специфічні пошкодження рослин (скручування, скелетування, мінування листя, проточування ходів у деревині, пагонах і корінні, під корою).

Об'єкти нагляду – комахи, кліщі, молюски, хребетні тварини та збудники хвороб, які живляться різними органами рослин або в них розмножуються, є об'єктами лісопатологічного нагляду у випадку, якщо вони поширилися або розмножилися до такого рівня, що є небезпечними для стану дерев або спричиняють зниження якості та зменшення приросту деревини до економічно значущого рівня. За таких умов призначають певні лісогосподарські або лісозахисні заходи.

Комахи-фітофаги завдають шкоди під час живлення та відкладання яєць. Залежно від пошкоджуваних органів рослин розрізняють підходи до нагляду та обліку шкідників листя, бруньок і пагонів у період розвитку, гілок і стовбурів, коріння, плодів і насіння. Комах, які живуть відкрито, мають гризучий ротовий апарат і живляться листям (хвоєю), розподіляють на дві групи.

Комахи-хвоєлистогризи з рядів лускокрилі *Lepidoptera* та перетинчастокрилі *Hymenoptera* стрімко багаторазово збільшують чисельність і формують осередки масового розмноження, причому спалахи масового розмноження повторюються через певні періоди часу залежно від регіону і виду комах. Хвою (листя) пошкоджують гусениці (личинки), а імаго шкоди не завдають, не живляться або живляться нектаром. Стосовно основних комах-хвоєлистогризів визначені основні ознаки нагляду, методи обліку та критерії прогнозування [26, 31, 37].

Твердокрилі, або жуки *Coleoptera*, зокрема листоїди *Chrysomelidae*, довгоносики *Curculionidae*, наривники *Meloidae*, пластинчастовусі *Scarabaeidae*, пошкоджують листя під час розвитку личинки та/або під час додаткового живлення імаго. Деякі листоїди мають декілька генерацій на рік, що дає їм переваги перед іншими листогризми. Шкода від цих комах є особливо відчутною у розсадниках, на плантаціях швидкорослих порід, у полезахисних лісових смугах. Дані стосовно динаміки чисельності, ознаки нагляду, методи обліку та критерії прогнозування майже не вивчені.

Комахи та кліщі з прихованим способом життя – галоутворювачі та мінери часто утворюють декілька поколінь на рік та є менш чутливими до дії абіотичних чинників, зокрема забруднювачів повітря, ніж види, які живуть відкрито, і тому

останнім часом на тлі глобальної зміни клімату та антропогенного навантаження мають переваги перед "класичними" комахами-хвоєлистогризами. Дані стосовно динаміки чисельності та критерії прогнозування одержані лише для декількох видів.

Комахи-мінери з рядів лускокрилі *Lepidoptera*, перетинчастокрилі *Hymenoptera*, двокрилі *Diptera* та твердокрилі *Coleoptera*, які живляться всередині пагонів, листків, хвоїнок або плодів, прогризають у них характерні ходи або формують "міни". Щільність популяцій багатьох мінерів зазвичай стабільна за роками, але деякі види можуть помітно знизити декоративність і стійкість окремих дерев і насаджень.

Кліщі-фітофаги та комахи із сисним і колюче-сисним ротовим апаратом живляться соком рослин. Метелики *Lepidoptera* переважно живляться нектаром квітів і шкоди рослинам не заподіюють. У ряді напівтвердокрилих *Hemiptera* сисними шкідниками є цикадові *Auchenorrhyncha*, листоблішки *Psyllidae*, білокрилки *Aleyrodidae*, попелиці *Aphidoidea*, кокциди, або червчики *Coccidia* та щитівки *Diaspididae*, а також клопи *Heteroptera*. Бахромчастокрилі, або трипси *Thripidae*, рівнокрилі *Homoptera*, перетинчастокрилі *Hymenoptera* та двокрилі *Diptera* фітофаги спричиняють утворення галів, інтенсивний ріст тканин у місцях висмоктування соку, знебарвлення та деформацію листя або інших органів. Деякі види забруднюють рослини липкими виділеннями, на яких розвиваються сажкові гриби, а деякі переносять збудників хвороб рослин, зокрема віруси та бактерії [26, 30].

Стовбурові шкідники – представники переважно родин вусачі *Cerambycidae*, златки *Buprestidae*, довгоносики *Curculionidae* (підродина короїди *Scolytinae*), лускокрилі *Lepidoptera*, перетинчастокрилі *Hymenoptera*. Стовбурові шкідники завдають фізіологічної шкоди живим деревам, оскільки ходами руйнують їхню провідну систему, пошкоджують окремі органи під час додаткового живлення та переносять збудників хвороб. Стовбурові шкідники заподіюють технічну шкоду деревам і заготовленій деревині, оскільки наявність широких і глибоких ходів ("червоточин") знижує її якість [28].

Шкідники коріння найменшою мірою пов'язані з кормовими деревними рослинами у порівнянні зі шкідниками наземних органів дерев [44].

Шкідники плодів, шишок і насіння мають значення переважно на селекційних об'єктах і насінневих плантаціях, які необхідно захищати інсектицидами регулярно у терміни, що передують можливому відкладанню яєць цими комахами у зав'язі, а за подовженого періоду льоту повторювати обробку 2–3 рази. Різні органи сіянців, саджанців і рослин незімкнених культур лісових порід пошкоджують комахи різних систематичних і екологічних груп. Методи нагляду, обліку та оцінювання шкідливості цих комах у соснових культурах відображені в окремих рекомендаціях [26].

Інфекційні хвороби спричиняють гриби, бактерії, віруси та деякі інші організми, а неінфекційні – абіотичні чинники чи механічні пошкодження. Залежно від органів рослин, які уражуються, розрізняють хвороби листя, хвої та пагонів, судинні та некрозно-ракові хвороби стовбурів і гілок. Хвороби листя, спричинені грибами, рідше бактеріями, супроводжуються порушенням фотосинтезу, дихання, транспірації дерев, можуть спричиняти передчасне опадання листя, втрату декоративності, зниження захисних функцій дерев і кущів.

Хвороби хвої та пагонів завдають найбільшої шкоди молодим рослинам, у яких ще відсутня хвоя старшого віку. Уражені дерева гинуть лише після повного відмирання хвої, якщо вона не може відновитися.

Судинні та некрозно-ракові хвороби стовбурів і гілок спричиняють погіршення санітарного стану, зменшення якості та виходу ділових сортиментів, накопиченню сухостою, розвитку осередків стовбурових комах. Розподіл хвороб на судинні, некрозні та ракові є умовним, оскільки один збудник може спричинити різні типи ураження.

Дереворуйнівні гриби (ксилотрофи) розвиваються на деревині та беруть участь у її біологічному розкладанні. Гриби-ксилотрофи різноманітні за способом життя, спеціалізацією, типом живлення, механізмом дії на деревину або рослину загалом, вимогами до умов навколишнього середовища. Руйнування сухостою та сушняку у лісі є корисним з погляду біокругообігу, а ураження життєздатних дерев і руйнування заготовленої деревини завдають шкоди лісовому господарству.

Біологічне руйнування деревини здійснюється специфічними екологічними групами грибів, які змінюють одна одну у

міру руйнування деревини. Першими дерева заселяють види, що розвиваються у деревині та спричиняють гнилові хвороби хвойних і листяних порід. Вони спричиняють всихання дерев, вітровал і бурелом, зріджування деревостанів, втрату екологічних функцій. Оскільки хворіти можуть лише живі рослини, то гриб чи бактерія, які проникли у відмерлі гілки, локальні відмерлі ділянки стовбура чи заготовлену деревину та спричиняє зміни її забарвлення чи структури, не можна вважати збудниками хвороб, за винятком видів, які уражують живу деревину, а після загибелі гілок чи всього дерева можуть розвиватися на мертвій деревині.

Феромоніторинг. Високий ступінь розвитку хімічного чуття є однією з особливостей фізіології комах. Це дає змогу застосовувати ці особливості задля виявлення, визначення меж поширення, дат розвитку та захисту рослин від комах-фітофагів. Зокрема, у практиці обмеження чисельності комах-фітофагів застосовують метод принад, який полягає в тому, що приваблюючі поживні речовини обробляють отрутами й розкидають у місцях концентрації комах-фітофага. Для цього виявляють також природні приваблюючі речовини, або аттрактанти; синтезують штучні аттрактанти. Існують природні хімічні речовини, які впливають на контактні хеморецептори комах або інших тварин, знижують інтенсивність або унеможлиблюють їхнє живлення, ці речовини називають антифідантами. Внутрішньопопуляційний зв'язок комах здійснюється за допомогою хімічно активних речовин, які виділяються в зовнішнє середовище. Зокрема великий практичний інтерес у лісозахисті становлять біологічно активні речовини для хімічного впливу на інших тварин – *телергони* [1, 18]. Телергони поділяють на *гетеротелергони*, які діють на інші види тварин, і *гомотелергони (феромони)*, які діють лише на особин одного виду. До гетеротелергонів належать речовини хімічного захисту комах від ворогів (отрута жалячих комах), сильнопахучі та інші відлякуючі речовини – репеленти. До феромонів належать речовини, які сприяють концентрації комах для використання джерел їжі або пошуку місць для парування. Феромони скупчення виявлені у молей, клопів, прямокрилих, короїдів, феромони тривоги, або оборони – у жалячих перетинчастокрилих, термітів, попелиць; феромони, які контролюють розвиток статевих залоз – у робочих бджіл;

виведення маток – у бджіл та інших комах, які живуть великими групами [1, 18, 43]. Найбільш вивчені *статеві феромони*, або статеві атрактанти. Самиці виділяють статеві феромони у невеликих кількостях, достатніх для приваблення особин іншої статі. Статевого секрету однієї незаплідненої самиці достатньо для приваблення десятків тисяч самців, які перебувають від неї на відстані десятків, а інколи й сотень метрів. Дія феромонів дуже специфічна і не впливає на інших комах. Деякі феромони штучно синтезовано, їх використовують для захисту від комах-фітофагів або для обліку їхньої чисельності в природі. Використання статевих феромонів дає можливість виявити нові види комах у регіоні та визначити терміни появи перших імаго, спроможних заселити дерева чи лісову продукцію, а іноді – певною мірою зменшити чисельність популяції комах-фітофагів. За даними обліків у феромонних пастках визначають рівень чисельності популяцій комах-фітофагів й терміни появи шкідливої стадії його розвитку. Отримані дані дають можливість своєчасно планувати та впроваджувати заходи лісозахисту.

Феромонні пастки встановлюють для нагляду за певним видом комах-фітофагів. Це дає змогу виявити присутність виду навіть за низької чисельності. Моніторинг комах-фітофагів особливо важливий за умови щорічного зростання чисельності або очікуваної міграції. У випадку пошкодження насаджень декількома видами фітофагів феромоніторинг дає змогу встановити найбільш небезпечний вид із інтенсивним зростанням чисельності та визначити стратегію захисту [27].

Основні завдання застосування феромонних пасток: виявлення нових осередків; встановлення меж осередків; встановлення динаміки льоту комах-фітофагів; створення так званого «статевого вакууму» та дезорієнтації самців задля зниження чисельності карантинних організмів за допомогою феромонних пасток, тобто порушення феромонного зв'язку між статями [22, 27]. Обмежень застосуванню феромонів немає, вони не забруднюють навколишнє середовище, екологічно безпечні та впливають вибірково на комах конкретного виду.

Існують декілька модифікацій феромонних пасток, які відрізняються конструкцією залежно від видів комах-фітофагів.

Феромонні пастки – це спеціальні пристрої для відловлювання комах із джерелом феромону (диспенсером),

розташованим у цій пастці. Конструкція пастки впливає на кількість спійманих комах. Пастки виготовляють із ламінованого паперу або пластику. Феромонні пастки, які використовують у сучасних системах моніторингу, класифікують залежно від їхніх конструктивних особливостей і принципу фіксації спійманих комах [22, 27].

Клейові пастки. Відловлювання комах у клейових пастках відбувається шляхом їхнього прилипання до клейової поверхні. Клейові пастки мають кілька модифікацій (рис. 2.1).

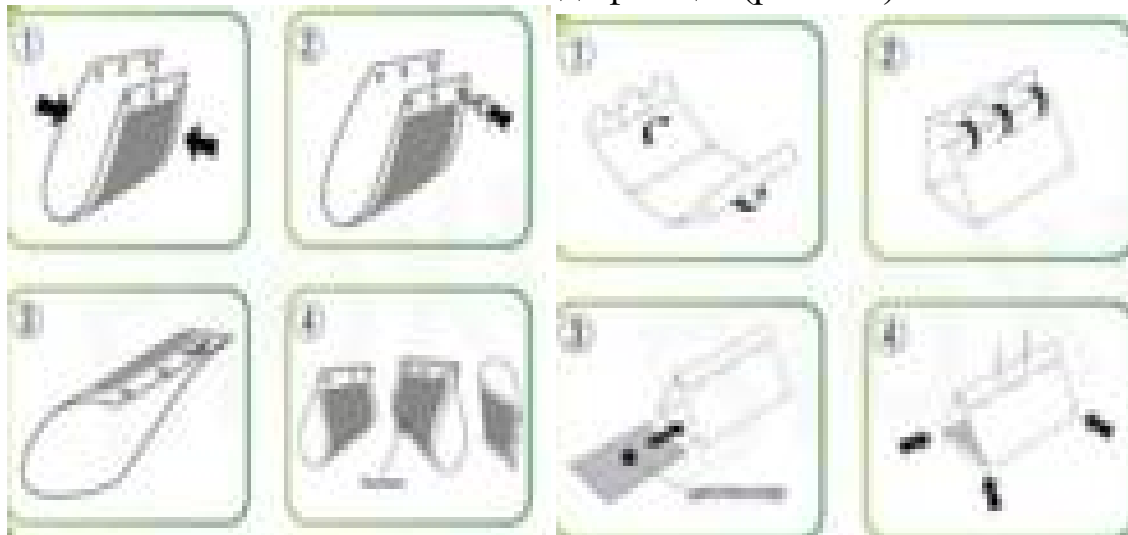


Рис.2.1. Клейові пастки різних конструкцій (за матеріалами сайту <https://www.biochemtech.com.ua>)

Крилові пастки мають дві частини (верхню і нижню), з'єднані дротом і відкриті для проникнення комах з усіх боків. Обидві частини зсередини мають незамінювані клейкі поверхні.

Трикутні пастки (рис. 2.2) – найпоширеніший тип пасток у формі трикутної призми з лійкоподібними трикутними вхідними отворами на торцях, іноді на боці пастки роблять прозоре поліетиленове вікно [22, 24].



Рис. 2.2. Трикутні феромонні пастки (за матеріалами сайту <https://www.biochemtech.com.ua>)

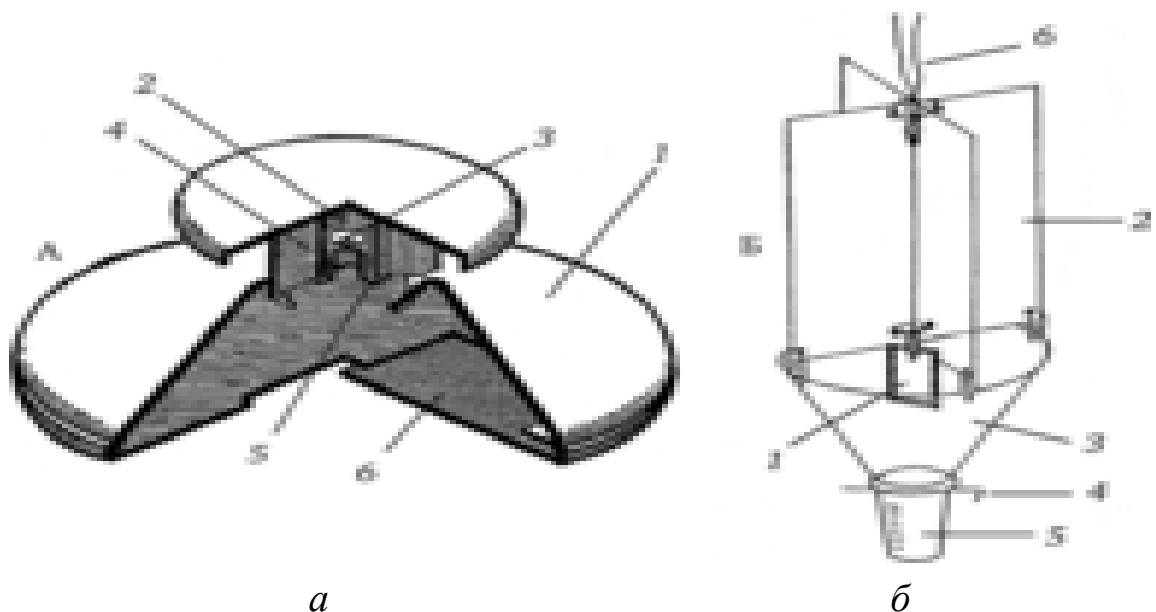


Рис. 2.3. Феромонні безклеєві пастки різних конструкцій [22]:

а) для вилову імаго жуків: 1 – корпус пастки, 2 – камера для диспенсера, 3 – феромонний диспенсер, 4 – розподільники повітряного потоку, 5 – корок, який закриває камеру диспенсера, 6 – люк для виловлення відловлених комах; *б) бар'єрна пастка для вилову короїдів:* 1 – феромонний диспенсер, 2 – бар'єрна частина, 3 – воронка, 4 – шпилька для кріплення резервуара, 5 – резервуар для збору відловлених комах, 6 – підвіс для розміщення пастки на деревах

Інсектицидні коробчасті пастки без клейової поверхні у формі чотиригранної прямокутної призми із входними отворами з 4-х боків у верхній частині пастки і дахом для спрямування метеликів до входних отворів. Такі пастки мають доволі велику ємність – ненасичувана пастка з інсектицидними пластинками. Вони здатні відловлювати велику кількість великих метеликів, залишаючись функціональними протягом тривалого часу. У клейових пастках липкі поверхні часто засмічуються іншими видами комах, і їх треба замінювати протягом льотного періоду основного шкідника [22, 24, 27].

Рідинні пастки виготовляють із негігроскопічного картону або пластику, фіксація комах у них відбувається за допомогою рідини з інсектицидними властивостями. Для вилову короїдів використовують пастки-імітанти стовбурів дерев із дротяної сітки у вигляді циліндрів з обрубками стовбурів, заселеними жуками або просоченими синтетичним атрактантом, пастки із

вставлених один в одного декількох пластикових конусів, а також бар'єрні пастки (рис. 2.3).

Для відловлювання смолюхів *Pissodes* у соснових насадженнях використовують трикутну напівзакриту пастку. Виставляють феромонні пастки на хвойних рослинах на висоті 1,5 м з розрахунку 1 пастка на 15 га в період льоту імаго. Спостереження продовжують протягом усього періоду льоту самців, оглядаючи пастки щодня, а з моменту початку льоту – через кожні 7 днів до кінця серпня. За кількістю імаго самців смолюхів у пастках протягом усього періоду спостережень аналізують динаміку їхніх розвитку та чисельності [27].

Для моніторингу популяцій вусачів *Cerambycidae* застосовують бар'єрні пастки діаметром до 30 см у вигляді лійки, над якою закріплені хрестоподібно розташовані пластини розміром 30×45 см (рис. 2.3, б). Змінний приймач комах у вигляді склянки об'ємом 500 мл прикріплений знизу до лійки, на дні приймача є отвори для зливу дощової води. Під бар'єром у верхній частині лійки кріпиться диспенсер. Пастки з розрахунку 1 пастка на 15 га розвішують на висоті 1,5 м, у кроні дерев, біля місць заготівлі деревини, оскільки найчастіше самиці відкладають яйця у свіжозрубану деревину. Для проведення фенологічних спостережень пастки з феромоном застосовують від другої декади квітня до кінця жовтня.

Також, бар'єрні пастки використовують для виявлення короїдів *Scolytinae*. За допомогою ловильних дерев під час феромонного нагляду можливо також проводити відлов імаго короїдів. До ловильних дерев прикріплюють диспенсер із феромоном на стовбурі задля посилення залучення імаго короїдів на межі живих і відмерлих сучків або розміщують диспенсер між свіжозрізаними колода, захищаючи його від потрапляння прямих сонячних променів. Феромонні пастки вивішують на висоті 1,3–1,5 м від землі або на встановлених кілках на відстані не менш 20 м від живих дерев певного виду на гілках сухостійних дерев і наявного підліску (ліщина тощо). На стовбурах живих дерев, що мають репелентний (відлякуючий) ефект для короїдів (для соснових насаджень – дерева берези та осики), пастки розвішувати не рекомендується. Пастки розвішують із розрахунку 1 шт. на 5 га. Терміни розвішування пасток визначають із урахуванням перебігу температури. Зазвичай у

наших соснових лісах найбільш рано вилітає із місць зимівлі великий сосновий лубоїд – після стійкого переходу температури понад 5 °С (друга половина березня), дещо пізніше – малий сосновий лубоїд, верхівковий і шестиzubчастий короїди – після стійкого переходу температури понад 10 °С (середина квітня). У ялинових і листяних насадженнях літ стовбурових комах зазвичай починається у травні. Очищати й перевіряти пастки необхідно регулярно, тому що відмерлі імаго відлякують запахом інших комах популяції. Бар'єрні пастки використовують також для відлову златок *Buprestidae*. Для проведення фермонного нагляду за златками пастки розвішують з кінця квітня до серпня у кроні дерев на висоті 1,5 м з розрахунку 1 пастка на 5 га насаджень [22, 27].

Усі види пасток рекомендовано вивішувати на висоті 1,3–1,5 м горизонтально на гілках дерев або чагарників. Слід уникати розвішування пасток у густих заростях, де утруднений рух повітря, хоча бажано часткове маскуваннн гілками дерев і чагарників від відвідувачів лісу, які пошкоджують або знищують феромонні пастки.

Для успішного застосування феромону для певного виду комах-фітофага важливо правильно підібрати тип диспенсера (пристрою для виділення феромону в зовнішнє середовище). Диспенсер виготовляють із матеріалу, який не змінює молекулярної структури феромону. Дуже важливо рівномірне виділення феромону протягом усього періоду льоту імаго. Цей період відрізняється для різних видів комах-фітофагів і може тривати до 3 місяців. Гумові диспенсери виділяють велику частину феромону протягом тижня, тому вони практично непридатні для моніторингу комах-фітофагів [22, 27]. Доволі широко використовують диспенсери з парафіновим і поліхлорвініловим покриттям [22].

Застосування синтетичних феромонів дає змогу виявити наявність виду комах-фітофага в природі, визначити початок льоту імаго шкідника і терміни проведення лісозахисних заходів, проте в основному феромонні пастки слугують для спостереження за зміною чисельності популяцій комах-фітофагів у типових для їхнього розмноження насадженнях. Феромонні пастки вивішують на гілках дерев на початку льоту і знімають після закінчення, підраховуючи чисельність і порівнюють з

даними минулих років. Феромонні пастки дають змогу встановити напрямок і швидкість поширення популяцій комах-фітофагів. Також їх можна застосовувати у важкодоступних місцях поширення шкідників, де застосування традиційних методів обліку чисельності вимагає великих трудових і матеріальних витрат. Феромонні пастки дають змогу встановити мінливість морфологічних ознак імаго комах протягом періоду льоту, особливо за низької щільності популяції, та прогнозувати терміни проведення заходів лісозахисту. Також статеві феромони вносять у спеціальні гранули, які розміщують у насадженні у період масового льоту імаго для статевої дезорієнтації самців під час пошуку самиць [22, 27].

Надзвичайно важливим є поєднання використання феромонних пасток і відкритого поширення феромонів. Поширення гранул – ефективний метод порушення зв'язків у природі і зниження чисельності комах-фітофагів. Феромонні пастки використовують для створення самцевого вакууму і збільшення кількості незапліднених самиць у популяції. Найчастіше цей метод використовують для контролю популяцій короїдів, менше – для лускокрилих. За літературними джерелами рекомендовано поєднання феромонного моніторингу і традиційних методів [27]. За низької щільності популяції можна обмежитися використанням феромонних пасток, у період стрімкого наростання чисельності разом із використанням пасток слід застосовувати інші методи нагляду задля уточнення кількісних показників стану популяції. За високої чисельності (за умови виявлення візуально) рекомендується застосовувати звичайні методи, оскільки застосування феромонних пасток у цей період недоцільне через їхнє переповнення та потрапляння інших комах, що утруднює облік.

Феромони агрегації, які застосовують для вилову твердокрилих, зокрема короїдів, можуть привабити велику кількість особин, тобто знищити певну частину популяції. Водночас у феромонні пастки поряд із цільовими видами можуть потрапляти нецільові, зокрема хижакі. У випадку, якщо комахи потрапляють у контейнери живими, хижакі можуть суттєво знизити чисельність зловлених цільових комах за період між обліками. Якщо феромонні пастки мають контейнери з фіксаторами з розчином інсектициду чи клейкі поверхні, є ризик

загибелі ентомофагів та інших комах, які потрапляють у ці пастки.

У випадку застосування за високої чисельності метеликів статеві феромони приваблюють самців меншою мірою, ніж живі самки. Так в осередках непарного шовкопряда у фазі кульмінації у феромонні пастки потрапляє дуже мало метеликів. Підраховано, що не всі особини приваблюються штучними феромонами, частка популяції нечутлива до них і дає потомство, яке також не чутливе до штучних феромонів. Тому, якщо феромонні пастки застосовувати декілька років поспіль, значна частина популяції не реагує на феромон.

За результатами моніторингу складають фітосанітарний прогноз – обґрунтоване передбачення строків появи, рівня поширеності й розвитку шкідливих організмів і можливих явищ та процесів у фітосанітарному стані лісових біоценозів у майбутньому. Розрізняють *багаторічний прогноз* – фітосанітарний прогноз щонайменше на два роки чи на 5–11-річний період; *річний прогноз* – фітосанітарний прогноз на наступний вегетаційний період; *короткостроковий прогноз* – фітосанітарний прогноз на певні періоди розвитку деревних рослин (наприклад, у розсаднику) чи певних груп шкідливих організмів (наприклад, періоду льоту жуків). Моніторинг дає змогу оцінити й передбачити показники негативної дії шкідливого організму на деревні рослини та насадження загалом.

Фенологічний і синоптичний прогноз. Прогнозування розвитку шкідників і збудників хвороб має велике значення, оскільки на основі прогнозів можна планувати профілактичні та лісозахисні заходи і вчасно їх проводити. Залежно від тривалості виділяють такі види прогнозів: короткостроковий, довгостроковий та багаторічний [50, 57].

Короткостроковий прогноз складають на порівняно невеликий термін (вегетаційний сезон, декілька тижнів) для невеликої за площею території з метою визначення строків проведення заходів захисту (хімічних, мікробіологічних та інших). Для складання короткострокового прогнозу збудників хвороб необхідно знати: час появи первинної інфекції, тривалість інкубаційного періоду та умови, які сприяють поширенню патогена (наприклад, інфекційне полягання сіянців виявляється в першій половині літа, а масовий розвиток патогена відбувається

за прогрівання ґрунту до +14...+ 16°C і масової появи сходів. Враховуючи метеоумови кожного року, можна за два-три тижні передбачити декаду початку масового полягання сходів). Короткостроковий прогноз збудників хвороб базується на спостереженнях за розвитком патогена (для встановлення початку зараження сосновим вертуном сіянців сосни спостерігають за формуванням базидіоспор на ураженому обпалому листі осики до появи золотистого нальоту, який є сигналом для проведення хімічної обробки сіянців у розсадниках і молодих культур). Крім наявності агресивного патогена важливим є також співпадіння періоду розвитку патогена та сприйнятливих стадій рослини, наприклад, молодих листків дуба під час ураження *Microsphaera alphitoides*. Також для прогнозування враховують інформацію щодо перебігу хвороб протягом минулих років. На тривалість інкубаційного періоду патогена найбільшою мірою впливає температура повітря, залежність від якої визначена для багатьох грибних хвороб рослин, тому кількість і строки наступних обробок залежать від сприятливості для розвитку хвороби погодних умов, тривалості захисної дії фунгіциду, приросту нових органів дерева тощо. Існують декілька методів короткострокового прогнозу хвороб рослин. Вони базуються на аналізі метеорологічних умов, які впливають на процес зараження, тривалість інкубаційного періоду, утворення та розповсюдження спор.

Довгостроковий прогноз передбачає розвиток хвороб на наступний вегетаційний сезон і враховує інформацію щодо запасу інфекції, стану рослини-живителя, агротехніки вирощування, результатів попередніх заходів захисту, наявності проміжних рослин-живителів (для іржастих грибів) тощо. У деяких випадках доцільно знати довгостроковий прогноз погоди на найближчий вегетаційний сезон. Наприклад, для прогнозування шютте сосни звичайного проводять осінній облік ураження сіянців, за яким можна передбачити розвиток патогена навесні. Математична модель для довгострокового прогнозу розвитку шютте розроблена М. М. Ведерніковим (1984) [3]:

$$\text{поширення хвороби } Y_1 = 78,5 - 4,19X_1 + 0,22X_2 \pm 18,3 \quad (2.1)$$

$$\text{розвиток хвороби } Y_1 = 119,5 - 5,57X_1 + 0,18X_2 \pm 21,7 \quad (2.2)$$

де: X_1 – середня температура повітря за липень-серпень, $^{\circ}\text{C}$,
 X_2 – сума опадів за липень-серпень, мм (минулого року).

Поширеність шютте снігового в розсадниках (%) прогнозується в два етапи. У перші дні листопада, тобто в середньому за 5,5 місяців, роблять попередній прогноз (Y_3) на наступний рік за формулою:

$$Y_3 = 1,37X_1 + 32,43 \pm 20,0 \quad (2.3)$$

Уточнення прогнозу (Y_4) проводять у березні за один місяць до прояву хвороби за формулою:

$$Y_4 = 0,54X_1 + 0,99X_2 - 52,70 \pm 17,9 \quad (2.4)$$

де: X_1 – кількість днів із опадами за червень-жовтень року, що передує прогнозованому;

X_2 – максимальна за зиму висота снігового покриву в цьому розсаднику, см.

За наявності в соснових насадженнях осики і за умов розвитку соснового вертуна у поточному році можна передбачити поширення хвороби на наступний рік. Пошкодження штучно створених насаджень дуба весняними приморозками чи об'їдання листя комахами-фітофагами спричиняє інтенсивне ураження борошнистою росою у поточному і наступному роках [50].

Багаторічний прогноз передбачає розвиток хвороб на кілька років (два і більше) наперед. Цей тип прогнозу базується на знанні біологічних особливостей деревних видів і збудників хвороб різних екологічних умов (типів лісу), стійкості деревних рослин, агротехніки вирощування лісових культур та динаміки зміни кліматичних умов. Так, за умови створення чистих соснових культур на староорних землях у суборах, судібровах чи борах свіжих і вологих, а також чистих за межами їх природного ареалу, зростає вірогідність ураження кореневою губкою [6, 50, 57].

Для *сезонного прогнозу* збудників хвороб використовують дані обліку інтенсивності та строків появи запасу первинної інфекції (інокулюм) збудника хвороби на рослині або у повітрі на ранніх фенофазах рослини. Зокрема, восени або рано навесні

проводять облік уредопустул і спор іржастих та борошнистороссяних грибів у повітрі. Для виникнення осередку хвороб для деяких патогенів достатньо поодиноких спор (іржасті, борошнистороссяні гриби), для інших – тільки їх певна кількість. Погодні умови за попередній період впливають на вірулентність патогена, збереження та накопичення первинної інфекції, а також на сприйнятливість рослин. Для різних хвороб і неоднакових природно-кліматичних зон використовують різні прогностичні фактори погоди. Метеопатологічний принцип прогнозування передбачає аналіз факторів погоди за попередній період, які впливають на поточні умови розвитку збудника хвороби, метеобіологічний – на рослину-живителя або патоген у стані спокою. Для прогнозу найчастіше визначальними є температура повітря і опади, проте використовують також відносну вологість повітря, кількість днів з опадами, гідротермічний коефіцієнт (ГТК) тощо.

Відомо, що сприйнятливість рослин до ураження хворобами залежить від вегетаційного періоду і не є постійною. Згідно з теорією імуногенезу, деякі патогени уражають рослини на початку вегетації, інші – тільки у другій половині вегетаційного сезону, окремі – протягом усього вегетаційного періоду [5, 57, 62]. Відтак, чим коротший період розмноження патогена і ураження рослин, тим загроза розвитку епіфітотії менша, а за умови раннього розповсюдження первинної інфекції відбувається масове ураження рослин. Інфекційне навантаження суттєво зменшується за умови максимального обмеження запасу первинної інфекції за рахунок прояву хвороби у більш пізні строки та зниження шкідливості [57].

Метеорологічні спостереження застосовують для:

- визначення строків ураження (особливо першого) на основі даних щодо фенофази рослини, запасу первинної інфекції та гідротермічних умов;
- визначення часу прояву хвороби, появи симптомів або утворення спороношення на основі строків зараження та врахування даних щодо температури поточного періоду;
- сигналізації щодо строків проведення лісозахисних заходів [62].

Критичним періодом ураження вважають фенологічний етап розвитку рослини, протягом якого обмеження інфекції є

вирішальним фактором у попередженні можливої епіфітотії, його тривалість та кількість може бути різною. Таким чином, знаючи сприйнятливі фенофази рослин і критичні періоди розвитку хвороб, необхідно проводити фітосанітарний моніторинг, який дає змогу визначати точні строки проведення захисту. Існує залежність розповсюдження первинної інфекції від природно-кліматичної зони, умов вегетаційного періоду, агротехніки та особливостей рослини-живителя і патогена, якому притаманний певний строк початку та динаміки розповсюдження спороношення. Тому важливо знати період активної фази патогена, особливо за умови розмноження (червона плямистість сливи, парша яблуні, кокомікоз тощо).

Фенологічний прогноз проводять за багаторічними даними щодо зв'язку фенологічних фаз деревних рослин або сіянців із першим проявом хвороби. Біометеорологічний прогноз базується на визначенні строків ураження та тривалості латентних періодів розвитку патогенів залежно від метеорологічних факторів з урахуванням біологічних особливостей патогенів (біотип, раса) та ступеня сприйнятливості рослин [50, 57].

Прогнозування масових розмножень хвоє- та листогризів. Метою прогнозування у захисті лісу є одержання випереджальної інформації про дати початку і розвиток масових розмножень комах. Науково-аргументований прогноз будується на аналізі поширення явищ, динаміки процесів у минулому, їх зв'язків із різноманітними чинниками та процесами. Через неможливість урахування впливу всіх наявних чинників на природні процеси будь-які прогнози здійснюють із певною ймовірністю. Тому точнішим є визначення, що прогноз – це імовірнісне судження про тенденції та перспективи розвитку процесу в майбутньому на базі минулого і нинішнього.

Під час прогнозування масових розмножень комах-хвоєлистогрозів необхідно визначити, спалахи яких видів, де, коли слід очікувати, якими будуть їхні інтенсивність і тривалість. За термінами такі прогнози поділяють на багаторічні (стратегічні), річні (тактичні) та сезонні (оперативні) (рис. 2.4).

Прогнозування масових розмножень комах-хвоєлистогрозів може вирішуватися на основі аналізу великих масивів інформації стосовно поширення, динаміки популяцій комах та чинників, що на неї впливають, і можуть здійснювати лише наукові установи.

Кінцевою метою прогнозування поширення осередків комах-хвоєлистогризів у просторі є районування території на основі визначення ймовірності масових розмножень комах у різних зонах, областях, лісгоспах, насадженнях за середніми багаторічними даними. Це дає змогу обґрунтувати стратегію захисту лісу, зокрема зміни у структурі служби лісозахисту та підготуванні кадрів.



Рис. 2.4. Види прогнозів масових розмножень комах-хвоєлистогризів та їхній зміст



Рис. 2.4. Види прогнозів масових розмножень комах-хвоєлистогризів та їхній зміст (продовження)

Аналіз багаторічних даних свідчить, що якщо тривалість, частота та інтенсивність масових розмножень окремих видів комах-хвоєлистогризів за багаторічними даними у деяких районах більші, то у майбутньому з високою ймовірністю можна прогнозувати значне накопичення чисельності та поширення осередків цих видів саме у цих районах. Зазначений підхід дав змогу визначити зони за загрозою виникнення масових розмножень комах-хвоєлистогризів [31].

Такі зони за загрозою виникнення масових розмножень включають області цілком, оскільки саме в них збирають статистичну звітність щодо лісозахисту з урахуванням неоднорідності природних умов. Установлені зв'язки масових розмножень комах-хвоєлистогризів із кліматичними показниками та поширенням кормових порід та межі зон загрози поширення осередків окремих видів шкідників можуть бути уточнені засобами ГІС [24].

На поширення осередків комах-хвоєлистогризів на рівні областей можуть вплинути зміни структури лісового фонду внаслідок причин, пов'язаних зі змінами клімату або із веденням лісового господарства. Прогноз, який враховує вплив на поширення осередків масового розмноження комах зміни структури лісового фонду, клімату, лісогосподарського виробництва, є перспективним, або наддовгостроковим, і достовірність його оцінюється в 20–60 %. Для обґрунтованої стратегії лісозахисту важливим є визначення темпів змін клімату: повільні матимуть вплив на співвідношення термінів сезонного розвитку кормових рослин, комах-фітофагів та ентомофагів, а швидкі можуть призвести до змін ареалів як деревних рослин і окремих видів хвоєлистогризів або до адаптації останніх до інших кормових деревних рослин. Зважаючи на зазначені зміни необхідно підсилити нагляд за станом насаджень і поширенням комах-шкідників лісу. Зокрема, межі зон загрози масових розмножень комах-хвоєлистогризів доцільно коригувати кожні 10 років з урахуванням змін метеорологічних показників [18, 31, 50, 62].

Для урахування впливу певних чинників на поширення осередків масового розмноження комах-хвоєлистогризів запропоновано підхід, який оснований на бальній оцінці окремих чинників і може бути використаний для оцінювання загрози

поширення осередків комах-хвоєлистогризів як на регіональному рівні (з урахуванням кліматичних показників), так і на рівні насаджень (з урахуванням характеристик лісорослинних умов), а також для визначення нових меж зон загрози у разі змін значень зазначених показників. За наявності баз даних лісорослинних умов для окремих насаджень, а також для деревостанів лісництва, лісгоспу або лісового фонду обласних управлінь лісового та мисливського господарств з використанням зазначеного підходу можливо розрахувати площі потенційних осередків масового розмноження комах-хвоєлистогризів.

Оцінювання принадності ділянок насаджень для комах-хвоєлистогризів. У різних виділах одного лісового масиву спалахи масового розмноження комах-хвоєлистогризів розвиваються з різною інтенсивністю, що пояснюється відмінностями мікроклімату, складу та стану кормових деревних рослин, які впливають на життєздатність і плодючість комах-фітофагів та умов розвитку їхніх ентомофагів. Сукупність умов, припадних для успішного розвитку окремих видів комах, визначається поєднанням типу лісорослинних умов, віку, повноти, складу, походження насаджень і залежить від раптової зміни категорії земель сусідніх ділянок.

Окремі види комах-фітофагів мають різні вимоги до екологічних умов. Врахування цих вимог дало змогу розрахувати бальну оцінку принадності ділянок насаджень для основних комах-хвоєлистогризів [31] (табл. 2.1).

2.1. Критерії оцінювання принадності насаджень для окремих видів комах-хвоєлистогризів (за Мешковою, 2009)

Види комах	Принадність, бал	ТЛУ	Клас віку	Відносна повнота	Частка сосни у складі, од.
Рудий сосновий пильщик	4	A ₂ , B ₁ , B ₂	III, IV, VI	0,5	–
	5	A ₁	V	≤ 0,4	9 і 10
Звичайний сосновий пильщик	4	B ₁ , B ₂	IV	≤ 0,5	–
	5	A ₁ , A ₂	V	–	9 і 10
Сосновий шовкопряд	4	A ₂ , B ₁ , B ₂	IV, VIII	0,5	–
	5	A ₁	V–VII	≤ 0,4	9 і 10

Примітка: бал принадності (загрози): 4 – висока; 5 – дуже висока

Для визначення принадності лісових насаджень для виникнення осередку певного виду комах-фітофагів вибирають за запитом із бази даних лісовпорядкування відповідного лісництва, експортованої в *Excel*, для кожного виділу (підвиділу) значення полів: Лісництво, Квартал, Виділ (підвиділ), Повнота, Вік, Склад, Площа виділу, Тип лісорослинних умов, Порода, Походження. Далі додають поля MARK-TYPE (бал принадності насаджень відповідного типу лісу), MARK-AGE (бал принадності насаджень певного віку), MARK-POVNOTA (бал принадності насаджень відповідної повноти), MARK-SKLAD (бал принадності насаджень із даною часткою головного виду деревної рослини), MARK-POHODZ (бал походження насадження), MARK-SUM (сума балів) та ZAGROZA (рівень загрози). Заповнюють додаткові поля з використанням даних додатку 16 залежно від виду комахи-фітофага та підраховують суму балів.

Засобами ГІС (або ручним способом за планшетами) знаходять ділянки, які межують зі свіжими зрубам, та додають до суми балів ще 10 балів. З одержаного переліку виділів із найвищою загрозою виникнення осередків підраховують їхню площу.

Визначення року початку наступного масового розмноження є найбільш складною часткою прогнозування. Доведено зв'язок масових розмножень комах-фітофагів із динамікою та циклічністю сонячної активності, зокрема, з роками її різких змін, які можна прогнозувати на черговий цикл [31].

Проте, якби навіть сонячна активність була незмінною, клімат у різних регіонах Землі і мікроклімат різних ділянок насаджень формувалися б неоднаково, залежно від рельєфу, ґрунтових умов і відстані до моря. Через відмінності за кліматичними показниками відрізняються лісорослинні умови, режими розмерзання та прогрівання повітря та ґрунту, співвідношення між термінами та темпами розвитку кормових деревних рослин, фітофагів та ентомофагів, що й визначає значною мірою динаміку популяцій. Якщо надійність прогнозування метеорологічних показників навіть на 1 місяць становить 50–60 %, то передбачити масові розмноження комах-хвоєлистогризів, які обумовлені багатьма різними чинниками, можливо лише з певною ймовірністю. Тому, в основу прогнозування наступних спалахів комах-хвоєлистогризів

можуть бути покладені інформаційні прояви зв'язків між популяційними показниками та чинниками, які мають на них вплив.

Повторюваність подій як прояв закономірності є однією з передумов передбачення, відтак, явища (події), які не повторюються, прогнозувати неможливо [31, 50]. Масові розмноження комах-хвоєлистогризів повторюються, проте інтервали між ними непостійні, що дає підстави вважати ці процеси циклічними, а не періодичними. Подібні за тривалістю цикли відомі у багаторічній мінливості космічних, кліматичних і трофічних чинників, які впливають прямо або опосередковано на динаміку популяцій комах.

Якби інтервали часу між масовими розмноженнями були б однакові, то прогнозування наступного масового спалаху чисельності комах не викликало б труднощів. Проте, за неоднакових проміжків між спалахами можливо лише визначити середні інтервали між роками їхнього початку та довірчі межі їхніх змін. Такі розрахунки свідчать, що масові розмноження зеленої дубової листовійки, наприклад, повторюються у середньому з інтервалом 10 років. При цьому з імовірністю 90 % наступний спалах починається не раніше сьомого і не пізніше дванадцятого років після початку попереднього, а з імовірністю 70 % – не раніше восьмого і не пізніше одинадцятого року [31].

Таким чином, якщо прогнозування поширення осередків масового розмноження комах у просторі базується на середніх багаторічних даних щодо їхньої динаміки, то визначення року наступного підвищення чисельності особин базується на даних стосовно частоти та тривалості спалахів в окремих регіонах.

Згідно із цим на рівні географічних популяцій можливо визначити рік початку збільшення чисельності окремих видів шкідників і максимальну площу осередків. Проте глобальний чинник впливає на популяції комах як прямо, так і опосередковано – через зміни термінів і темпів динаміки метеорологічних показників, кормових і захисних властивостей листя (хвої), розвитку фітофагів та ентомофагів. Через мінливість локальних чинників хід масових розмножень комах-хвоєлистогризів відрізняється у різних популяціях (навіть на сусідніх ділянках насаджень), а у кожній популяції – під час різних спалахів. Тому визначити заздалегідь площу осередків, які

збільшуються або згасають, а тим більше чисельність популяцій комах-фітофагів, дуже важко.

Відомі спроби побудови моделей динаміки чисельності за даними стосовно смертності, виживання, коефіцієнтів розмноження популяцій і чинників, що на них впливають, а також імітаційних моделей, оснований на даних, одержаних під час дослідження конкретних популяцій. Створення адекватних прогностичних моделей ускладнюється тим, що процес динаміки чисельності багатofакторний, нелінійний, з багатьма зворотними зв'язками. Тому достовірність прогнозу динаміки чисельності комах на три роки вперед становить 40–80% [18, 31, 50].

Метою річного (тактичного) прогнозу є коригування багаторічних прогнозів, встановлення тенденцій у динаміці окремих екологічних популяцій, визначення рівня загрози пошкодження насаджень, прийняття рішення про доцільність проведення лісозахисних заходів масових розмножень (див. рис.2.4). Річний прогноз характеризує очікуване у наступному році поширення окремих шкідників, щільність популяцій в окремих насадженнях. При цьому за даними про поширення окремих видів комах, інтенсивність розмноження, виживання окремих стадій визначається очікувана фаза спалаху та потенційна загроза насадженням в осередках різного типу. Такий прогноз, оснований на матеріалах обстеження насаджень, необхідний для обґрунтування, поточного планування та організації заходів захисту лісу. Річний прогноз здійснюють лісозахисні підприємства, його достовірність у лісозахисті становить 60–90%.

Тактичне прогнозування основане на даних регулярного нагляду та обстежень насаджень із визначенням кількісних та якісних показників популяцій комах-хвоєлистогризів, у тому числі, – поширення ентомофагів та ентомопатогенів.

Сезонний прогноз (див. рис. 2.4), який у захисті рослин називають ще сигналізацією, дає змогу визначати терміни проведення захисних заходів від окремих видів шкідливих комах, а також вносити зміни у заплановані заходи на основі спостережень за виживанням комах в умовах поточного року. У лісозахисті сигналізацією називають повідомлення про виникнення осередків масового розмноження шкідників на окремих ділянках насаджень. Сигналізацію здійснює лісова

охорона на основі візуального оцінювання стану крон дерев. Внесення змін до запланованих винищувальних заходів за декілька місяців до їхнього проведення за даними аналізу погодних умов, поширення хвороб та ентомофагів називають у лісовому господарстві оперативним прогнозом (його достовірність—80–95 %). Водночас заплановане обприскування насаджень може бути відмінено у разі зниження чисельності комах-хвоєлистогризів за зиму внаслідок дії абіотичних чинників або ентомофагів.

Особливої уваги варті питання визначення термінів обприскування насаджень проти комах-хвоєлистогризів, що базується на знанні фенології комах і кормових рослин. Невдачі у використанні сум ефективних температур можна пояснити складністю врахування ефективного тепла на початку весни, або (для комах, що зимують у ґрунті) – відмінностями темпів прогрівання ґрунту і повітря. На основі зв'язків між датами стійкого переходу температури повітря через 5, 10 і 15°C навесні та восени побудовані залежності сезонного розвитку комах-хвоєлистогризів на різних стадіях від перебігу температур. Складено схему та методику визначення періодів живлення комах-хвоєлистогризів для планування термінів застосування інсектицидів. Так, обприскування насаджень проти зеленої дубової, глодової листокруток, зимового п'ядуна, золотогуза, непарного шовкопряда, рудого соснового пильщика, соснової совки, соснового шовкопряда слід здійснювати після стійкого переходу температури повітря через 10 °C, але не пізніше від третьої декади травня, проти личинок першого покоління звичайного соснового пильщика – не пізніше від другої декади червня, а проти соснового п'ядуна, соснового шовкопряда, другого покоління звичайного соснового пильщика – не пізніше від початку вересня [31].

Масові розмноження комах-хвоєлистогризів частіше відбуваються у роки з раннім початком вегетаційного періоду. Доведено сприятливість раннього початку вегетації також для виживання комах, які живляться наприкінці вегетаційного періоду. Дата стійкого переходу температури повітря навесні через +10°C прогнозується за датою переходу температури через +5°C.

Прогнозування масового розмноження хвоє- та листогризів за допомогою біогідротермічного показника (БГТП), який характеризує погодні умови у критичний період розвитку личинок молодших віків за останні 2–3 генерації. Розраховується БГТП за формулою [18]:

$$БГТП_{\epsilon}^p = \frac{O_n^{kp} + O_{n-1}^{kp} + O_{n-2}^{kp}}{T_n^{kp} + T_{n-1}^{kp} + T_{n-2}^{kp}}, \quad (2.5)$$

де $БГТП_{\epsilon}^p$ – біогідротермічний показник для виду (ϵ) на прогнозований рік (p);

O_n^{kp} – кількість опадів у міліметрах за останній критичний період розвитку виду;

O_{n-1}^{kp} – кількість опадів у міліметрах за попередній критичний період для виду;

O_{n-2}^{kp} – кількість опадів у міліметрах за передпопередній критичний період для виду;

$T_n^{kp}, T_{n-1}^{kp}, T_{n-2}^{kp}$ – сума декадних температур у градусах за аналогічні критичні періоди.

Критичні періоди розвитку основних хвоє- і листогризів і кількість генерацій аналізу погодних умов, які склалися для них, значення БГТП та рівня загрози для насаджень визначають за таблицями 2.2 і 2.3.

Середнє значення біогідротермічного показника для Полісся становить 1,1, для Лісостепу – 1,0, для Степу – 0,9. Майже для всіх хвоє- та листогризів відхилення біогідротермічного показника від норми вбік пониження характеризує умови, які сприяють виживанню личинок молодших віків (винятками є монашка та сосновий п'ядун). Умови, сприятливі для шовкопряда-монашки, близькі до середньобагаторічного значення БГТП ($1,0 \pm 0,2$), пояснюються тим, що личинки молодших віків спочатку живляться пилком чоловічих суцвіть за відповідних умов. На розвиток соснового п'ядуна кількість опадів впливає менше, ніж на інші види, що пояснюється особливостями живлення личинок молодших віків, які пошкоджують хвою, практично не зачіпаючи смоляних ходів і тому можуть легко витримувати підвищення тиску живиці в хвоїнках за помірної кількості опадів.

2.2. Критичні періоди в розвитку основних хвоє- і листогризучих шкідників та кількість генерацій [18]

Комаха-фітофаг	Критичні періоди	Кількість генерацій
Хвоєгризи		
Сосновий шовкопряд	Серпень	2
Звичайний сосновий пильщик	Серпень, травень,	3
Рудий сосновий пильщик, шовкопряд-монашка, соснова совка	Травень	3
Сосновий п'ядун	Червень	3
Листогризи		
Зелена дубова листовійка, глодова листовійка, непарний шовкопряд, п'ядун звичайний, п'ядун-обдирало, дубова широколінійча міль, вербова хвилівка, кільчастий шовкопряд, дубовий похідний шовкопряд,	Травень	2
Золотогуз, лунка срібляста, червонохвіст	Липень	3
Американський білий метелик	Серпень, червень	3

Для розрахунку біогідротермічного показника необхідно використовувати дані температури (середньодекадну, середньомісячну) та опадів із найближчого до лісового масиву метеопункту. За значенням БГТП визначають ситуацію, яка склалася для розвитку популяції комахи-фітофага і насадження.

2.3. Значення БГТП та рівня загрози для насаджень [18]

Значення БГТП для		Умови, що склалися для фітофага на прогнозований рік	Рівень загрози для насаджень, бал
шовкопряд-монашки; соснового п'ядуна	інших видів		
1,1–1,2	0–0,5	найсприятливіші	5
0,9–1,0; 1,3	0,6–0,8	сприятливі	4
0,7–0,8; 1,4	0,9–1,1	відносно сприятливі	3
0,5–0,6; 1,5–1,7	1,2–1,5	невизначені	2
0,3–0,4; 1,8–1,9	1,6–1,9	відносно несприятливі	1
0,2; 2,0 і більше	2,0 і більше	несприятливі	0

Якщо динаміку БГТП за останні 10 років відобразити у вигляді графіка і щорічно його доповнювати, можна одержати

додаткову інформацію, яка допоможе під час визначення фази розвитку осередку і своєчасного втручання задля регулювання небезпечної чисельності шкідника [18].

2.2. Загальні методи лісопатологічних обстежень

Лісопатологічні обстеження поділяють на поточні оперативні, інвентаризаційні, експедиційні й експертизи [9, 57].

Поточні оперативні обстеження виконують працівники лісогосподарських підприємств, інженер захисту лісу. Ці роботи включають обстеження на зараженість патогенами природних і штучних лісових насаджень, розсадників, площ, які підлягають рекультивації, а також перевірку на місцях листків сигналізації про появу збудників хвороб і комах-фітофагів. Поточні оперативні обстеження проводять щорічно, зазвичай, восени, і вони є підставою для складання плану лісозахисних заходів і санітарних рубок на наступний рік [9, 12, 19, 28, 30].

Інвентаризаційні лісопатологічні обстеження проводять одночасно з лісовпорядкуванням. При цьому лісовпорядники виявляють на території підприємства осередки шкідливих комах і збудників хвороб, місць стихійних явищ (бурелом, вітровал), ділянки, пошкоджені тваринами та механізмами під час проведення лісогосподарських робіт. Виявлення осередка є підставою для складання плану лісозахисних заходів на найближчий ревізійний період.

Експедиційні лісопатологічні обстеження проводять спеціальні лісопатологічні партії або експедиції. В такі партії, крім фахівців лісозахисту, залучають ґрунтознавців та фахівців залежно від обстежуваних об'єктів. У результаті обстеження встановлюють лісопатологічний стан насаджень підприємства, визначають площі осередків всихання, місця їхнього розташування, які наносять на план лісництва, з'ясовують інтенсивність розвитку осередків і причини їхнього виникнення, розробляють заходи оздоровлення лісостанів, а також перспективний проект ведення лісового господарства в різних типах лісорослинних умов для запобігання масовому розвитку збудників хвороб і комах-фітофагів [9].

Лісопатологічні експертизи призначають в особливо складних випадках і виконують висококваліфіковані фахівці.

Завданням проведення експертиз є виявлення причин усихання лісових насаджень і рекомендації заходів щодо їхнього оздоровлення. Кожен вид лісопатологічних обстежень складається з етапів: *підготовчі, польові і камеральні роботи*.

На *підготовчому етапі* слід ознайомитися з матеріалами лісовпорядкування, попереднього лісопатологічного обстеження, листками сигналізації та іншими документами, які характеризують санітарний стан лісів і ефективність застосовуваних заходів захисту лісу. Також ретельно вивчають природно-кліматичні умови господарства, типи лісу, особливості метеорологічних умов попередніх років (наявність надмірних опадів, посух, екстремальних температур, сильних вітрів тощо), зміни рівня ґрунтових вод, а також якість виконуваних лісогосподарських заходів.

Польові роботи здійснюють двома способами – *рекогносцирувальним і детальним* обстеженням. Під час *рекогносцирувальних* обстежень оглядають уражені (пошкоджені) лісостани за ходовими лініями. Для цього використовують дороги, просіки, візири. Під час проведення *рекогносцирувального* обстеження окомірно встановлюють частку пошкоджених (уражених) дерев.

Крім ступеня ураження, відзначають характер розташування пошкоджених (уражених) дерев:

а) поодинокі – пошкоджені (уражені) дерева трапляються у насадженні окремими екземплярами;

б) групові – пошкоджені (уражені) дерева розміщені в насадженні групами від трьох до десяти екземплярів;

в) куртинні – пошкоджені (уражені) дерева розміщені в насадженні групами більше десяти екземплярів або осередок ураження (пошкодження) займає площу до 0,25 га;

г) суцільні – пошкоджені (уражені) дерева займають площу понад 0,25 га.

Визначають також видовий склад збудників найбільш небезпечних збудників хвороб або комах-фітофагів, збирають зразки плодових тіл грибів, комах і уражених (пошкоджених) відповідних частин дерева (додатки 9, 13, 14, 23, 24).

За динамікою осередки класифікують як: виникаючі, активно діючі, загасаючі або ліквідовані. Одночасно з визначенням інтенсивності ураження (пошкодження) і характеру

існуючих осередків необхідно виділити потенційні осередки найбільш небезпечних патогенів і комах-фітофагів.

Осередки масових розмножень стовбурових шкідників характеризують за фазами:

1.Фаза концентрації або наростання чисельності. У цей період формуються популяції з невисокою щільністю поселення. Чисельність ентомофагів недостатня для регулювання чисельності стовбурових шкідників, які освоюють оптимальні кормові об'єкти і забезпечують найсприятливіший розвиток потомства і прискорене зростання чисельності популяції.

2.Фаза максимуму, або спалах. Для цієї фази характерне прогресуюче ослаблення деревостану та прискорене зростання чисельності домінуючих і активних видів комах-ксилофагів. В цей час починається зменшення кормової бази, відбувається активізація ентомофагів у зв'язку зі зростанням їхньої чисельності внаслідок збільшення чисельності шкідника. У зв'язку зі збільшенням щільності поселення стовбурових шкідників загострюються їхні конкурентні взаємини.

3. Фаза розрідження, або розсіювання популяції настає, коли кормова база зменшується до мінімуму, щільність популяції стовбурових шкідників починає зменшуватися. Освоюються всі можливі для поселення об'єкти, внаслідок переуцільнення і високої концентрації ентомофагів відмічається висока смертність шкідників, їхня популяція переходить у депресивний стан (додаток 21) [6].

Детальне обстеження супроводжується закладанням пробних площ із взяттям модельних дерев, іноді й розкопуванням кореневих систем. Детальне обстеження дає змогу визначити інтенсивність розвитку хвороби, чисельність популяції шкідливих організмів, перспективи подальшого розвитку і ступінь загрози існуючим насадженням. Все це конкретизує матеріали рекогносцирувального обстеження, необхідні для розробки заходів захисту лісу.

Для тривалих спостережень закладають пробні площі за загальноприйнятою лісотаксаційною методикою згідно із СОУ 02.02–37–476: 2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання» [39]. Величина пробних площ становить 0,25–1 га залежно від віку та повноти насадження, на пробній площі має бути не менше 200 дерев головного лісоутворювального виду.

Кількість пробних площ встановлюють із таким розрахунком, щоб вони охопили 2–5 % площі осередка. У великих осередках закладають декілька пробних площ у різних місцях. В осередках, де будуть проводити суцільні санітарні рубки, загальна площа пробних площ за площі осередку до 100 га становить 2 %, а більше 100 га – 0,5–1 % від його площі. Величину пробних площ обирають таку, щоб було зручно перераховувати на 1 га, наприклад: 0,2 га; 0,5 га; 1 га; 1,5 га тощо. В натурі пробу відбивають, по кутах забивають кілки і точно вимірюють площу. Після цього пробні площі стисло описують (тип лісу, змішування видів, бонітет, зімкнутість насадження, рельєф, задерніння ґрунту). Потім на пробних площах проводять суцільний облік дерев за видами і категоріями стану. Відповідно до чинних Санітарних правил в лісах України (2016): 1 – дерева без ознак ослаблення, 2 – ослаблені, 3 – сильно ослаблені, 4 – всихаючі, 5 – свіжий сухостій (всохлі в поточному році), 6 – старий сухостій (сухостій минулих років) [42].

Крім цього, проводять облік бурелому, вітровалу та сніголаму, а час від часу і свіжих пнів.

Після оцінювання санітарного стану насадження намічають санітарні рубки. У насадженнях із різним ступенем пошкодження намічають вибіркові санітарні рубки, в загинених насадженнях – суцільні санітарні рубки. Специфіка й особливості проведення польових робіт залежить від об'єктів обстежень і досліджень.

Камеральні роботи полягають в обробці зібраних польових матеріалів, визначенні площ і інтенсивності ураження (пошкодження) насаджень, обсягу робіт, складанні звіту про роботу, виконанні картографічних матеріалів. У звіті наводять видовий склад збудників хвороб, комах-фітофагів, вказують чинники, що сприяють їхньому поширенню, а також пропонують конкретні заходи захисту лісу.

Санітарний стан деревостанів оцінюють як середньозважений індекс (I_c) на базі подеревного оцінювання категорій стану. Для чистих деревостанів (монокультури) індекс санітарного стану обчислюють за формулою 2.6:

$$I_c = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (2.6)$$

де I_c – індекс стану деревостану,

$k_1 - k_6$ – категорія стану дерев (від I до VI) за Шкалою категорій стану дерев,

n_i – кількість дерев відповідної категорії стану,

N – загальна кількість дерев.

Для визначення рівня пошкодження насаджень використовують шкалу значень індексів санітарного стану (табл. 2.5).

2.5. Шкала значень індексів санітарного стану деревостанів

Індекс стану	Ступінь пошкодження	Стан деревостану
1,00–1,50	Відсутнє	Здорові
1,51–2,50	Слабке	Ослаблені
2,51–3,50	Середнє	Сильно ослаблені
3,51–4,50	Сильне	Всихаючі
4,51–6,00	Дуже сильне	Загиблі

За результатами лісопатологічних обстежень заповнюють таблиці видового складу комах-фітофагів і збудників хвороб лісових насаджень (див. додатки 3, 4, 9, 13, 14, 23, 24).

Індекс санітарного стану насаджень з урахуванням життєздатних дерев (I_{c1-4}) визначають за формулою:

$$I_{c1-4} = \frac{(n_1 * 1 + n_2 * 2 + n_3 * 3 + n_4 * 4)}{(n_1 + n_2 + n_3 + n_4)}, \quad (2.7)$$

де n_1, n_2, n_3 і n_4 – кількість дерев I, II, III і IV категорій санітарного стану відповідно.

Використання індексу I_{c1-4} відображає реальний стан насаджень, особливо тих, де не проводились санітарні рубки тривалий час.

Додатково оцінюють стан крони, процес її відновлення та стан стовбура.

Стан крони оцінюють за рівнем дефоліації, часткою сухих гілок і наявністю водяних пагонів.

Дефоліацію крони оцінюють окомірно у відсотках, а потім під час аналізу даних використовують безпосередньо одержані

дані або бали, одержані з використанням однієї із шкал залежно від завдань нагляду та оцінюваного чинника.

В осередках комах-хвоєлистогризів рівень дефоліації оцінюють після закінчення живлення комахи-фітофага за рівномірною шкалою, яка дає змогу розраховувати площу насаджень, в яких необхідно застосування інсектицидів в наступному році (понад 25 % для сосни і понад 50 % для листяних) за результатами аналізу динаміки площ осередків:

- 1 бал – до 25 % дефоліації крони;
- 2 бали – 26–50 % дефоліації крони;
- 3 бали – 51–75 % дефоліації крони;
- 4 бали – понад 75 % дефоліації крони.

У насадженнях, де дефоліація є наслідком недостатнього формування хвої (листя) або його передчасного опадання і оцінюється у липні-серпні, тобто в тих насадженнях, де санітарний стан погіршився не в результаті безпосереднього пошкодження хвої (листя) комахами, доцільно в камеральних умовах замінити відсоткову оцінку дефоліації згідно з рекомендаціями програми моніторингу лісів ICP Forests:

- 0 балів – непошкоджені (до 10 %);
- 1 бал – слабо пошкоджені (11–25 %);
- 2 бали – помірно пошкоджені (26–60 %);
- 3 бали – сильно пошкоджені (понад 60 %) [26].

Використання вищенаведеної шкали дає змогу зіставляти дані різних регіонів під час стратегічного прогнозування, зокрема у випадку пошкодження насаджень абіотичними чинниками або ураження хронічними хворобами (вертицильоз (вілт) *Verticillium* spp., коренева губка *Heterobasidion annosum*, халаровий некроз ясеня *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (*Chalara fraxinea*), голландська хвороба в'яза *Graphium ulmi* (*Ceratocystis ulmi*) тощо).

Частка сухих гілок у кроні оцінюється окомірно у відсотках з подальшим переведенням у бали:

- 0 балів – відсутні;
- 1 бал – до 10 % сухих гілок;
- 2 бали – 11–50 % сухих гілок;
- 3 бали – 51–75 % сухих гілок;
- 4 бали – понад 75 % сухих гілок.

Зазначена шкала застосовується під час оцінювання інтенсивності халарового некрозу ясен і є важливою для визначення тенденції змін стану інших листяних порід, уражених грибами та бактеріями (в осередках бактеріальної водянки берези *Enterobacter nimipressuralis*, халарового некрозу ясен, вертицильозу клена тощо).

Розповсюдження водяних пагонів на дереві (у кроні та на стовбурі) оцінюють за шкалою:

- 0 балів – відсутні;
- 1 бал – поодинокі водяні пагони;
- 2 бали – масові;
- 3 бали – стовбур повністю вкритий водяними пагонами.

Зазначений показник характеризує рівень ослаблення дерев певними чинниками та спроможність деревних рослин відновлювати стан після ураження.

Стан стовбурів оцінюють за наявністю некрозів, виразок, дупел, тріщин та інших видимих вад. Під час проведення детальних досліджень в осередках хвороб використовують неспецифічну шкалу, під час рекогносцирувальних обстежень – спрощені шкали оцінювання окремих симптомів та ознак.

Неспецифічна шкала оцінювання стану стовбурів деревних рослин:

- 0 балів – відсутні ознаки хвороб або пошкоджень;
- 1 бал – пошкодження слабе (невелика кількість зарослих калюсом тріщин), некроз окоренкової зони до 25 % периметра;
- 2 бали – пошкодження помірне; рани і тріщини завдовжки до 5 см не зарослі калюсом, некроз окоренкової зони 26–50 % периметра, морозобійні тріщини, сліди блискавки;
- 3 бали – сильне пошкодження; рани і тріщини завдовжки понад 5 см не зарослі калюсом, морозобійні тріщини, сліди блискавки, некроз окоренкової зони 51–75 % периметра, плодові тіла дереворуйнівних грибів (симптоми гнилей);
- 4 бали – дуже сильне пошкодження; великі рани, ознаки гнилі, дупла, численні плодові тіла дереворуйнівних грибів, некроз окоренкової зони понад 75 % периметра, ділянки відшарованої кори.

Спрощена шкала для оцінювання поширення плодових тіл дереворуйнівних грибів:

- 0 балів – відсутні плодові тіла;

1 бал – поодинокі плодові тіла;

2 бали – масові плодові тіла.

Спрощена шкала оцінювання поширення виразок бактеріального раку (туберкульозу ясена *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*):

0 балів – відсутні;

1 бал – поодинокі виразки;

2 бали – масові виразки;

3 бали – стовбур повністю вкритий виразками.

Інтенсивність відпаду оцінюється за сумарною часткою дерев свіжого та старого сухостою. Відпад вважається патологічним, якщо діаметр дерев свіжого сухостою перевищує діаметр життєздатних дерев.

Причину ураження чи пошкодження деревних рослин визначають за характерними симптомами, ознаками та їхньою локалізацією (орган, частина стовбура тощо) і за необхідності уточнюють під час лабораторного фітопатологічного аналізу.

За наявності пошкоджень, які не мають проявів видової специфічності шкідливого організму, достатньо вказати назву екологічної або таксономічної групи: мінери, хвое-листогризи, листоїди, златки, вусачі, короїди, тощо. Зразки або фотографії пошкоджень, плодових тіл грибів, живих або відмерлих особин комах, линяльних шкірок, екзувіїв, ходів використовують для ідентифікації з використанням літературних джерел або направляють експертам (фахівцям лісозахисних підприємств, наукових установ тощо).

2.3. Методи та технологія фітопатологічних досліджень

Фітопатологічні обстеження призначені для виявлення й обліку збудників хвороб лісу. Збудників хвороб деревних рослин діагностують за допомогою макроскопічного, мікроскопічного і мікологічного аналізів та інших методів. Поширеність і розвиток хвороб та біологічні особливості їхніх збудників вивчають методами фітопатологічних досліджень. Ці дослідження дають змогу глибше пізнати сутність патологічного процесу в хворому дереві, виявити найбільш характерні особливості в розвитку збудника захворювання і правильно призначати заходи захисту лісу.

Фітопатологічні обстеження, залежно від мети й особливостей проведення, розподіляють на інвентаризаційні, спеціальні, поточні, оперативні й експертизи. Кожна з цих форм фітопатологічного обстеження може бути здійснена рекогносцирувально чи шляхом детальних обліків патологічних явищ.

Виявлення та облік хвороб чи інших патологічних явищ обов'язково супроводжується наданням якісної і кількісної характеристик зазначених явищ. Під якісною характеристикою розуміють насамперед встановлення причини (чи збудника) патологічного явища, ступінь розвитку і передбачуваний розвиток у майбутньому. Наприклад, якісна характеристика гнилі містить вид гриба, стадію гнилі, факт прогресуючого розвитку хвороби чи навпаки, її ослаблення. Метою кількісної характеристики патологічних явищ є встановлення показників поширення патологічного явища в просторі в об'ємному чи числовому виразі, тобто у визначенні площі осередку, обсягу гнилі, кількості хворих дерев тощо.

Як відомо, дерева уражуються збудниками хвороб у різному віці, проте кожній віковій групі властиві особливі типи хвороб. Така сама специфічність існує стосовно частин і органів рослини: коріння, стовбура, гілок, насіння і плодів. Тому методика і техніка фітопатологічних обстежень має деякі особливості залежно від об'єкта [16, 61].

Розглянемо методичні особливості збору матеріалу на різних об'єктах.

Грунт може бути джерелом зараження насіння і сходів (полягання, гниль коренів). Особливо сильно заражені патогенними мікроорганізмами ґрунти з-під сільськогосподарських культур, тому під час закладання розсадників необхідно попередньо з'ясувати ступінь зараженості ґрунту грибами, насамперед, збудниками інфекційного полягання. Це здійснюється шляхом відбору проб із різних ділянок обстежуваної площі. Проби беруть способом діагоналей, «конвертом» чи іншим способом, але таким чином, щоб були представлені різні частини площі. Для відбору ґрунтових проб викопують ямки глибиною 18–20 см у достатній кількості (для детального обстеження). Зазвичай відстань між обліковими ямами становить 2–5 м, але за великої площі (0,5 га і більший) –

10 м. З кожної облікової ями вздовж однієї з її стінок стерильним шпателем відбирають зразок ґрунту товщиною 0,5–1 см. Під час дослідження поширення гриба в глибину ґрунтового проби відбирають пошарово через кожні 4 см до потрібної глибини (у разі дослідження орного шару – до 20 см). Взятий із кожного шару зразок ґрунту зсипають у стерильні паперові пакетики чи скляні баночки для здійснення фітопатологічного аналізу. Маса ґрунту в кожному зразку має бути не менша 50 г задля забезпечення можливості повторних аналізів [16, 61].

Сходи і сіянці. Спочатку обстежують весь розсадник і окомірно встановлюють місця і характер прояву патологічних явищ. Докладний облік цих явищ проводять шляхом закладання пробних площадок розміром 1 м² кожна таким чином, щоб вони разом становили не менше 0,3 % обстежуваної площі. Сходи та сіянці за станом розподіляють на 3 категорії: 1 – загиблі й відмерлі, 2 – хворі та уражені, 3 – здорові. З рослин перших двох категорій беруть зразки з найбільш характерними проявами патологічного явища. Рекомендується брати не менше 5–10 зразків для кожної категорії (додаток 2).

Молодняки. Проводять попереднє рекогносцирувальне обстеження, поквартально чи у таксаційних виділах. Заражені ділянки позначають на плані з указанням площ осередків ураження. Для детального обстеження закладають пробні площі у осередках. Проби можуть бути прямокутними, стрічковими, проходити через усю ділянку, а в культурах – рядками. Сума їхніх площ має становити не менше 2 % обстежуваної площі. На пробній площі обліковують весь молодняк (із розподілом на ті самі 3 категорії, що і для сходів) і відбирають зразки.

Стиглі деревостани. Рекогносцирувальне обстеження здійснюють за ходовими лініями, які вибирають таким чином, щоб не вирубати дерев на просіках, дорогах, берегах річок і струмків. Відстань між ходовими лініями становить від 250 до 1000 м залежно від типу насаджень, їхнього складу тощо. Мережу ходових ліній проектують на плані заздалегідь.

У районах із інтенсивним веденням лісового господарства обстеженню підлягають усі виділи хвойних порід, виділи з переважанням дуба, бука, клена та в'яза. Інші породи обстежують, якщо площа виділу становить не менше 5 га. Патологічні явища оцінюють окомірно. Усі деревостани, де зараження

перевищує 10 %, вважають осередками, якщо їхня площа становить не менше 0,1 га.

Детальні обстеження і відбір зразків для аналізу (наприклад, гнилей) проводять на пробних площах. Величина проби може становити від 0,25 до 0,5 га залежно від віку і повноти деревостану, а загальна площа їх має становити не менше 5 % площі осередку. Перераховують хворі дерева на пробі, наводять повний таксаційний опис деревостану.

Дерева, на яких є плодові тіла грибів, розподіляють на 4 групи: із плодовими тілами в нижній, середній, верхній частинах стовбура і на коренях. Під час камеральної обробки результатів це дає змогу надати загальну оцінку виходу ділової деревини.

Поширення гнилі в стовбурах встановлюють на модельних деревах. Для цього їх розпилюють на відруби, починаючи з висоти 1,3 м від кореневої шийки і далі через кожні 1,0; 1,3 чи 2,0 м залежно від точності дослідження, поки гниль не закінчиться. У відрубів вимірюють діаметр і довжину гнилі за двома взаємно перпендикулярними напрямками з поділом на початкові та кінцеві стадії гниття. В сукупності всі ці дані дають змогу оцінити шкідливість хвороби та вихід ділової деревини.

Ліси зелених зон. У лісах зелених зон є необхідним постійний нагляд. Відомо, що тривалість життя більшості деревних видів у зелених насадженнях, особливо в промислових центрах, становить близько половини цього показника у лісі. З огляду на це, зелені насадження потрібно періодично, не рідше рази на 3–5 років, обстежувати для встановлення тих заходів, які необхідно вжити для їхнього оздоровлення. Під час обстеження зелених насаджень кожне дерево беруть на облік, тобто наносять на план і нумерують. Для цього зелені насадження розбивають на окремі ділянки (секції, виділи) з межами, що не змінюються протягом тривалого часу і легко можуть бути знайдені іншими особами. Це досягається тим, що зелені насадження, наприклад парк, розбивають на ділянки, обмежені доріжками, огорожами, ставками та іншими топографічними лініями. Усі ці виділи чи ділянки нумерують, а в межах кожного з них – нумерують усі дерева.

Облік і огляд проводять подеревно, причому у відомості записують усі чинники, які погіршують ріст дерев. У зв'язку з цим лісопатолог має ретельно оглянути кожне дерево з верхівки

до коренів і врахувати чинники навколишнього середовища. Це, зокрема: наявність процесів місцевого заболочування, відсутність захисту від північних вітрів, наявність поблизу джерел промислових забруднювачів, доріг із інтенсивний рухом транспорту, близьке розташування до кореневої системи різних видів каналізацій, газопроводів, асфальтового покриття тощо, а також рекреаційне навантаження. Надзвичайно важливим є облік усіх механічних ушкоджень дерев, тому що вони розглядаються як джерело проникнення збудників гнилі.

Діагностика збудників хвороб лісу. Діагностика хвороб рослин – це окремий розділ фітопатології, що розглядає ознаки патологічного стану рослин і методи, за допомогою яких ставиться діагноз хвороб. Хвороба – це відхилення в анатомічній будові та порушення фізіологічних функцій рослини, які призводять до зниження приросту, відмирання окремих частин чи всієї рослини. Діагноз – визначення, розпізнання хвороби на підставі сукупності симптомів патологічного стану рослини, виявлених під час її детального обстеження [11, 16, 17, 57].

Діагностика хвороб складається з таких етапів: встановлення типу хвороби, тобто сукупності анатомічних, морфологічних і фізіологічних змін, спричинених захворюванням; встановлення характеру захворювання (інфекційне, неінфекційне); встановлення збудника чи причини захворювання; встановлення необхідних заходів профілактики або захисту. Тому під час діагностики хвороб потрібно за можливістю точно і ретельно визначити морфологічні та інші зміни в органах, тканинах, клітинах хворої рослини; за сукупністю виявлених змін і ознак захворювання встановити його характер і причину; оцінити важливість цих змін для життєдіяльності рослини та економічні наслідки захворювання; визначити інтенсивність хвороби; виявити основні умови, що сприяли захворюванню, та умови, які підтримують патологічних процес; визначити необхідні заходи захисту; викласти висновки про причини захворювання і рекомендовані заходи профілактики чи захисту дерева.

Для отримання даних використовують наступні методи фітопатологічних досліджень:

– макроскопічний аналіз – виявлення ознак, які можна побачити неозброєним оком або під лупою;

- мікроскопічний аналіз – виявлення ознак за допомогою мікроскопу;
- мікологічний аналіз встановлює склад мікрофлори та систематичне положення патогенних організмів;
- біологічний аналіз застосовується в особливо складних випадках для особливо цінних рослин і у наукових дослідженнях, полягає у штучному зараженні здорових рослин із наступним порівнянням симптомів із виявленими на хворій рослині;
- серологічний аналіз використовують для виявлення вірусів;
- імунологічний аналіз використовують для визначення виду збудника за допомогою імунних сироваток і антигенів;
- хімічний аналіз полягає в тому, що активні речовини грибів взаємодіють із певними хімічними речовинами;
- люмінесцентний аналіз проводять з використанням ультрафіолетових променів [61].

Техніка приготування мікроскопічних препаратів. Щоб правильно і своєчасно діагностувати хвороби деревних і чагарникових видів рослин, фахівець лісового господарства і, зокрема, лісозахисту, має не тільки діагностувати хвороби за зовнішніми ознаками захворювання, але і готувати гістологічні та мікологічні препарати для діагностики мікроорганізмів за допомогою мікроскопа. Спеціаліст має чітко знати призначення, будову і принцип роботи відповідних оптичних приладів, обладнання та інструментів та залежно від поставленої мети та лісопатологічного об'єкта вибирати найбільш придатний метод спостереження і дослідження, а отже, виходячи з технічних можливостей, і відповідні оптичні прилади та обладнання. У практиці лісопатолога під час мікроскопічного аналізу вирішуються два завдання: вивчення патологічного явища (інфекційного або неінфекційного характеру) і визначення систематичного положення збудника хвороби (за необхідності). Іноді цілком достатньо, наприклад, у разі полягання сіянців у розсаднику, встановити, чи є хвороба інфекційною чи неінфекційною. Значно частіше доводиться визначати вид гриба в тих випадках, коли зовнішні ознаки прояву хвороби (симптоми) виражені дуже слабо або нетипові. Мікроскопічний аналіз вимагає від дослідника технічних знань і навичок, а також дотримання стерильності під час відбору зразків для дослідження

і в процесі самого аналізу. Перед тим як розпочати виготовлення тимчасових або постійних препаратів, необхідно старанно вивчити досліджуваний матеріал, описати спороношення гриба і характерні місця ураження тканин деревної рослини [16, 57].

Приготування тимчасових препаратів. У процесі вивчення фітопатологічних об'єктів найчастіше готують тимчасові препарати, постійні препарати виготовляють під час вивчення карантинних об'єктів або проведення наукових досліджень із мало розповсюдженими і невідомими грибами.

Для приготування тимчасового препарату на чисте предметне скло піпеткою або скляною паличкою наносять краплю води або гліцерину, у яку поміщають досліджуваний матеріал (спороношення гриба, міцелій, зрізи уражених тканин). Препарувальними голками матеріал розправляють і накривають чистим покривним скельцем, підводячи до краплі під гострим кутом і плавно накриваючи. Якщо крапля рідини виходить за межі покривного скельця, її прибирають фільтрувальним папером, а якщо рідини мало, то її додають піпеткою. Щоб приготувати матеріал для препаратів, необхідно голкою або скальпелем зняти з поверхні ураженої рослини спороношення гриба або зробити зріз ураженої тканини [16, 57, 61]. Приготування таких зрізів від руки двовігнутим лезом вимагає від дослідника певних навичок, а під час перегляду під мікроскопом – навичок відрізняти анатомічні елементи рослин від гіфів грибів.

Під час виготовлення зрізів необхідно зазначати який саме орган рослини (листок, стебло, корінь, плід, деревина, насіння) досліджується живим (свіжим), сухим (гербарним) або фіксованим. Зрізи роблять наступним чином: беруть шматочок сухої серцевини бузини або коркової пробки в ліву руку і розсікають його поздовжньо навпіл; між половинками, які утворилися, вкладають характерну ділянку ураженої тканини і роблять зріз. При цьому бритву тримають у правій руці так, щоб великий палець знаходився в куточку основи леза, а рука рухалася вільно. Змочивши бритву і об'єкт водою, роблять два попередніх грубих зрізи для надання поверхні потрібної орієнтації. Робочий зріз роблять, проводячи вістря бритви від її основи до протилежного кінця, при цьому обушок має спиратися на вказівний палець лівої руки, що надає бритві стійкість. Варто

пам'ятати, що зрізи можуть утворитися рваними, якщо «пиляти» або вести бритву прямо «від себе». Отримані зрізи знімають із бритви щіточкою, вкладають у краплю води або гліцерину на предметне скло і розглядають під мікроскопом. Зрізи можна робити і лезом, при цьому вони будуть тонші [16, 57, 61].

Гербарний матеріал попередньо розмочують або кип'ятять у воді. Деревину розділяють на дрібні шматочки, кип'ятять у воді (0,5–1,0 год.) або в суміші води з гліцерином (у співвідношенні 1:1), а потім поміщають у суміш спирту з гліцерином. Сухе насіння або плоди тримають над паром, а потім поміщають в суміш, яка складається з 70 %-го спирту (94–98 частин) і 40 %-го формаліну (2–6 частин).

Під час виготовлення зрізів із апотеціїв, клейстотеціїв, перитеціїв або пікнід їх слід разом із тканиною викладати так, щоб отримати поздовжній зріз для зручного перегляду сумок або конідій. Непрозорі або масивні зрізи просвітлюють. З цією метою воду відтягують фільтрувальним папером, а на предметне скло з об'єктом наносять 2 краплі молочної кислоти або розчину їдкого лугу, потім підігрівають їх до кипіння на спиртівці. Просвітлювачами також можуть бути лактофенол, хлороформ, насичений розчин хлоралгідрату. Забарвлюють препарати для того, щоб виявити міцелій або інші утворення грибів у тканинах рослини-живителя за допомогою різних барвників. Підготовлений зріз розглядають під мікроскопом, потім відтягують воду або іншу рідину фільтрувальним папером і замінюють необхідним розчином барвника. Після експозиції (від декількох секунд до декількох хвилин) фільтрувальним папером відсмоктують розчин фарби і промивають водою або спиртом доти, поки рідина не знебарвиться. Потім препарат накривають покривним скельцем і досліджують.

Прижиттєве забарвлення живої тканини, наприклад, листя з нальотом конідіального спороношення переноспорових і борошнисторосяних грибів проводять 1 %-ним водним або молочнокислим розчином анілінової сині протягом 30 секунд (іноді 1–3 хв). Міцелій, спороношення та уражена тканина набувають блакитного забарвлення, здорова тканина забарвлюється менш інтенсивно [16, 57, 61]. Для забарвлення внутрішнього міцелію можна рекомендувати спосіб С. І. Ваніна (1934), який полягає в тому, що зріз обробляють 10 %-им

розчином нітрату срібла, доводять його до кипіння, далі промивають чистою водою і занурюють у 10 %-й розчин їдкого калію. Досліджуваний препарат забарвлюється в бурий колір, причому гіфи інтенсивніше, ніж клітини тканини, що дає змогу роздивитися гіфи та їх будову під мікроскопом [16, 57].

За способом І. І. Журавльова (1962) міцелій у тканинах і клітинах зелених частин рослин, а також усередині деревини добре забарвлюється в бурий колір. Таке забарвлювання застосовують у разі виявлення полягання сіянців у розсаднику. Для цього беруть шматочки рослини біля кореневої шийки уражених сіянців розміром 3–5 мм, кладуть на предметне скло і промивають у воді від бруду за допомогою піпетки. Через 2–3 хвилини шматочки старанно розчавлюють до розміру у 1–2 шари клітин. Ці смужки тонких тканин заливають 1–3 краплями 5 %-го розчину перманганату калію, і вже через декілька хвилин після промивання водою їх можна розглядати під мікроскопом. У разі неінфекційного полягання в клітинах тканини видно зернисту стиснуту плазму, а у разі інфекційного – бурі гіфи із залишками плазми. Найбільш поширені хімічні барвники в фітопатологічних дослідженнях для виявлення будови грибниці в тканинах рослини – це водні розчини сині низької концентрації. Спори і міцелій, які знаходяться на поверхні листка, виявляють за допомогою генціанвіолету; фуксин змінює колір ядра, хромосом, джгутиків в малиновий; анілінова синь забарвлює джгутики і міцелій; метилвіолет забарвлює міцелій борошнисторосяних грибів у фіолетовий колір; сафранін забарвлює бактерії та уражені тканини в блакитний колір, а тіоцин – міцелій борошнисторосяних грибів [16, 61].

У процесі фіксації препаратів вміст клітини гине, що сприяє кращому просвітлюванню, забарвленню і тривалому зберіганню найтоншої структури клітин. Найпростішим способом фіксації зрізів є нагрівання їх у киплячій воді або молочній кислоті на предметному склі. Як фіксатор для тимчасових препаратів застосовують молочну кислоту, формалін, суміш спирту з оцтовою кислотою (2 частини абсолютного спирту і 1 частина крижаної оцтової кислоти) [16].

Техніка приготування постійних препаратів. Постійні препарати готують, поміщаючи спороношення досліджуваного

гриба або зрізи в гліцерин-желатин, канадський бальзам або дамарову смолу.

Гліцерин-желатин готують з однієї частини желатину, 4 частин гліцерину, 2–3 частин води з додаванням 1–2 кристалів фенолу або саліцилату натрію. До необхідної кількості води додають відповідну кількість желатину і залишають на 12 годин. Після повного набрякання желатин підігрівають, потім додають гліцерин і на 1 л суміші додають декілька кристаликів фенолу. Отриманий розчин очищають від каламуті, додаючи білок (на 1 літр суміші білок 1 курячого яйця), далі доводять до кипіння і фільтрують, після чого розливають у пробірки із корками. Гліцерин-желатин, який знаходиться в пробірках, можна використовувати в будь-який час, підігрівши верхню частину пробірки на спиртівці. Краплю підігрітого гліцерину наносять на предметне скло в те місце, де в маленькій краплі води знаходяться зрізи деревини. Попередньо помістити зрізи деревини в краплю води необхідно для того, щоб краще їх розправити й вигнати повітря, тому що кип'ятіння шматочків деревини у воді або водяному розчині спирту з гліцерином не призводить до повного його видалення.

Канадський бальзам готують, заливши його шматочки ксилолом, щільно закривають посудину та залишають на декілька діб для повного розчинення. Одну-дві краплі канадського бальзаму наносять на зріз, що знаходиться на предметному склі і накривають покривним скельцем. Для витіснення надлишку бальзаму на скло ставлять гирьку масою 1–2 г, після чого краї покривного скельця препарату заклеюють дамаровою смолою, парафіном або воском.

Щоб приготувати постійні препарати із зрізів, пофарбованих барвниками, які легко вицвітають, можна застосовувати дамарову смолу, попередньо розчинену ксилолом до необхідної густоти.

Мікроскопіювання грибів на стадії спороношення, плодоношення або утворення міцелію надає можливість встановити систематичне положення збудника (рід, вид), вивчити його біологічні особливості й призначити ефективні заходи захисту від нього. За відсутності спороношення гриба часто виникає необхідність визначити наявність міцелію в тканинах сходів, листках і пагонах молодих сіянців.

Діагностика патологічного стану деревних видів у молодому віці способом мікроскопування внутрішньотканинного міцелію обмежується вирішенням питання, чи є це захворювання інфекційним чи неінфекційним. Систематичне положення гриба за цією ознакою встановлюється порівняно зрідка.

Методи фітопатологічного аналізу насіння.

Фітопатологічний аналіз насіння деревних рослин проводять як метою визначення зараженості його різними грибами. На поверхні насіння деревних видів можуть знаходитися різноманітні мікроорганізми. Серед них трапляються види, що викликають плісняву і гниль насіння під час зберігання за підвищеної вологості, і збудники хвороб молодих сходів і сіянців, які заносяться у ґрунт разом із насінням. Аналіз насіннєвого матеріалу на зараженість фітопатогенними грибами забезпечує своєчасне проведення захисних заходів, попередження псування насіння і розвитку інфекційних хвороб сіянців у розсадниках. Методи визначання посівних властивостей (схожості, життєздатності, доброякісності), фітопатологічну та ентомологічну експертизу лісового насіння здійснюють згідно з ДСТУ 7127:2009 «Насіння дерев та кущів. Методи фітопатологічної та ентомологічної експертизи» [15].

Основними методами фітопатологічного аналізу насіння є біологічний, макроскопічний і метод центрифугування.

Біологічний метод дає змогу встановити внутрішню і зовнішню і зараженість насіння під час його фітопатологічної експертизи [14-16]. Зараженість насіння за допомогою цього методу оцінюють у такий спосіб. З партії насіннєвого матеріалу беруть середню пробу, що складається приблизно із 200–300 насінин сосни чи ялини. З партії відбирають 50 насінин, які розкладають за допомогою пінцета в чашки Петрі на застигле живильне середовище. Як живильне середовище використовують агаризоване пивне сусло, кислий картопляний агар чи синтетичне середовище Чапека. Для рівномірного розподілу насіння на живильному середовищі використовують трафарет, який підкладають під чашку. Пінцет під час розкладання слід дезінфікувати в спирті чи полум'ї. Після розкладання насіння на чашки Петрі наклеюють етикетку з датою посіву, назвою деревної рослини та номером зразка. Чашки Петрі загортають у папір і поміщають на 5–6 діб у термостат при 25–28 °С. Насіння

оглядають на 6–7-у доби. За характерними ознаками колоній визначають рід грибів. З цією метою готують препарати і розглядають під мікроскопом із малим збільшенням. Найрозповсюдженіші гриби визначають за спороношенням (рис. 2.4).

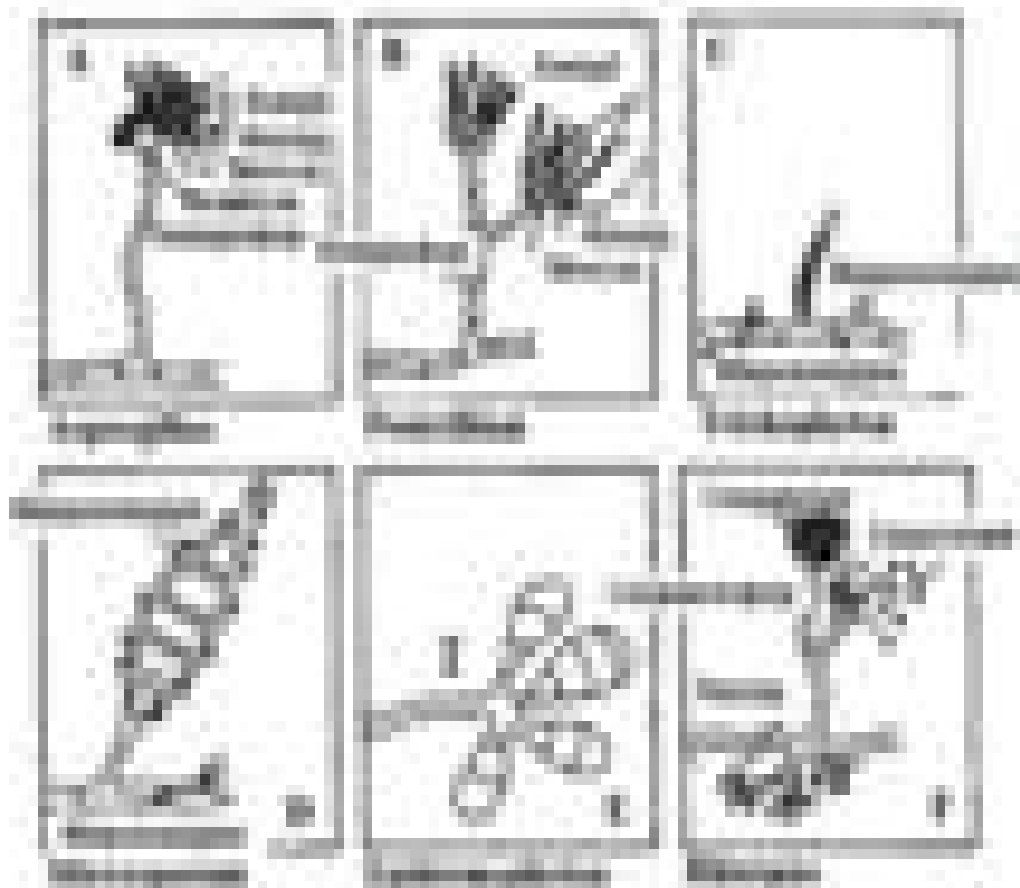


Рис. 2.5. Диференціація видів грибів: *A – Aspergillus; B – Penicillium; C – Trichophyton; D – Microsporum; E – Epidermophyton, F – Rhizopus* [57]

Зараженість насіння враховують окремо за кожним видом (родом) грибів. Ступінь зараженості виражається у відсотках: якщо зараженого насіння до 5 %, зараженість вважається поодинокую, до 25 % – слабкою, до 50 % – середньою, понад 50 % – сильною.

Макроскопічний метод аналізу насіння, наприклад, жолудів дуба, використовують для встановлення зовнішніх змін посівного матеріалу. Це дає змогу також визначити зараженість насіння тими хворобами, ознаки яких добре розрізняються візуально, збудники яких знаходяться в насінному матеріалі у вигляді

домішок (скупчення спор, склероціїв тощо). Для цього методу відбирають партію жолудів у кількості не менш 100 шт. Шляхом уважного оглядання кожного жолудя за допомогою лупи встановлюють ураження їх муміфікацією або іншими хворобами. При цьому звертають увагу на наявність тріщин, розривів у шкірці, зміни кольору шкірки і сім'ядоль, а також на розвиток міцелію в місцях ушкодження. Всі ушкоджені жолуді вилучають і визначають їхню масу. Зараженість жолудів дуба виражають у відсотках від маси досліджуваної партії, при цьому вказують основні типи уражень (муміфікація, пліснява, гниль).

Метод центрифугування дає змогу в короткий термін визначити наявність спор грибів деяких родів (*Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Stemphylium*, *Mycogone*, *Trichothecium*), які знаходяться на поверхні насіння. Для аналізу беруть середню пробу, яка складається із 100 насінин досліджуваної деревної рослини, поміщають у стерильні колби і заливають 10–20 мл дистильованої води. Колби з насінням, які мають гладку поверхню, збовтують протягом 5 хвилин, а шорсткувату – 10 хвилин. Після цього суспензію з колби зливають у стерильні пробірки, заповнюючи кожную з них до половини. Суспензію центрифугують три хвилини при 50–60 об·хв⁻¹. Потім верхній шар води з пробірок зливають так, щоб рівень води в них був не більш 1,5–2 см, осад струшують додатково, беруть піпеткою частину суспензії і заливають у камеру Горяєва. Препарат переглядають під мікроскопом, підраховують спори в 1 мл суспензії, за формою і розміром визначають рід грибів. Знаючи середню масу однієї насінини, кількість води, взятої для приготування суспензії, вміст спор грибів (за родами) у 1 мл, можна визначити середню кількість спор, які знаходяться на поверхні однієї насінини.

Для визначення внутрішньої зараженості насіння деревних рослин в окремих випадках використовують метод вологої камери. Для цього беруть чисті чашки Петрі і кружки фільтрувального паперу, вирізані за розміром чашок. Кожну чашку з покладеними в неї 2–3 кружками фільтрувального паперу стерилізують в автоклаві під тиском 1 атм протягом 30 хвилин. Стерилізація чашок Петрі може бути здійснена також у сушильній шафі при 130 °С протягом 1 години. Після такої обробки фільтрувальний папір зволожують до повної волого-

ємності стерильною водою за допомогою стерильної піпетки, дещо піднімаючи кришку чашки. Зволоження вважають нормальним, якщо у разі нахилу чашки з кружків стікають дрібні краплі води. Далі з партії насіннєвого матеріалу відбирають середню пробу, яка включає не менше 100 насінин. Насіння звільняють від шкірки та знезаражують шляхом занурення в спирт на 1 хвилину. У чашки Петрі за допомогою стерильного пінцета розкладають по 20 насінин досліджуваної рослини. Чашки етикетують, загортають у папір і вміщують у термостат на 5–6 днів за температури 25–28 °С. Аналіз внутрішньої зараженості насіння проводять на 6–7-у добу. Визначають частку заражених насінин, а за характерними рисами спороношення – родовий склад грибів (рис.2.5).

Метод виділення збудників полягання сіянців. Для цього використовують ґрунт із верхнього шару розсадника, де виявлено полягання сіянців. Ґрунт розсіюють тонким шаром на чистому листку паперу, а потім методом конверта відбирають середню пробу масою 1 грам. Пробу переносять у порцелянову ступку і подрібнюють. З отриманого порошку беруть наважку в 100 мг і висівають на живильне середовище. Як живильне середовище краще застосовувати агар із розведеним водою (у співвідношенні 1:9) неохмеленим пивним суслом. Для приготування 1 л такого середовища агару варто взяти 10–15,0 мл, розведеного сусла – 1000 мл. Середовище стерилізують при 110°C протягом 30 хвилин, рН має становити 3,6–3,8. Підкислення середовища здійснюють додаванням до нього лимонної, фосфорної, сірчаної чи соляної кислот (у середньому на 1 л агарового середовища потрібно 15–20 мл 0,1 % розчину кислот). Замість кислот можна застосовувати антибіотики – тетрациклін, окситетрациклін, хлортетрациклін у кількості 2–5 мг на 1 л середовища; неоміцин, стрептоміцин-сульфат, полімиксин – 50 мг на 1 л середовища. У цьому випадку живильне середовище може мати нейтральну чи слабокислу реакцію з рН 6,5–6,8. Дотримуючись умови стерильності, наважку ґрунту рівномірно розподіляють на поверхні агару в чашках Петрі; чашки етикетують із указівкою дати посіву і місця відбору ґрунту і поміщають у термостат при 22–25 °С. Через 6–8 днів визначають кількість колоній грибів і описують їх. Підрахунок колоній проводять без зняття кришки з чашки. За великої кількості колоній на чашку Петрі накладають коло

фільтрувального паперу з вирізаним радіальним сектором, пересуваючи його на кришці і роблячи відповідні позначки на склі, проводять підрахунок колоній. Збудників полягання сіянців (родова назва) визначають за колоніями (рис. 2.6).

Методи штучного зараження (інокуляції) рослин мають велике значення для вивчення фітопатогенних грибів, встановлення збудників хвороб, його спеціалізації, а також у селекційній роботі для оцінювання окремих сортів і видів рослин на стійкість до інфекційних хвороб [11].

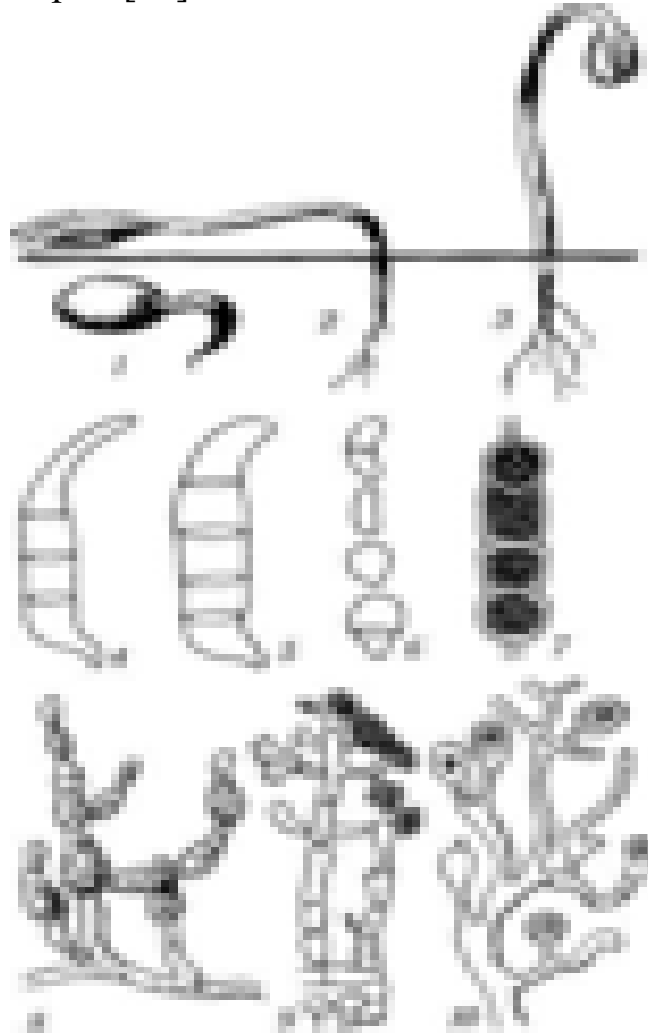


Рис. 2.6. Полягання і спороношення збудників [57]: 1 – уражений проросток; 2 – ураження кореневої шийки сіянця хвойних; 3 – уражене підсім’ядольне коліно сіянця листяних; 4–7 – рід *Fusarium* (4–5 – макроконідії, 6 – мікроконідії, 7 – хламідоспори); 8 – рід *Alternaria*; 9 – рід *Botrytis*; 10 – рід *Pythium*

Штучне зараження рослин грибами може здійснюватися як у природних умовах, так і в теплицях чи лабораторних умовах.

При цьому можуть бути використані окремі рослини чи їхні частини. Інокуляційним матеріалом є спори, грибниця і уражений субстрат. Успіх штучного зараження деревних рослин багато в чому залежить від якості інокуляційного матеріалу, його приживлюваності, готовності до проростання і умов для розвитку патогена. Для виконання інокуляції беруть 1–2-річні сіянці хвойних і листяних деревних рослин, вирощувані в квіткових горщиках чи в дерев'яних ящиках.

Інокуляція деревних видів грибами може здійснюватися різними методами.

Метод внесення інокулюму в ґрунт широко застосовують під час вивчення полягання сіянців і кореневих гнилей деревних рослин. У разі зараження сіянців грибами з роду *Fusarium* як інокулюм використовують 1–2-місячну культуру, яку вирощують у скляних колбах на деревних спилах, змочених пивним суслом. Культуру гриба змішують із ґрунтом і вносять на глибину до 5 см. Залежно від інфекційного фону, що задається, витрата інфікованих деревних спилів може становити від 50 до 150 г на 1 м² поверхні ґрунту. Для створення інфекційного фону на дослідних ділянках можливо також використовувати ґрунт, узятий з ділянок, де в минулі роки відбувалася масова загибель сіянців від інфекційного полягання. Його розсипають на поверхні ділянки і ретельно перелопачують з основним ґрунтом з розрахунку 4 кг ґрунту на 1 м² дослідної ділянки.

Для штучного зараження молодих сходів збудниками полягання може бути використаний *метод вологого заспорення насіння*. У колби з чистими культурами грибів із роду фузаріум наливають невелику кількість дистильованої води. Після струшування протягом декількох хвилин рідину з колби зливають, утворюється суспензія спор. Цією суспензією обприскують насіння, яке після підсушування висівають у ґрунт. Перед обприскуванням насіння у камері Горяєва підраховують кількість спор, що знаходяться в 1 мл водної суспензії [11, 16, 57, 61].

Інокуляцію хвої і листя здійснюють конідіями або статевими спорами, які наносять у сухому вигляді чи з краплями води. Листя дуба та інших деревних рослин, уражене борошнистою росою чи збудниками плямистостей, краще заражувати конідіями, здатними проростати без тривалого періоду спокою. Інфекцію переносять від хворих рослин на здорові стерильним

пензликом. Для інокуляції підбирають молоді листки, кращим часом для зараження вважають вечірні години. Під час інокуляції іржастими грибами необхідно знати цикл розвитку патогена, щоб правильно вибрати тип спор (еціоспори, уредоспори, теліоспори) і час зараження. Для одержання базидіоспор грибів, які зимують у теліостадії, уражені частини рослин збирають восени і зберігають у марлевих мішечках на відкритому повітрі. Для прискорення проростання теліоспор їх поміщають у вологу камеру, поява сіруватого чи жовтуватого нальоту свідчить про початок утворення базидіоспор. У разі зараження листків еціоспорами та уредоспорами суспензію спор краще наносити на нижній бік листка. Для інокуляції хвої сумчастими грибами, які викликають хвороби типу шютте, заражений матеріал, заготовлений у період дозрівання плодових тіл, розміщують у марлеві мішечки і підвішують поруч зі здоровими рослинами. У разі штучного зараження рослин хворобами варто враховувати, що багато фітопатогенних грибів здатні заражати рослини лише за наявності краплинної вологи (краплі дощу, роси).

Існують методи, за яких інокулюм наносять на рослини у вигляді водної суспензії, наприклад, під час зараження листків із використанням мікрокамер різної конструкції, які забезпечують ізоляцію від сторонньої інфекції. На поверхню листка у вечірній час наносять краплю води зі свіжозібраними спорами патогена. Краплю закривають мікрокамерою, а на ранок відкривають, надалі розвиток хвороби триває без порушення природних процесів.

Інокуляцію гілок і стовбурів грибами, які викликають некрози чи ракові захворювання деревних рослин, здійснюють спорами патогена, які утворюються на відмерлих гілках і стовбурах хворих дерев. Місце ін'єкції обробляють водною суспензією спор. За три дні до зараження на корі стовбурця чи гілці дерева роблять Г- чи Т-подібний надріз розміром 1,5×0,5 см. Безпосередньо перед інокуляцією місце зараження дезінфікують спиртом, а потім промивають дистильованою водою. У розріз кори вводять суспензію спор чи міцелій, який виріс на живильному середовищі, після чого кору щільно притискають до деревини. Як інокулюм можливо також використовувати шматочки кори з життєздатним міцелієм, які прикладають до місць, із яких попередньо знімають кору. Місце інокуляції

покривають гігроскопічною ватою, змоченою водою, і забинтовують. Зараження гілок і стовбурців можливо здійснювати і без значного порушення покривних тканин. У цьому випадку суспензію спор вводять у луб'яну частину кори за допомогою шприца. Місце інокуляції ізолюють від навколишнього середовища [11].

Інокуляцію живих дерев трутовиками, які викликають гнилі стовбурів і коренів, краще робити грибницею і шматочками ураженої деревини. Для цього в місцях зараження знімають верхній шар кори і дезінфікують тканини. Потім стерильним буром просвердлюють отвір глибиною до 10 см, щоб захопити внутрішню ядрову чи стиглу деревину. За допомогою стерильного ланцета в отвір вводять життєздатний міцелій зі шматочками живильного середовища або невеликі зразки деревини, уражені гниллю. Отвір у стовбурі закривають керном деревини, отриманим під час його висвердлювання. Місцем інокуляції можуть бути основи відмерлих гілок. Уздовж осі гілки просвердлюють отвір, куди вводять інфекцію. Через 1–2 роки в деревині стовбура можна виявити характерну локальну зміну її забарвлення. Типова стовбурова гниль зазвичай формується через 4–5 років після зараження. Приблизно в цей самий час на стовбурі з'являються зачатки плодових тіл [57].

2.4. Методи одержання чистих культур дереворуйнівних і деревозабарвлюючих грибів

Чисті культури досліджуваних грибів можна одержувати зі спор, тканини плодового тіла та із субстратного міцелію [11, 16].

Існують кілька способів одержання чистих культур із однієї спори. До них належать спосіб розведення, спосіб капілярів, способи сухої та штрихової голки. Споривий матеріал одержують із очищених свіжозібраних плодових тіл дереворуйнівних грибів, які розміщують гіменофором донизу на аркуші паперу і витримують протягом декількох днів у скляних ексікаторах. Базидіоспори, які виділилися з плодових тіл, утворюють наліт у вигляді білого порошку.

Спосіб розведення. У скляну пробірку зі стерильною водою вносять невелику кількість спор і ретельно збовтують, після

цього на предметне скло наносять 4–5 крапель суспензії. Під мікроскопом підраховують у суспензії кількість спор, які потрапили в кожну краплю. Розведення суспензії має бути таким, щоб у краплі містилися 1–2 спори. Після цього 3–4 краплі приготовленої суспензії переносять у чашку Петрі з налитим тонким шаром живильним середовищем. Краплі розташовують на чітко визначеній відстані одна від одної, у кожній краплі підраховують під мікроскопом кількість спор. Для цього чашка Петрі перевертається нижньою стороною до об'єктива мікроскопа. На ній відзначається місце розташування краплі, що містить по одній спорі. Через 2–3 дні, коли спори проростають і утворюють грибницю, її переносять у пробірку з живильним середовищем.

Для одержання чистих культур за *способом капілярів* у розігріте агарове живильне середовище вносять невелику кількість спор досліджуваного гриба. Середовище ретельно перемішують і розливають у скляні капіляри. Після охолодження середовища капіляри проглядають під мікроскопом, і в них відмічають ділянки, які містять по одній спорі. Ці ділянки підігрівують, переливаючи живильні середовища зі спорами в чашки Петрі з агаром, при цьому звертають увагу на те, щоб спори не залишилися на стінках капілярів [16].

За *способом сухої голки* на предметне скло рівномірними шарами наносять спори гриба. Скло проглядають під мікроскопом і відзначають місця, де спори розташовуються поодинокі. Їх переносять у пробірки чи чашки Петрі із застиглим живильним середовищем за допомогою тонкої сухої голки. Голку вводять у поле зору мікроскопа і торкаються нею спори, яка легко пристає до вістря.

У разі *штрихового способу* в чашки Петрі тонким шаром наливають агарове живильне середовище. Після того як воно застигне, голкою з лопаточкою відбирають довільну кількість спор і на агарі роблять 4–5 поверхневих рівнобіжних штрихів. Голку перед нанесенням кожного наступного штриха дещо повертають. Через 1–2 доби чашки, перевернені догори дном, розглядають під мікроскопом, відзначаючи на них місця, де проросли поодинокі розташовані спори. Потім чашки відкривають і вирізують блоки агару з однією спорою. Агар зі спорою переносять стерильно в пробірку з новим агаром, що

поміщається в термостат для одержання чистої культури. Наявність однієї спори в шматочку агару перевіряють за допомогою мікроскопа [57].

Для одержання чистої культури з *тканини плодового тіла* використовують добре розвинені молоді неушкоджені плодові тіла афілофорових грибів, які збирають у період масової появи. Зберігати плодові тіла можливо протягом 2–3 тижнів у холодильнику в поліетиленових мішечках чи паперових пакетах. Плодові тіла ретельно очищають від різних рослинних залишків, промивають під струменем води протягом декількох хвилин. Потім їх піддають поверхневій стерилізації, занурюючи на кілька секунд у 3 % розчин перекису водню або в 5 % розчин марганцевокислого калію. Плодові тіла можна також обтерти 96 % спиртом або швидко обпекти над полум'ям. Далі плодові тіла розрізають стерильним ножем на шматочки чи розламують, із середини потовщеної внутрішньої частини стерильним скальпелем беруть шматочок тканини і переносять на живильне середовище у чашку Петрі чи пробірку. При цьому шматочок поміщають на поверхню агару або частково занурюють у нього. Виділення культури йде більш успішно, якщо беруть великі шматочки (0,5–1 см у діаметрі). У випадку поганого виділення чистої культури шматочки рекомендується поміщати на кілька днів у вологу камеру і тільки після появи міцелію переносити на живильне середовище. Чашки чи пробірки з інокулюмом витримують у термостаті при 20–25 °С. Варто мати на увазі, що за температури понад 25 °С швидкість виділення культури значно сповільнюється. Щоб відносна вологість повітря була не нижче 80 %, в термостат поміщають посудину з водою [11, 16]. Залежно від виду виділюваного гриба через певний час (від 3 до 24 днів) на шматочках плодового тіла з'являється молодий міцелій. Його переносять на нове живильне середовище. Якщо виділення проходить погано або міцелій не переходить з інокулюма на поверхню середовища, до нього слід додати відвари кори, хвої чи листків різних вищих рослин (0,1–0,5 %), екстракти з плодових тіл грибів (4–5 %). Можливо використовувати також рідкі живильні середовища, підтримуючі невеликий вміст живильних речовин і вітамінів [57].

Для одержання чистої культури гриба із *субстратного міцелію* беруть зразок деревини з характерною гниллю,

викликаною визначеним видом гриба. Деревину з поверхні дезінфікують, потім поверхневі шари її зрізують, і з зони активного руйнування (II стадія гнилі) стерильним скальпелем вирізують дрібні шматочки. Щоб уникнути заносу сторонньої інфекції, шматочки гнилої деревини стерилізують над полум'ям і укладають у вологу камеру чи на живильне середовище у чашки Петрі. Через кілька днів вони обростають повітряним міцелієм, який стерильно переносять на нове живильне середовище.

Під час виділення чистих культур необхідно дотримуватись умов стерильності і уважно стежити за їхніми станом і ростом, щоб не допустити розвитку сторонніх мікроорганізмів. Методом послідовного пересівання на нові живильні середовища досягається чистота отриманої культури [11, 16].

Методи культивування дереворуйнівних грибів. Залежно від мети дослідження застосовують поверхневий чи глибинний методи культивування дереворуйнівних грибів [57].

У разі *поверхневого культивування* дереворуйнівні гриби вирощують на природних субстратах і штучних живильних середовищах. Як природні субстрати найчастіше використовують деревні спиля, борошно і стружку, дрібно нарізані шматочки деревини, а також недеревні субстрати, багаті живильними речовинами (висівки, вівсяну крупу, зерна вівса, овочі). Вирощування дереворуйнівних грибів на деревному субстраті застосовують насамперед для збереження і підтримання чистих культур тривалий час в активному стані, а також для вивчення біології грибів. З цією метою дрібно нарізані кубики деревини чи очищені від сторонніх домішок і великих часток деревні спиля засипають у конічні колби обсягом 250 мл до 1/3 їхньої висоти і заливають водопровідною водою. Рівень води не має перевищувати половини висоти шару чи кубиків. Деревний субстрат можна також змочувати 2 % неохмеленим пивним суслим. Для посилення ростових процесів до деревного субстрату варто додавати вівсяне борошно чи інші живильні речовини (3–5 %), які стимулюють початковий ріст міцелію грибів. Стерилізацію колб із живильним середовищем проводять в автоклаві при 0,5 атм чи парою по 1 годині протягом 3 діб.

Для висівання грибів використовують міцелій, вирощуваний на твердому чи рідкому живильному середовищі. Після посіву колби з грибами, які культивують, витримують у термостатах при

22–24 °С. Через 1–2 місяці грибниця проростає на всю глибину деревного субстрату. При цьому міцелій розташовується не тільки на поверхні деревних часток, але і проникає вглиб деревини. Такий матеріал, особливо дрібні кубики, які обросли міцелієм, зручно використовувати для дослідів із вивчення дереворуйнівної активності окремих грибів. У разі тривалого культивування грибів у колбах висихає субстрат, тому рекомендується періодично зволожувати його стерильною водою.

Часто застосовують спосіб вирощування дереворуйнівних грибів на штучних живильних (твердих чи рідких) середовищах певного складу. Запропоновано багато штучних середовищ, на яких можливе вирощування різних видів грибів. Найчастіше використовують середовища, виготовлені з неохмеленого пивного сусла із вмістом цукру від 4 до 8 % [16]. Для одержання твердого живильного середовища до пивного сусла додають 2 % агар, який після стерилізації і охолодження середовища дає характерну желеподібну консистенцію. Розлив середовища в колби, чашки Петрі, скляні пробірки здійснюють у підігрітому стані. Для посіву грибів використовують спеціальні голки, які складаються з основи і тонкого пружного дроту. Верхній кінець дроту може бути зігнутий у невелике колечко, загострений чи мати вигляд пластинки. Під час посіву гриба верхній кінець голки прожарюють у полум'ї, потім охолоджують шляхом занурення його у тверде чи рідке живильне середовище. Матеріал у вигляді міцелію чи спори переносять у підготовлене живильне середовище шляхом занурення [57].

Метод *глибинного культивування* вищих грибів дає змогу створити оптимальні умови для росту і розвитку грибів, значно зменшити тривалість їхнього вирощування і домогтися високого виходу окремих продуктів їхньої життєдіяльності. Простішим способом глибинного культивування є вирощування міцелію вищих грибів у колбах або посудинах на біологічних качалках із поступальним чи обертальним рухом. Рідке живильне середовище розливається в колби чи посудини, піддається дробовій стерилізації і засівається звичайними способами посівним матеріалом. Колби закріплюють у піддонах качалки і струшують. Тривалість вирощування на качалках варіює в широких межах і залежить від виду культивованого гриба, складу середовища,

продукту, який треба отримати, та інших факторів. На швидкість росту впливає і інтенсивність струшування середовища.

Найбільш поширеними способами, що застосовують як у лабораторних, так і у виробничих умовах, є вирощування грибниці вищих грибів у спеціальних апаратах – ферментерах, що дає змогу контролювати і підтримувати певні умови культивування. Нині ферментери широко використовують у мікробіологічній промисловості для одержання різних продуктів біосинтезу деяких мікроорганізмів [11].

Вивчення ростових процесів дереворуйнівних грибів. Під час вирощування дереворуйнівних грибів на живильних середовищах застосовують два методи визначення інтенсивності ростових процесів: за діаметром колонії (вивчення лінійного росту) і за накопиченням біомаси.

За першим методом використовують агаризоване середовище, яке наливають тонким шаром у чашки Петрі. Кришку чашки при цьому відкривають і у неї виливають із пробірки 4–5 мл середовища. Після охолодження середовища в чашки за допомогою голки, простерилізованої прожарюванням у полум'ї, переносять невеликий шматочок міцелію, взятий із 10–20-добової культури, яка виросла на живильному середовищі. Потім чашки обережно закривають кришкою, етикетують (вказують номер чашки, вид гриба і дату посіву) і вміщують у термостат при 22–24 °С. На зовнішній стороні дна чашок у двох взаємно перпендикулярних напрямках проводять лінії, у напрямку яких визначають діаметр колонії гриба. У швидкорослих видів діаметр колонії визначають щодоби, поки грибниця не досягне країв чашки Петрі, у повільнорослих – з інтервалом 3–5 діб. Середній діаметр колонії для кожного терміну визначають як середньоарифметичну величину з двох вимірювань. Для одержання точніших результатів повторність досліду має бути 5–8-кратною. На підставі статистично оброблених даних будують криву збільшення діаметра колонії гриба в часі. Загалом показники лінійного росту грибів повніше характеризують здатність їхнього міцелію поширюватися поверхнею агаризованого середовища і меншою мірою показують хід накопичення біомаси гриба [57, 61].

Вивчення ростових процесів за *накопиченням біомаси* в основному застосовують під час культивування грибів у рідкому

живильному середовищі. Тривалість культивування і частота добору колб для визначення сухої маси міцелію залежать від умов культивування. Гриби висівають у простерилізовані конічні колби обсягом 250 мм, що містять 40–50 мм живильного середовища. Колби струшують протягом усього періоду культивування. Проби беруть у різні фази росту міцелію гриба.

Під час вирощування вищих грибів, зокрема трутовиків, в умовах статичної культури (надходження нових живильних речовин і видалення кінцевих продуктів обміну протягом усього періоду росту не відбувається) змінюють одна одну у певній послідовності такі фази росту: початкова (лаг-фаза), експонентна (логарифмічна), стаціонарна і фаза відмирання [11, 16]. Лаг-фаза охоплює проміжок часу між висіванням гриба і досягненням максимального росту міцелію. Тривалість її залежить від придатності для росту гриба живильного середовища, віку посівного матеріалу і деяких інших факторів. Експонентна фаза характеризується постійною максимальною величиною приросту біомаси міцелію. Стаціонарна фаза настає тоді, коли кількість клітин чи біомаса міцелію перестають збільшуватися. Цей обсяг біомаси називається виходом, чи врожаєм культивованого гриба. Фаза відмирання характеризується послідовним зниженням життєздатності клітин і зменшенням біомаси міцелію внаслідок лізису клітин. Ріст грибів за накопиченням біомаси вивчають одночасно з визначенням вмісту в культуральній рідині ферментів, антибіотиків та інших розчинних у воді метаболітів.

Визначення дереворуйнівної здатності грибів. Найчастіше дереворуйнівну здатність грибів оцінюють шляхом їхнього вирощування на деревних блоках протягом певного періоду. Її характеризують часткою втрати маси деревини в результаті руйнівної діяльності грибів. Перед постановкою дослідів готують зразки, вирощують інокулюм і готують ґрунт, який використовують як живильне середовище. Ґрунт бажано брати в літній період із його верхніх шарів у мішаних насадженнях. За механічним складом він має бути супіщаним чи суглинком з рН 4,5–6,0. Ґрунт розсипають тонким шаром на папері, висушують до повітряно-сухого стану, просівають через ґрунтові сита і зберігають у дерев'яних шухлядах чи посудинах [57].

Зразки для визначення дереворуйнівної спроможності грибів виготовляють із заболонної чи ядрової (стиглої) деревини

у формі прямокутної плитки з поперечними розмірами 20×20 мм і завтовшки 5 мм (розмір уздовж волокон). Зразки не повинні мати сучків та інших вад, а також дефектів обробки. Зразки маркують, а перед закладанням у банки з культурами визначають масу кожного з них в абсолютно сухому стані з точністю до 0,001 г. Для цього їх поміщають у сушильну шафу при $100 \pm 5^\circ\text{C}$ і доводять до абсолютно сухого стану. Зважують зразки на аналітичних вагах. Перед закладанням у банки з чистими культурами зразки стерилізують, зволожують до 50–60 % і упаковують у пакети. Стерилізацію здійснюють в автоклавах при 1 атм протягом 1 години чи в сушильній шафі при $100 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 1–2 годин. Для усунення контакту зразків під час досліду з ґрунтом використовують фідери, що мають вигляд двох тонких поперечних пластинок, вирізаних зі свіжозрубаної заболонної деревини сосни. У кожен колбу на поверхню середовища укладають фідер [16, 57].

Для одержання інокулюму в конічні колби об'ємом 250 мл насипають шар ґрунту завтовшки близько 2 см. Ґрунт перед засипанням зволожують водопровідною водою до 60 % вологості і перемішують. У кожен колбу на ґрунт поміщають 8–10 дрібно нарізаних кубиків деревини ($5 \times 5 \times 5$ мм), які мають вологість у межах 50–60 %. Вміст колб стерилізують в автоклаві при тиску 1 атм протягом 1 години двічі з інтервалом не меншим 24 годин. Після стерилізації й охолодження висівають міцелій досліджуваного гриба. Для цього шматочки життєздатного міцелію, який виріс на агаризованому пивному суслі чи в рідкому живильному середовищі, переносять стерильно на поверхню. Колби витримують у термостаті при $22\text{--}24^\circ\text{C}$ протягом декількох днів, поки грибниця не пошириться в усій глибині і не відбудеться обростання кубиків з усіх боків. У повільнорослих грибів цей процес може тривати до 1–2 місяців. Після завершення терміну витримки зразки деревини витягають із банок, ретельно очищають від зовнішніх грибних утворень і поміщають у скляні бюкси у сушильну шафу при $100 \pm 5^\circ\text{C}$. Висушені до абсолютно сухого стану зразки повторно зважують на аналітичних вагах [11, 16].

Показником дереворуйнівної здатності досліджуваного гриба є втрата маси деревини у відсотках, обчислена за формулою:

$$D = (1 - B_k/B_n) \times 100, \quad (2.8)$$

де B_n – первинна маса зразка, г;

B_k – маса зразка наприкінці досліду, після впливу гриба, г.

Результати досліджень обробляють із застосуванням методів математичної статистики [12].

Вивчення споруляції дереворуйнівних грибів. Поширення багатьох дереворуйнівних грибів, зокрема тих, що живуть на ростучих деревах, обумовлено утворенням у плодових тілах величезної кількості спор, які розсіюються в навколишнє середовище і переносяться повітряними потоками на великі відстані. Спори є основним джерелом інфекції дерев, тому вивчення процесів споруляції цієї групи грибів має важливе значення для проведення заходів захисту лісових насаджень.

Для уловлювання спор у повітрі можуть бути використані предметні скельця, змазані вазеліном, чашки Петрі, різні спороуловлювачі і автоматичні пастки. Вивчення споруляції збудників гнилей живих дерев проводять у природних умовах. Із цією метою підбирають ділянки лісового насадження, де є заражені дерева з добре розвиненими плодовими тілами досліджуваного виду гриба. Бажано, щоб плодові тіла знаходилися в нижній чи середній частині дерева, а гіменофор розташовувався горизонтально [16]. Облік базидіоспор, які утворюються і виділяються з плодових тіл, може бути проведений двома методами: окомірним і кількісним.

Окомірний метод [5, 57]. Під досліджуване плодове тіло гриба на смужці з гнучкої оцинкованої жести поміщають як спороуловлювач металеву пробку основою вниз і з диском чорного паперу всередині. Верхня поверхня пробки має знаходитись якомога ближче до гіменофору, але не торкатися його, тому що навіть короткочасне зіткнення гострих країв пробки й гіменофора може пошкодити його зовнішні шари. Бляшана смужка, що підтримує металеву пробку в потрібному положенні, прикріплюється до стовбура дерева. При цьому спороуловлювач встановлюється під плодовим тілом так, щоб до нього не затікала дощова вода. Спори, що виділилися з плодового тіла, потрапляючи на темний блискучий папір, утворюють наліт, помітний неозброєним оком. Спороуловлювачі оглядають щодня,

через два-три дні або раз на тиждень. Інтенсивність споруляції окремих плодових тіл оцінюють окомірно за 4-бальною шкалою:

0 – споруляція відсутня (нальоту спор немає);

1 – слабка (наліт спор добре помітний тільки при косому розташуванні диска);

2 – середня (наліт спор змінює колір паперу, він стає білим);

3 – сильна споруляція (наліт спор досягає товщини 2-3 мм).

Кількісний метод обліку спор запропонував проф. М. І. Федоров (1987) [56]. Як спороуловлювач використовують скляні стаканчики діаметром 2–3 см і заввишки 3–4 см, які мають невелике звуження у верхній частині. Вони розміщуються на підставках, вирізаних із гнучкої оцинкованої жерсті і прикріплених до дерева. Зазор між гіменофором плодового тіла і верхньою поверхнею стаканчика має бути мінімальним (не більш 0,5 мм). Спори, що випадають із плодового тіла, осідають на дно спороуловлювача, який встановлюють на добу. Після цього їх знімають і в спеціальних коробках доставляють у лабораторію, де проводять облік спор. Кожен спороуловлювач ретельно зсередини кілька разів обмивають невеликими кількостями дистильованої води, яку зливають у вимірювальну склянку і по закінченні промивання доводять до визначеного об'єму. Невелику кількість добре перемішаної суспензії за допомогою піпетки переносять у рахункову камеру. Підрахунок спор у суспензії краще здійснювати в рахунковій камері Горяєва за малого збільшення мікроскопа. Для одержання дуже точних результатів достатньо взяти по 10 крапель від кожної суспензії і визначити кількість спор у кожній з них. Якщо в одному великому квадраті (площею $1/25 \text{ мм}^2$) сітки камери виявиться в середньому менше однієї спори, підраховують спори в усіх 100 великих квадратах; якщо спор від 1 до 3 – підрахунок роблять у 40 квадратах (10 хрестоподібно розташованих на сітці чвертей квадратів), якщо ж спор у квадраті 4 і більше – у 10 хрестоподібно розташованих квадратах. У разі занадто великої кількості спор в одному квадраті суспензію варто розбавити. Знаючи обсяг суспензії на одному квадраті ($1/250 \text{ мм}^3$), неважко обчислити кількість спор у 1 мм^3 , а потім і в усьому обсязі. Загальну кількість спор у суспензії поділяють на площу верхнього отвору спороуловлювача і визначають кількість спор, які викидає 1 см^2 площі гіменофора

за добу [56]. Під час порівняння інтенсивності споруляції різних плодових тіл необхідно враховувати площу їхнього гіменію, що залежить від діаметра і кількості пор на одиниці площі гіменофора і довжини трубочок.

2.5. Обстеження плодів і насіння лісових деревних рослин

Основним завданням під час обстеження плодів і насіння лісових деревних рослин є своєчасне виявлення уражених плодів і насіння, оскільки під час закладання на зберігання і, особливо, у разі порушення режимів зберігання (зміна температури й вологості), відбуваються процеси вторинного зараження контактним шляхом міцелієм від хворого до здорового насіння, а також пліснявіння, що призводить до зниження його життєздатності [57].

Дані обстеження заносять до таблиці 2.6.

2.6. Відомість результатів обстеження плодів і насіння

Назва рослини	Всього насіння (плодів), шт.	У тому числі, шт./%					
		здорове	пошкоджене комахами	уражене патогенами (гниле)	пошкоджене абіотичними чинниками	беззародкове	порожнє
Дуб звичайний							
Сосна звичайна							
Горіх волоський							
Ялина європейська							
Бук лісовий							

Для визначення якості посівного матеріалу із зібраної партії плодів (жолуді, каштани, горіхи тощо) відбирають зразок для перевірки. Для цього їх занурюють у воду (метод флотації). Плоди і насіння, які не потонули, розрізають уздовж сім'ядолі на дві частини, звільняють від шкірки та оглядають внутрішню і зовнішню поверхні сім'ядолей (горіхи розколюють навпіл) відповідно до ДСТУ 8558:2015 [14]. Визначають видовий склад шкідливих комах, які спричинили пошкодження, та ступінь ураження збудниками інфекційних хвороб і неінфекційними

(непаразитарними) чинниками. У період зберігання насіння і плоди обстежують не рідше одного разу на місяць. У випадку зміни кольору, блиску, появи нальотів або плям його обов'язково перебирають, відбраковують уражений посівний матеріал і додатково просушують.

Шкідливі комахи, які пошкоджують плоди та насіння. Плоди та насіння є поживним субстратом для численної групи шкідливих комах. Кожна комаха має особливості біології і характерні для неї пошкодження плодів і насіння. Найчастіше насіння хвойних деревних рослин пошкоджують сосновий шишковий смолюх, шишкова вогнівка, ялинова шишкова листовійка, ялинова шишкова муха тощо, а плоди та насіння листяних деревних і кущових рослин – жолудева та букова плодожерки, жолудевий довгоносик тощо [18, 43]. Перед проведенням обстеження плодів і насіння необхідно ознайомитися з фенограмою розвитку шкідливих комах, місцями їхньої зимівлі тощо (табл. 2.7).

*Сосновий шишковий смолюх *Pisodes valiridostris* Gyll.* У травні після парування самиці відкладають яйця в шишки, які часто вже пошкоджені додатковим живленням імаго. Кожне яйце самка відкладає в спеціально зроблені заглиблення (на шишку 1–4 яйця), де смола захищає їх від несприятливих зовнішніх умов. Личинки, поступово заглиблюючись у шишку, живляться основою лусок і насінням, заповнюють свої ходи бурими піскоподібними екскрементами. Личинки I–II віків прокладають у шишці на відстані 1–2 мм від її поверхні спіральні ходи, помітні на зеленому фоні шишки. Пошкоджені шишки відрізняються від здорових: засмолені, викривлені, менші за розміром, раніше буріють і легко струшуються з дерева.

*Ялинова шишкова листовійка *Laspeyresia strobilella* L.* Листовійка проводить у шишці весь цикл розвитку – від яйця до лялечки. Парування і відкладання яєць завжди співпадають із періодом запилення суцвіть, а коли шишки верхівками опускаються донизу, літ імаго закінчується. Гусениці проточують ходи вздовж стрижня шишки і пошкоджують при цьому насіння. Пошкоджені шишки не відрізняються на вигляд від здорових [18].

*Шишкова вогнівка *Dioryctria abietella* Schiff.* пошкоджує шишки і насіння ялини, модрини, ялиці, сосни. Перші гусениці

з'являються наприкінці червня і вгризаються в шишку, пошкоджуючи насіннєві луски, не зачіпаючи стрижня, і значну частину насіння. Шишка частково буріє, на ній скупчуються екскременти гусениць, скріплені павутиною. Молоді шишки викривляються, дуже пошкоджені, розсипаються. Значна частина пошкоджених ялинових шишок опадає в кінці літа та восени [18].

2.7. Фенограма розвитку шкідників плодів і насіння [18]

Рік	Стадії розвитку за місяцями														Місце зимівлі					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X-III													
перший	Сосновий шишковий смолюх														підстилка					
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
			•	•	•															
другий															підстилка					
			-	-	-	-	-		◇	◇	◇	◇								
													+	+		+	+	+	+	+
перший	Шишкова вогнівка														підстилка кокон					
	+	+	+	+	+															
			•	•	•	•	•													
другий															підстилка кокон					
	-	-	-	-	-															
			◇	◇	◇	◇														
перший	Ялинова шишкова листовійка														в шишках					
	+	+	+	+	+															
			•	•	•	•	•													
другий															в шишках					
	-	-	-																	
		◇	◇	◇	◇	◇														
перший	Модринова муха														в ґрунт					
	+	+	+	+	+															
			•	•	•	•	•													
другий															в ґрунт					
			-	-	-	-	-	-												
	◇	◇	◇	◇	◇					◇	◇	◇	◇	◇		◇	◇	◇	◇	◇
перший	Жолудева плодожерка														підстилка, тріщини кори					
	+	+	+	+	+															
			•	•	•	•	•	•												
другий															підстилка, тріщини кори					
	-	-	-	-	-	-														
			◇	◇	◇	◇	◇													
перший	Жолудевий довгоносик														ґрунт					
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
										•	•	•	•	•						
другий															ґрунт					
										-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

Умовні позначення: + – імаго; • – яйце; - – личинка ◇ – лялечка;

з X до III – зимівля

Ялинова шишкова муха Lasioomma anthracina Czmy. належить до дуже небезпечних шкідників шишок ялини – весняний комплекс комах-конобіонтів. У шишках хвойних видів часто трапляються *насіннеїди* (ряд перетинчастокрилі). У шишках кожної деревної рослини шкодить свій вид.

Найбільш поширені серед них в Україні модриновий насіннеїд *Megastigmus pictus* F., смерековий *M. strobilobica* Ratz. і ялиновий *M. abietis* Seit. насіннеїди [18, 43].

Шкідники плодів і насіння листяних видів.

Жолудева плодожерка Carposapsa splendana Нб. пошкоджує дуб, бук, каштан, ліщину. Гусениці вгризаються всередину жолудя, де й живляться сім'ядолями до вересня. Пошкоджені жолуді заповнені екскрементами, схожими на мак. Жолуді зморщуються і вже в серпні-вересні опадають [1, 18].

Букова плодожерка Carposapsa grossana Нв. пошкоджує насіння бука, ліщини в букових лісах Карпат і Криму. За біологією близька до жолудевої, літ метеликів починається в червні. Переходячи з горішка в горішок виїдає насіння.

Жолудевий довгоносик Curculio glandium Marsch. В окремих масивах у неврожайні роки у зріджених чистих дубових насадженнях і на насінних плантаціях пошкоджує більше 90 % жолудів. Личинка серпоподібно зігнута, біла, з жовто-бурою головою, м'ясиста. Імаго виходять із місць зимівлі у травні, поїдають бруньки і листя дуба. Скупчуються на дубах (це переважно рання форма дуба звичайного), де і живляться, роблячи тонкі, глибокі уколи. В другій половині липня, коли жолуді досягають половини нормальної величини, у вигризені ямки самки починають відкладати яйця по 1–5 штук. Це триває і на початку серпня. Дуже пошкоджені під час додаткового живлення жолуді не дозрівають і вже в липні опадають. Часто вони заражені збудниками грибних захворювань. Жолуді дубів *Q. rubra* та *Q. palustris* практично не пошкоджує.

Збудники хвороб плодів і насіння. Грибна мікрофлора (сапротрофна і паразитна), яка є на насінні, заподіює втрати під час зберігання, стратифікації насіння і після його висівання. Із паразитарних грибів найбільш поширені гриби з родів *Fusarium*, *Verticillium*, *Botrytis* і *Alternaria*, які викликають полягання

проростків, сходів і сіянців. Сапротрофні гриби *Penicillium*, *Aspergillus* і мукові, які часто виявляються на насінні, є причиною пліснявіння і загнивання насіння під час його зберігання і стратифікації [11, 57].

Пліснява характеризується появою на насінні міцелію та спороношення грибів різних видів. Найчастіше пліснявіння насіння викликають гриби родів *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* тощо, які входять до складу епіфітної мікрофлори. Залежно від збудника, розрізняють сіру, сіру головчасту, зелену, рожеву та чорну плісняви, що мають відповідні забарвлення міцелію та спороношення гриба. Пліснява суттєво не впливає на схожість насіння, проте свідчить про порушення режимів зберігання. Якщо вчасно не знищити джерела плісняви (сире приміщення чи вологе насіння), то на уражених органах починають розвиватися інші збудники, що призводить до подальшого руйнування плодів і насіння.

Під час розвитку іржі шишок ялини *Thekopsora radi* на лусках шишок ялини утворюється до 50–70 шт. невеличких коричневих кульок (еціїв), унаслідок чого шишки передчасно механічно розкриваються, насіння в них не утворюється. В окремі роки уражено 100 % шишок.

Під час розвитку муміфікації жолудів дуба *Stromatinia pseudotuberosa* на сім'ядолях з'являються тверді бурі плями, які пронизують сім'ядолі. З часом, особливо у разі порушення режимів зберігання жолудів, плями збільшуються, зливаються, сім'ядолі чорніють, стають муміфікованими. Поверхня ураженого жолудя стає матовою. У разі порушення режимів зберігання відбувається вторинне зараження міцелієм контактним шляхом від хворого жолудя до здорового. В окремі роки заражено 100 % жолудів.

Поширеним захворюванням плодів горіха волоського є марсоніоз *Marssonina juglandis*. Основними ознаками захворювання є плями на плодах горіха. Уражені плоди не визрівають, замість ядра всередині горіха накопичується чорна рідина; шкірочка засихає і не відпадає від плода. Уражені плоди тривалий час тримаються на дереві після опадання листя, навіть узимку.

Плямистості крилаток клена і ясена спричиняють збудники *Cylindrosporium platinoides* та *Heterosporium fraxini*

відповідно. Хвороба характеризується появою на крилатках клена та ясена, а також на гілках клена у місцях некротичних зон пікнід гриба у вигляді чорних крап, ними гриб зимує. За нормального режиму зберігання плямистості суттєво не впливають на якість насіння, але у разі порушення режимів температури, а особливо вологості, насіння може втрачати схожість. У деяких випадках збудники плямистостей можуть уражати молоді рослини, спричиняючи розвиток *плямистостей пагонів і листя* [11, 57].



Питання для самоперевірки

- 1. Надати визначення поняття моніторинг. Роль і значення фітосанітарного моніторингу в лісозахисті.*
- 2. Які методи виявлення та обліку застосовують під час фітосанітарного моніторингу?*
- 4. Сучасні методи визначення пошкодження рослин шкідливими організмами?*
- 5. Які методи застосовують для виявлення та обліку шкідливих видів комах?*
- 6. Феромонні пастки.*
- 7. Назвіть типи лісопатологічних обстежень.*
- 8. Чим відрізняються лісопатологічний і фітосанітарний моніторинг?*
- 9. Чим відрізняються симптоми від ознак пошкодження чи ураження?*
- 10. Назвіть об'єкти нагляду у захисті лісу.*
- 11. У чому полягають можливості використання феромонів комах*
- 12. Які є види прогнозів у захисті лісу?*
- 13. Які питання вирішують стратегічний, тактичний і оперативний прогнози?*
- 14. Як оцінити потенційну площу осередків шкідливих комах за матеріалами лісовпорядкування?*
- 15. Які існують типи лісопатологічних обстежень?*
- 16. Назвіть особливості фітопатологічних обстежень.*
- 17. Назвіть основних шкідників шишок.*

РОЗДІЛ 3

ОБСТЕЖЕННЯ ЛІСОВОГО РОЗСАДНИКА

Обстеження ґрунту здійснюють на паровому полі в розсаднику, а також на деяких лісових ділянках – зрубках, пустирях, культурах, що загинули. В результаті обстеження визначають можливість використання вказаних ділянок для посівного відділення розсадника і для створення лісових культур.

Інвентаризація. Кількість і якість садивного матеріалу визначають після закінчення вегетації рослин, але до опадання листя (на лісогосподарських підприємствах у вересні-жовтні). Інвентаризація передбачає уточнення загальної і продуктивної площі лісового розсадника, її розподіл за видами користування, видами деревних рослин, за віком і якістю садивного матеріалу. Її проводять відповідно до Інструкції [19]. Інвентаризацію починають з визначення довжини посівних рядків, кількість і якість садивного матеріалу визначають методом облікових рядків. За рівномірної густоти сіянців для обліку беруть 2 %, а за нерівномірної – 4% загальної довжини рядків окремо для кожних деревної рослини й віку [9].

Під час інвентаризації рядкових, стрічкових і грядкових посівів застосовують метод діагональних ходів (рис. 3.1).

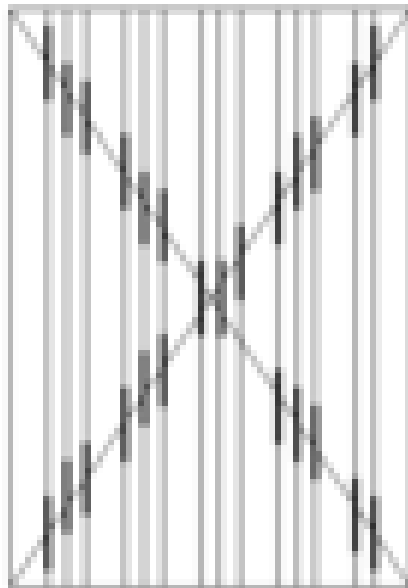


Рис. 3.1. Метод діагональних ходів [9]

Під час обстеження за методом діагональних ходів спочатку визначають загальну довжину посівних рядків і залежно від густоти вираховують загальну довжину облікового рядка (2 % або 4 %). Далі визначають довжину облікового відрізка, поділивши всю довжину на подвоєну кількість посівних рядків, і за допомогою шнура проводять діагоналі через площу посіву. За допомогою рейки вздовж кожного посівного рядка від місця перетину діагоналі і рядка відміряють довжину облікового відрізка. Проводять суцільний облік сіянців на облікових відрізках, визначаючи кількість сіянців на 1 м посівного рядка, (загальну кількість сіянців ділять на довжину облікового рядка) та кількість сіянців на 1 га. Результати обліків заносять до інвентаризаційної картки.

Кількість стандартних сіянців визначають на облікових відрізках із середньою густотою стояння сіянців. Для цього потрібно заміряти висоту кожного сіянця і віднести їх до стандартних або нестандартних відповідно до стандарту [9, 44].

Сіянці в розсаднику найчастіше пошкоджують личинки хрущів, вовчок, дротяники, ковалики, гусениці совок та інші ґрунтові шкідники. Оскільки сіянці з підгризеним корінням часто залишаються живими до серпня-вересня, під час обліку слід проводити розкопку кореневих систем на 20–30 % облікових ділянок. У розсадниках перед посівом обстежують ґрунт на зараженість збудниками хвороб. Із цією метою по діагоналі досліджуваної ділянки викопують ямки глибиною 18–20 см на відстані 5–10 м одна від одної. З вертикальної стінки беруть стерильним шпателем зразки ґрунту не менше 50 г кожен на різних глибинах через 4 см. Зразки в стерильних пакетах або боксах відправляють у лабораторію для фітопатологічного аналізу.

Обстеження ґрунту на заселення ґрунтовими шкідниками проводять у другій половині серпня або на початку вересня, коли личинки полиняли, а їхня міграція в глибинні шари ґрунту на зимівлю ще не почалася. Обстеження проводять способом ґрунтових розкопок. Викопують ями розміром 1 м² і глибиною до 5 м. На ділянці, вибраній під тимчасовий розсадник, детальне обстеження проводять із викопуванням 10 ям на 1 га. Під час підбору площ під лісові культури викопують три ями на 1 га.

Найбільш поширені шкідники коріння – личинки хрущів, капустянка, дротяники, несправжні дротяники, гусениці совок тощо (табл. 3.1, 3.2).

3.1. Фенологія вовчка, кравчика, коваликів, озимої совки (за М. М. Завадою, 2017)

	Стадії розвитку																											
Рік	IV				V				VI				VII				VIII				IX				X-III			
	вовчок звичайний <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>																											
перший					+	+	+	+																				
						•	•	•	•																			
						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
другий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
третій	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
					+	+	+	+																				
	кравчик <i>Lethrus apterus</i>																											
перший				+	+	+	+																					
					•	•	•	•																				
					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
												◇	◇	◇														
													+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
другий	+	+	+	+	+	+																						
	ковалики <i>Elateridae</i>																											
перший					+	+	+	+																				
						•	•	•	•																			
						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
другий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
третій	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
четвертий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
													◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇				
п'ятий	◇	◇	◇	◇																								
					+	+	+	+																				
	озима совка <i>Agrotis segetum</i>																											
перший						+	+	+																				
						•	•	•																				
						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
									◇	◇	◇																	
										+	+	+																
											•	•	•															
											-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
другий	-	-	-	-	-																							
			◇	◇	◇	◇																						
						+	+	+																				

Місце зимівлі – ґрунту

Умовні позначення: + (імаго); • (яйце); - (личинки першого віку); = (личинки другого віку); ≡ (личинки третього віку); ◇ (лялечка),

■ - строки нагляду

Видовий склад і фенологія найбільш небезпечних представників групи наведені в табл. 3.1, 3.2 [18].

3.2. Фенологія пластинчастовусих (за М. М. Завадою, 2017)

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
	хрущі травневі <i>Melolontha</i>																				
перший				+	+	+															
					•	•	•														
							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
другий	-	-	-	-	-	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
третій	=	=	=	=	=	=	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	
четвертий	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡												
									◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇						
																+	+	+	+	+	
п'ятий	+	+	+	+	+	+															
	хрущ мармуровий <i>Polyphylla fullo</i>																				
перший									+	+	+	+									
									•	•	•	•									
									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
другий	-	-	-	-	-	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
третій	=	=	=	=	=	=	=	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	
четвертий	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡												
									◇	◇	◇	◇									
									+	+	+	+									
	хрущ сірий волохатий <i>Anoxia pilosa</i>																				
перший							+	+	+	+	+	+	+								
								•	•	•	•	•	•								
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
другий	-	-	-	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
третій	=	=	=	=	◇	◇	◇	◇	◇												
четвертий	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡												
						◇	◇	◇	◇												
							+	+	+	+	+	+	+								
	хрущ червневий <i>Amphimallon solstitialis</i>																				
перший							+	+	+	+	+	+	+								
								•	•	•	•	•	•								
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
другий	-	-	-	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
третій	=	=	=	=	◇	◇	◇	◇	◇												
							+	+	+	+	+	+	+								
	металевий хрущик <i>Anomala dubia</i>																				
перший							+	+	+	+	+	+									
							•	•	•	•	•	•									
								-	-	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
другий	=	=	=	=	=	=	◇	◇	◇	◇	◇	◇									
								+	+	+	+	+	+								

Місце зимівлі – ґрунт

Умовні позначення: + (імаго); • (яйце); - (личинки першого віку); = (личинки другого віку); ≡ (личинки третього віку); ◇ (лялечка)

 - строки нагляду,  - строки обліку чисельності

Після огляду всього ґрунту у кожній обліковій ямі визначають вік личинок і записують дані за формою (додатки 5, 6, 7). У результаті проведеного обстеження визначають

абсолютну і відносну заселеність ґрунту шкідниками для встановлення ступеня загрози (табл. 3.3, 3.4) [18].

3.3. Зональні та ґрунтові особливості загрози від личинок хрущів, шт·м⁻² [18]

Ґрунти	Полісся	Лісостеп	Степ
Піщані	3	2	1
Супіщані, суглинки	4	3	2
Чорноземи	—	4	3

3.4. Критична щільність хрущів у розкопаних ямах, шт·м⁻² [18]

Вид	Вік личинок	Зони – ґрунти							
		лісова		лісова і степова			сухий степ		
		піщані		піщані		чорноземи	піщані		каштанові
		сухі	свіжі	сухі	свіжі		сухі	свіжі	
хрущі травневі західний і східний	I	8	16	3	6	10	—	—	—
	II	3	6	1	4	7	—	—	—
	III	1	2	0,5	2	3	—	—	—
хрущ мармуровий	I	—	—	2	4	—	—	—	—
	II	—	—	0,5	2	—	—	—	—
	III	—	—	0,2	0,5	—	—	—	—
хрущ волохатий	I	—	—	5	10	—	3	5	—
	II	—	—	2	7	—	1	2	—
	III	—	—	1	3	—	0,5	1	—
хрущ червневий	I	12	20	8	12	18	6	8	10
	II	5	10	4	8	10	2	4	6
	III	3	5	2	3	4	1	1,5	2
інші	I	8	12	5	8	10	4	5	6

Для обчислення підсумкової загрози пошкодження коренів за обліком окремих видів і віків личинок застосовують такі коефіцієнти: травневі хрущі і волохатий – 1, мармуровий – в 2 рази шкідливіший за попередній, червневий – 1/2 шкідливості травневого, інші – 1/3 шкідливості травневого. Однорічні личинки – 1/2, дворічні личинки – 2/3, трирічні личинки – 1,0 шкодочинності відповідно. Розрахунок шкідливості після проведення ґрунтових розкопок проводять, порівнюючи

отримані показники зі шкідливістю трирічної личинки травневих хрущів. Загроза для посівного відділення розсадника приймається за середньої заселеності 0,5 личинки третього віку травневого хруща на 1м² ґрунту [18, 44].

У разі проведення *обліків збудників хвороб* під час рекогносцирувального обстеження оглядають усю площу розсадника, оцінюють загальний його стан і видовий склад збудників хвороб на окремих деревних видах. Встановлюють також характер ураження (поодинокі, куртинні, суцільні) і відзначають місця уражень і площі осередків. Якщо за даними рекогносцирувального обстеження ураженість збудниками хвороб більша 10 %, здійснюють детальне обстеження на пробних площадках. Під час детального обстеження в уражених місцях закладають облікові ділянки розміром 1 пог.м, а на суцільних посівах – 1 м². У середньому детальне обстеження охоплює не менше 0,3 % обстежуваної площі. Розміщують пробні площадки рівномірно на ділянці, за двома його діагоналями або випадковою вибіркою з використанням таблиці випадкових чисел. У останньому варіанті кожен з двох сторін обстежуваної ділянки розбивають на 100 частин і використовують як осі координат. Вибрані пари випадкових чисел відмірюють на двох сторонах ділянки і за цими координатами вибирають місця розташування пробних площадок. На пробних (облікових) площадках підраховують рослини з розподілом на здорові, уражені, загиблі. Якщо на цій самій площі рослини уражені різними патогенами, відзначають ураження кожним збудником окремо.

Для обліку збудників хвороб розраховують розповсюдженість та інтенсивність розвитку. Розповсюдженість хвороби – це частка хворих рослин чи органів рослин, виражена у відсотках. Розрахунки проводять за формулою:

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100 \quad (3.1)$$

де: P – розповсюдженість, %

N – загальна кількість обстежених рослин, шт.

n – кількість уражених рослин на пробній площі, шт.

Інтенсивність розвитку хвороби є показником процесу розвитку хвороби та розраховується у балах за формулою:

$$R = \frac{\sum (a \cdot b)}{n} \quad (3.2)$$

де: R – інтенсивність розвитку хвороби, бал;

$\Sigma (a \cdot b)$ – сума добутків кількості рослин (органів рослин) на відповідний бал ураження

n – загальна кількість рослин (органів рослин) при обліку.

Для визначення збудників хвороб відбирають зразки (не менш 5–10 для кожної категорії ураження) і проводять фітопатологічний аналіз.

На практиці огляд розсадників часто проводять комплексний, за якого враховують пошкодження комахами та ураження патогенами. Найбільш розповсюдженими хворобами в розсаднику є: дитяча хвороба, шютте звичайне, снігове, борошниста роса, іржа листків та хвої, сосновий вертун тощо (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Схема пошкодження та ураження рослин у розсаднику різними чинниками [9]

Полягання (дитяча хвороба) сіянців. На пробних майданчиках рулеткою заміряють довжину осередків полягання,

виділяючи досходову й післясходову форми хвороби. Осередками досходового ураження є порожнечі в посівних стрічках. Післясходова форма хвороби виявляється в появі у посівних стрічках куртин всихаючих і всохлих сходів [11, 57].

Хвороби типу шютте. На пробних майданчиках здійснюють перелік сіянців із зазначенням категорії їхнього стану, а в уражених – ступеня ураженості хвої. За станом виділяють три категорії: без ознак ослаблення, всихаючі, всохлі. Ступінь ураженості хвої оцінюють за 4-бальною шкалою:

- 1 бал – уражено до 25 % хвої;
- 2 бали – уражено 26–50 % хвої,
- 3 бали – уражено 51–75 % хвої,
- 4 бали – уражено більше 75 % хвої [9].

Після обстеження розсадника в лабораторних умовах визначаються збудники хвороб, які не вдалося встановити в польових умовах. Вид патогена встановлюють за допомогою визначників і мікроскопа за плодовими тілами грибів чи наявним спороношенням на уражених органах рослин. В окремих випадках застосовують метод вологої камери для визначення збудників інфекційного полягання. Для кожної ділянки розсадника, ураженої патогеном, реєструють походження, якість насіння, спосіб обробітку ґрунту та насіння до висіву, описують агротехніку вирощування садивного матеріалу, а також час і умови виникнення осередку хвороби. При цьому зазначають, чи виявляли хворобу в попередні роки, і ефективність методів боротьби з нею. Крім того, надають загальну характеристику розсадника, ґрунту, гідрологічних умов, оточення (стіна лісу), часу закладання, розміщення посівів і посадок різних років і видів, наявність площ під паром тощо.



Питання для самоперевірки

1. Назвіть особливості обстеження лісового розсадника.

2. Назвіть основних шкідників коріння деревних рослин.

3. Як розрахувати шкідливість личинок кореневих шкідників під час проведення обстежень?

4. Наведіть формулу розрахунку розповсюдженості хвороби.

5. Наведіть формулу розрахунку інтенсивності хвороби.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИ ЛІСОПАТОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ МОЛОДНЯКІВ

Обстеження лісових культур розподіляють на рекогносцирувальне й детальне. Рекогносцирувальне обстеження здійснюють за маршрутними ходами в межах таксаційного виділу з використанням доріг, просік, візирів. В натурі ходові лінії ніяк не позначають. Відстань між ними становить 250 м. Ходові лінії доцільно планувати впоперек куліс. У тих кварталах, де насадження значно відрізняються за віком і складом, застосовують ділянковий метод рекогносцирувального обстеження, призначаючи по одній ходовій лінії у кожній великій ділянці. При цьому окомірно оцінюють розповсюдженість збудників хвороб і шкідників, а також ступінь їхнього розвитку [9, 26-28, 44].

На підставі даних рекогносцирувального обстеження складають таблиці, які характеризують стан насаджень і культур, причини їхнього ослаблення та всихання, а також зведені відомості осередків комах-фітофагів і збудників хвороб. На підставі цих даних роблять висновок про основні причини ослаблення та всихання насаджень, а також підраховують об'єм сухоостою загалом за обстеженою площею і окремо в середньому на 1 га для насаджень I, II, III класів біологічної стійкості насаджень різних складу, віку та залежно від ступеня рекреаційного навантаження.

За даними рекогносцирувального обстеження складають схематичний план обстежених кварталів із зазначенням осередків комах-фітофагів і збудників хвороб, ділянок насаджень із порушеною стійкістю, ослаблених і незадовільних за станом культур. На схемі вказують також маршрутні ходи і ділянки, де намічено проведення лісозахисних заходів.

Дані рекогносцирувального обстеження використовують надалі під час визначення місць детального обстеження і складання плану лісозахисних заходів.

Під час детального обстеження закладають пробні площі, на яких обліковують збудників хвороб і шкідників. В осередках стовбурових шкідників закладають пробні площі, на яких проводять перелік дерев і облік комах-ксилофагів. Пробні площі

закладають також у молодих культурах для визначення пошкодженості їх личинками хрущів, великим сосновим довгоносиком тощо [18, 44, 47].

Стан лісових культур віком до 20 років оцінюють за категоріями стану (табл. 4.1).

4.1. Оцінка фізіологічного стану молодих культур сосни звичайної [47]

Показники	Насадження за станом			
	1 нормальне	2 задовільне	3 ослаблене	4 незадовільне
Характеристика осередків усихання	поодинокі	до 10 %	10–40 %	40 %
Кількість ослаблених і суховершинних дерев	до 10 %	до 20 %	понад 20 %	
Наявність шкідників і збудників хвороб	відсутні або поодинокі	пошкоджено або уражено 20 % дерев	масове поширення (високу щільність) комах-фітофагів та збудників хвороб	

Для оцінювання стану рослин (рис. 4.1) використовують наступну шкалу:

- 0 бал – здорові (без ознак ураження (пошкодження));
- 1 бал – слабе ураження (пошкодження), уражено (пошкоджено) до 10 % крони або поверхні рослини;
- 2 бал – середнє ураження (пошкодження), уражено (пошкоджено) до 25 % крони або поверхні рослини;
- 3 бал – сильне ураження (пошкодження), уражено (пошкоджено) до 50 % крони або поверхні рослини;
- 4 бал – дуже сильне ураження (пошкодження), уражено (пошкоджено) понад 50 % крони або поверхні рослини;
- 5 бал – рослина відмирає або загинула.

Детальний нагляд здійснюють у разі виявлення всихання, пошкодження пагонів, пожовтіння хвої. Для цього закладають пробні площі такої величини, щоб на кожній було не менше 200 дерев. На кожні 100 га молодняків закладають від двох до п'яти пробних проб. На пробних площах проводять облік дерев за

такими категоріями: здорові, ослаблені, пошкоджені комахами-фітофагами і уражені збудниками хвороб, всихаючі [9, 28].

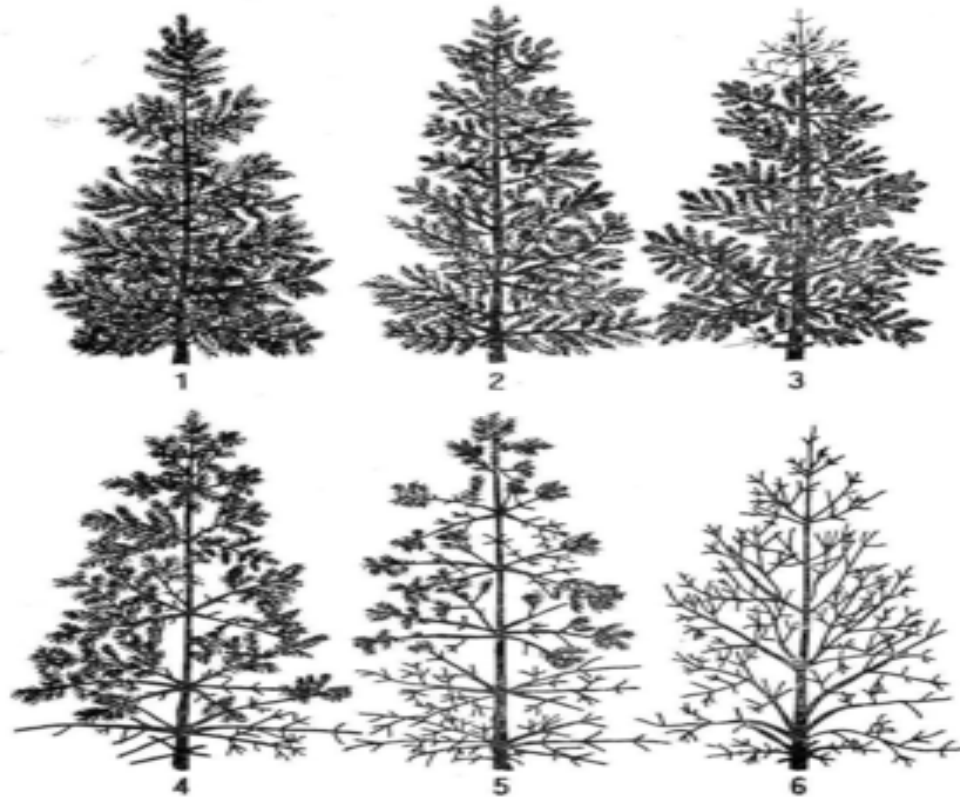


Рис. 4.1. Категорії стану молодих культур (на прикладі хвойних): 1 – без ознак ослаблення; 2 – ослаблені, з укороченим приростом, укороченою хвоєю або іншими ознаками ослаблення; 3 – суховершинні; 4 – всихаючі, без приросту хвоя жовтіє і осипається; 5 – всохлі у поточному році; 6 – всохлі у минулому році

Методи обліку хвороб хвої та листя лісових деревних рослин. Рухаючись за ходовими лініями візуально визначають ступінь пошкодження листя або хвої за такою шкалою (табл. 4.2).

Крім пошкоджень листя та хвої на присутність у лісі комах-фітофагів вказують павутина на гілках і стовбурах, кладки яєць на стовбурах і в кроні, літ метеликів, наявність лялечок або екзувіїв (шкірок) у тріщинах кори, в кронах або в підстилці, наявність під деревами екскрементів гусениць і личинок тощо.

Ураження листків та хвої різними збудниками хвороб мають різні ознаки. Тому, для визначення ураження використовують відповідні для кожного збудника шкали [9, 57].

4.2. Шкала оцінювання ступеня пошкодження листя або хвої

1.	Пошкоджень немає або вони поодинокі
2.	Слабкий ступінь – пошкоджено до 25 % листя (хвої);
3.	Середній – пошкоджено від 26 % до 50 % листя (хвої);
4.	Сильний – пошкоджено від 51 % до 75 % листя (хвої);
5.	Суцільне об'їдання – пошкоджено більше 75 % листя (хвої).

Ураження хвої та листків *іржастими грибами* визначають за такою шкалою в балах:

1 бал – ураження відсутнє;

3 бали – слабе ураження, до 20 % поверхні листя або хвої;

5 балів – середнє ураження, уражено 21–50 % поверхні листя або хвої;

7 балів – значне ураження, уражено понад 50 % поверхні листя або хвої, помітне масове відмирання.

Також можна оцінювати ступінь ураження листя за шкалою Маннерса, наведеною на рисунку 4.2.

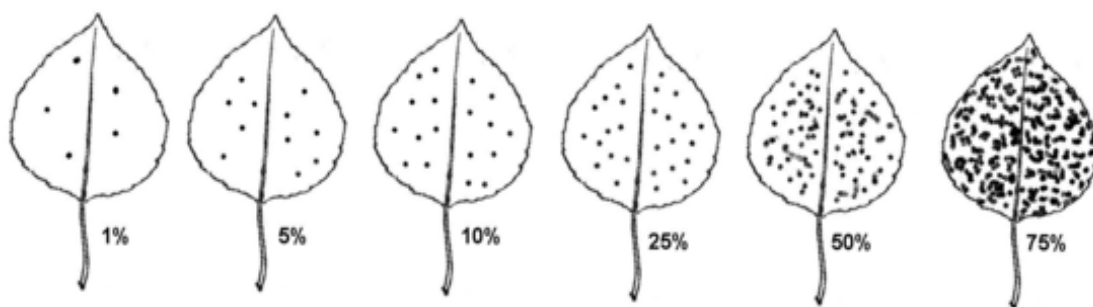


Рис. 4.2. Ступінь ураження іржастими грибами (шкала Маннерса) [9]

Ураження листя рослин збудниками *борошистої роси* та інших локальних хвороб (*плямистостей*) оцінюють окомірно, враховуючи фактично зайняту міцелієм поверхню листя за шкалою:

0 – відсутність симптомів хвороби;

1 бал – наліт або плямистість займає до 5% поверхні листка;

2 бали – наліт або плямистість займає до 10 % поверхні;

3 бали – наліт або плямистість займає до 25 % поверхні;

- 4 бали – наліт або плямистість займає до 40 % поверхні;
- 5 балів – наліт або плямистість займає до 65 % поверхні;
- 6 балів – наліт або плямистість займає понад 65 % поверхні.

Також можна визначати ступінь ураження листя за шкалою Е.Е. Гешеле (рис. 4.3).

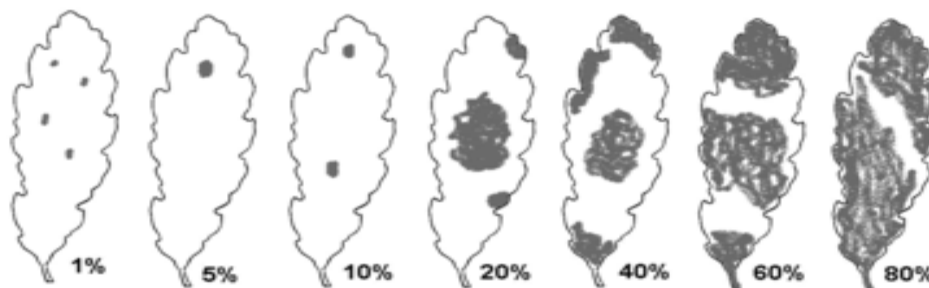


Рис. 4.3. Ступінь ураження листя збудниками борошнистої роси та плямистостей (шкала Е.Е. Гешеле) [9]

Для встановлення балу ураження рослин *борошнистою росою* та *плямистостями* використовують також таку шкалу:

- 1 бал – ураження відсутнє;
- 3 бали – слабке ураження, уражені поодинокі верхівки та листки переважно на пагонах поточного року;
- 5 балів – середнє ураження, уражено до 50 % листків поточного року;
- 7 – значне ураження, листя повністю уражене на пагонах поточного року, всихає та опадає, масове ураження нездерев'янілих пагонів.

Під час вивчення розповсюдження збудників *плямистостей*, *іржастих*, *борошнисторосяних грибів*, *хвороб типу “шютте”* використовують шкалу для оцінювання стану насадження:

- 0 бал – здорові;
- 1 бал – уражено менше 10 % рослин (слабке ураження);
- 2 бал – уражено 11–25 % рослин (середнє);
- 3 бал – уражено до 50 % рослин (сильне);
- 4 бал – понад 50 % рослин (дуже сильне);
- 5 бал – відмираючі або відмерлі рослини.

Методи обліку корневих гнилей і комах-ксилофагів молодняків. Опеньок осінній *Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl.) за способом живлення є факультативним паразитом. Найбільшої шкоди *Armillariella mellea* завдає хвойним деревним видам –

сосні, ялині, модрині, менше ялиці та дугласії. Стійкішими є листяні породи, але й серед них опеньок заселяє ослаблені екземпляри дуба, граба, клена, берези, осики, тополі.

Типовими симптомами ураження опеньком є зниження приросту, затримка початку вегетації рослини та в'янення. Хвоя стає блідо-зеленою, поступово жовтіє, буріє та опадає. Молоді деревні рослини відмирають протягом одного-двох вегетаційних періодів, а в старших насадженнях – протягом 5–10 років. Симптомом хвороби може бути смолотеча в нижній частині стовбура, наявність ризоморф і міцелію під корою кореневої шийки та коренів, налипання на коренях ґрунту та зцементованої живиці, яка витікає із смоляних ходів [11, 57]. Уражені рослини відмирають протягом вегетаційного періоду, у випадку відмирання навесні пагони в'януть і згинаються, хвоя стає блідо-зеленою, буріє, а у разі ураження влітку відмирають молоді бруньки, хвоя стає блідо-зеленою, а пагони не згинаються. Навколо уражених коренів у ґрунті помітні ризоморфи, а у відмерлих рослин вони піднімаються під корою вгору по стовбуру (рис. 4.4).

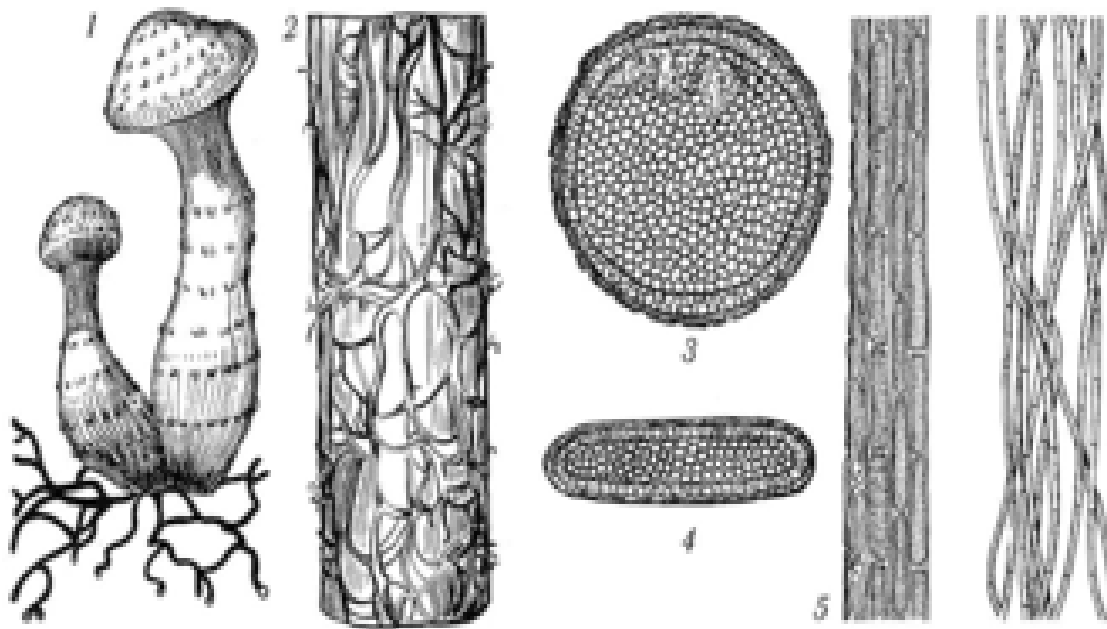


Рис. 4.4. Ризоморфи опенька осіннього [57]: 1 – округлі ризоморфи і плодові тіла; 2 – плоскі ризоморфи; 3 – поперечний розріз через округлі ризоморфи; 4 – поперечний розріз через плоскі ризоморфи; 5 – поздовжній розріз через сегмент ризоморфи

Також ознакою ураження є утворення плодових тіл опенька, які з'являються масово восени біля відмираючих дерев, на пенях і часто на відмерлих стовбурах, виростаючи на висоті 2–3 м, а іноді й вище. Ураження опеньком спричиняє білу корозійну гниль коріння та окоренкової частини стовбура. Корені при цьому згнивають повністю, а на стовбурі формується біла периферійна гниль із чорними лініями (мармурова гниль).

У соснових лісах опеньок завдає шкоди молодим культурам віком від 3 до 12–15 років, створеним на лісосіках, де збереглися пні листяних деревних видів (найчастіше дуба), зустрічається і в насадженнях старшого віку. Період від часу ураження до відмирання в молодих незімкнених культурах (до 5–7 років) дуже короткий – лише декілька місяців, а в насадженнях старого віку може тривати 2–3 роки [57]. Ураження насаджень має куртинний характер. Характерним є те, що куртини утворюються біля старих пнів листяних і хвойних рослин. Вони є резерватом інфекції, оскільки накопичують велику кількість міцеліальних плівок, плодових тіл гриба і ризоморф. Ризоморфами гриб розповсюджується в ґрунті й уражує найближчі дерева сосни звичайної, викликаючи їх відмирання.

На рисунку 4.5 наведено схему розташування осередків ураження опеньком.

Рослини, уражені опеньком, заселяють малий *Pissodes notatus* F. і великий *Hylobius abietis* L. соснові довгоносики (табл. 4.3), які прискорюють відмирання дерев.

Під час дослідження насаджень, уражених опеньком, для вивчення корневих систем доцільно викопувати ґрунтові моноліти (0,5×0,5 м), розташовані на стику або периферії досліджуваних дерев. Корені та ризоморфи викопують окремими шарами на глибинах 0–10, 10–25, 25–40, 40–55, 55–70, 70–90 см відповідно до глибини залягання корневих систем. Корені сортують за видами і діаметрами, а також за групами – живі, відмерлі і ризоморфи, промивають, висушують і зважують. Характер гниття коренів, наявність ризоморф у різних типах лісу мають велике значення для встановлення інтенсивності поширення осередку і передбачення подальшого його розвитку.

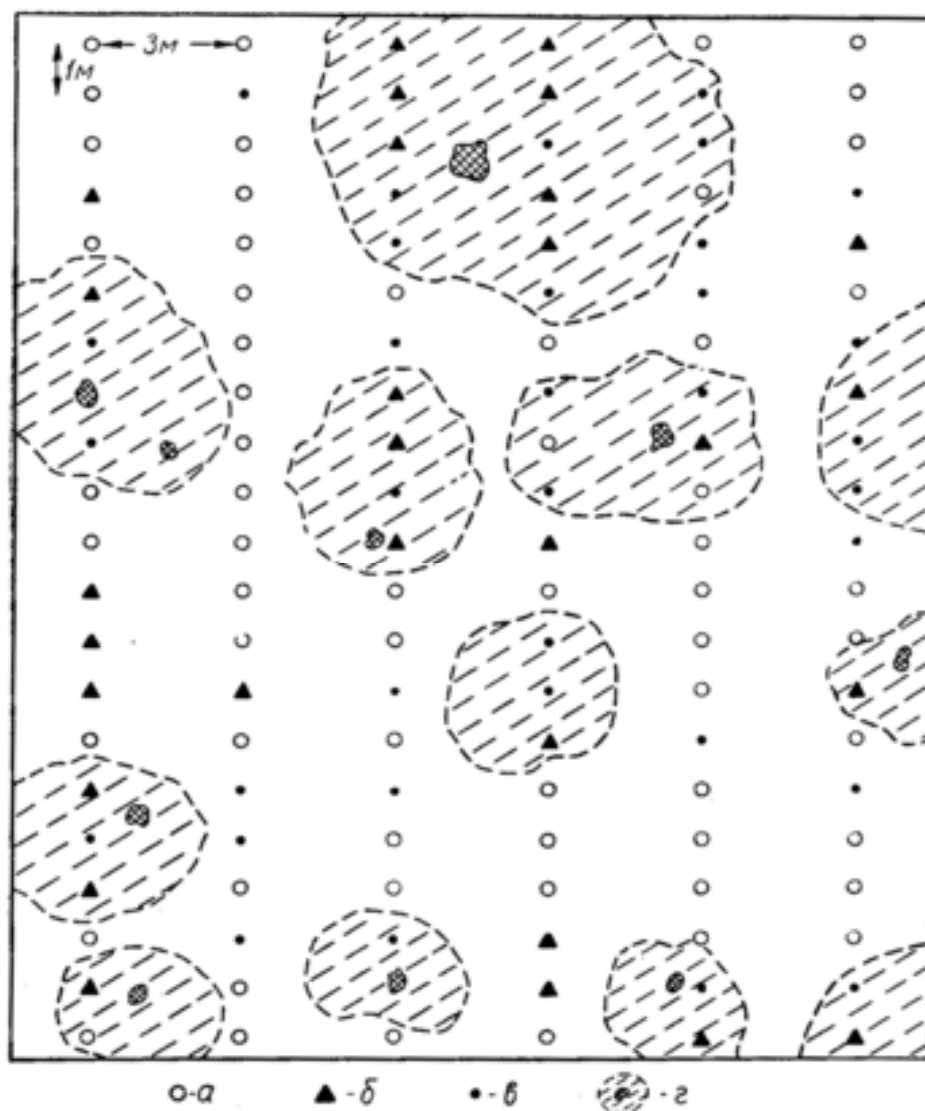


Рис. 4.5. Розташування осередків ураження [9]: *а* – живі рослини; *б* – відмерлі рослини, які уражені опеньком; *в* – порожні місця; *г* – пні та зона інтенсивного ураження

Чисельність і шкідливість *великого і малого соснових довгоносиків* під час обстеження оцінюють за пошкоджуваністю молодих деревних рослин [9, 45, 53]. При цьому стан молодих культур оцінюють за шкалою:

I – здорові або слабко пошкоджені рослини, на яких наявно до двох неглибоких погризів на пагонах;

II – слабко пошкоджені, на рослинах наявні ранки на пагонах і гілках, неглибокі окремі вигризи на стовбурцях;

III – середньо пошкоджені, на рослинах наявні ранки на пагонах і гілках, глибокі ранки на стовбурцях;

IV– сильно пошкоджені, всихаючі, всохлі, на більшості рослин глибокі ранки зливаються й окільцьовують стовбур;

V– всохлі.

За результатами суцільного переліку (не менше, ніж 200 дерев за діагоналлю ділянки) визначають середньозважену пошкодженість молодих культур.

Для обліку довгоносиків за заселеністю окорюють на зрубі 10 пеньків і кореневі лапи до глибини 30 см, підраховують кількість личинок, лялечок і імаго довгоносиків та перераховують на 1 га. Високою вважається абсолютна чисельність 10 тисяч особин на 1 га. Під час обліку *Hylobius abietis* із використанням шматків кори та жердин в облікових ямах високою вважається його чисельність 10 імаго на добу.

Облік *соснового підкорового клопа Aradus cinnamomeus* проводять шляхом аналізу модельних дерев з урахуванням сезонного розвитку шкідника (табл. 4.3).

4.3. Фенограми розвитку великого соснового довгоносика та соснового підкорового клопа (за Завадою М. М., 2017)

Рік	Стадії розвитку								Місце зимівлі
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X-III		
великий сосновий довгоносик <i>Hylobius abietis</i>									під корою
перший	+	+	+	+	+	+	+	+	
			•	•	•	•	•		
			-	-	-	-	-	-	
другий	-	-	-	-	-	-	-	-	
				◇	◇	◇	◇	◇	
					+	+	+	+	
третій	+	+	+	+	+	+	+	+	
сосновий підкоровий клоп <i>Aradus cinnamomeus</i>									в підстилці
перший	+	+	+	+	+				
			•	•	•				
			-	-	-	-	-	-	
другий	-	-	-	-	-	-	-	-	
				+	+	+	+	+	
третій	+	+	+	+	+	+	+	+	

Умовні позначення: + (імаго); • (яйце); - (личинка); ◇ (лялечка)

Підраховують личинок і імаго на найбільш заселених міжвузлях 10–15 модельних дерев, щільність клопів

перераховують на 1 дм². Слабким заселенням вважають наявність до 15 особин клопа на 1 дм найбільш заселеного міжвузля, середнім – 16–30 особин, сильним – 31–50, дуже сильним – понад 50 особин відповідно [9, 26, 28].

Категорію стану осередку визначають за критеріями:

I – виникаючий осередок: вік насаджень 5–10 років, найбільш заселене клопами міжвузля п'яте-шосте; на дереві до 30 клопів; ознаки пошкодження непомітні;

II – осередок, що розвивається: вік насаджень 8–15 років, найбільш заселені шосте-сьоме міжвузля, клопи наявні майже під кожною лусочкою кори, на одному міжвузлі їх до 150 шт., на всьому дереві до 500 шт.; ознаки ослаблення незначні;

III – діючий осередок: вік 13–20 років, найбільш заселені 7–10 міжвузля, під кожною лусочкою наявні по декілька клопів, на найбільш заселеному – декілька сотень, на дереві – декілька тисяч; дерева ослаблені, хвоя стає блідо-зеленою і опадає, приріст різко знижується, верхівки дерев всихають;

IV – згасаючий осередок: вік 20–25 років, заселеність дерев як в осередках II категорії, але свіжовсохлих дерев немає. Виявляється відновлення хвої та поодинокі всихання верхівок;

V – згаслий осередок: вік понад 25 років, заселеність дерев як в осередках I категорії. На наявність клопа вказують засохлі верхівки і смоляні напливи на стовбурах ростучих дерев.

Інші методи обліків та критерії оцінки наведені у рекомендаціях УкрНДІЛГА [26].

Стан культур в осередках соснового підкорового клопа оцінюють під час переліку 200 дерев за діагоналлю ділянки за категоріями:

I – здорові дерева – без ознак ослаблення;

II – ослаблені – крона ажурна, приріст за висотою зменшений;

III – сильно ослаблені – крона ажурна, верхівка суха, на стовбурі смоляні напливи;

IV – всихаючі та усохлі – із помітними ознаками свіжого всихання й усохлі дерева.

За результатами суцільного переліку визначають середньозважену категорію стану. Про тенденцію до поширення осередків соснового підкорового клопа свідчить поява довгокрилих самок.

Обліки пагонов'юнів. Бруньки і пагони сосни пошкоджують гусениці роду *Evetria* родини листовійок *Tortricidae* (табл. 4.4). Живлячись вмістом бруньок і тканинами ростучих пагонів молодих сосен, гусениці спричиняють викривлення пагонів, стовбурів, багатoverхівковість, знижують продуктивність і товарність насаджень [26, 28].

Рік	Стадії розвитку							Місце зимівлі
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X-III	
пагонов'юн зимуючий <i>Rhyacionia (Evetria) buoliana</i>								
перший	+ + + + • • • • - - - - - - - - - -							бруньки
другий	- - - - ◇ ◇ ◇ + + + +							
пагонов'юн літній <i>Rhyacionia (Evetria) duplana</i>								
перший	+ + + + • • • • - - - - - - - - ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇							тріщини кори
другий	◇ ◇ ◇ + + + +							
пагонов'юн серединної бруньки <i>Rhyacionia (Evetria) turionana</i>								
перший	+ + + + • • • • - - - - - - - - - -							бруньки
другий	- - ◇ ◇ ◇ + + + +							
пагонов'юн-смолівщик <i>Rhyacionia (Evetria) resinella</i>								
перший	+ + + • • • - - - - - - - - - - - -							пагони
другий	- - - ◇ ◇ + + +							

157

Стан молодих культур в осередках пагонов'юнів визначають шляхом переліку 200 дерев по діагоналі ділянки з розподілом на категорії:

I – здорові, непошкоджені рослини;

II – слабо пошкоджені – стрижневий пагін не пошкоджений, бокові пошкоджені не більш, ніж на 10 %; стовбури не викривлені;

III – середньопошкоджені – пошкоджені верхівковий і до 25 % бокових пагонів, стовбурець викривлений;

IV – сильно пошкоджені – пошкоджені центральні й понад 25 % бокових пагонів, дерево кущоподібної форми.

За результатами переліку розраховують середньозважену категорію стану насаджень пробної площі. Заходи лісозахисту в молодих культурах доцільно проводити за пошкодження пагов'юнами понад 30 % рослин, при понад 10% рослин IV категорії [26, 28].

В осередках *пагонов'юна серединної бруньки* восени проводять облік пошкоджених пагонів і бруньок на верхньому кільці на 10 модельних деревах. Слід врахувати, що бруньки, ушкоджені гусеницями зимуючого пагонов'юна, відрізняються загостреними верхівками, щоб не припуститися помилки під час розрахунків, усі такі бруньки вирізають. Якщо восени виявлено 20 % пошкоджених бруньок, то на весну наступного року є загроза пошкодження більшості половини пагонів, у таких молодняках потрібно проводити винищувальні заходи.

Після проведення обліків за неможливості встановлення причин загибелі викопують 10 пошкоджених і всохлих рослин, ретельно оглядають у них надземну частину і корені. Біля кореневої шийки дерева можуть бути заселені крапковим смолюхом, корені можуть бути пошкоджені личинками хрущів, уражені опеньком або бути деформованими під час садіння.



Питання для самоперевірки

1. Як відрізняються морфологічні та біологічні особливості зимового та літнього пагонов'юнів? Які особливості заподіяних ними пошкоджень?
2. Як відрізняються морфологічні та біологічні особливості пагов'юна серединної бруньки та смолівщика? Які особливості їх пошкоджень?
3. Якими морфологічними особливостями розвитку та пошкодженнями відрізняються великий сосновий довгоносик та крапчастий смолюх?
4. Які біологічні особливості соснового підкорового клопа? В чому його особлива небезпека для лісових насаджень?
5. Які особливості має обстеження молодняків?
6. Назвіть основних шкідників молодняків.
7. Опишіть методи обліку основних шкідників молодняків.

РОЗДІЛ 5

ЛІСОПАТОЛОГІЧНІ ОБСТЕЖЕННЯ СЕРЕДНЬОВІКОВИХ, ПРИСТИГЛИХ, СТИГЛИХ І ПЕРЕСТІЙНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Рекогносцирувальне обстеження насаджень здійснюють за ходовими лініями з використанням квартальних просік, протипожежних розривів, доріг, стежок, а в окремих випадках у спеціально прокладених візирах. Маршрутні ходи розташовують через 150–500 м (під час дослідження поширення кореневої губки через 50 м) з таким розрахунком, щоб охопити всі таксаційні виділи обстежуваних насаджень.

Порядок ведення детального нагляду наведено в «Методичних вказівках з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України (2020) [26].

Під час проведення лісопатологічного моніторингу насаджень виникає необхідність оцінювання стану окремих дерев і насадження загалом. Для цього використовують такі показники, як категорія стану дерев і насаджень. *Категорія стану дерев* – балова оцінка стану дерев за комплексом візуальних ознак. Згідно з чинними «Санітарними правилами в лісах України» (2016) виділяють 6 категорій стану дерев: 1 – без ознак ослаблення, 2 – ослаблені, 3 – сильно ослаблені, 4 – всихаючі, 5 – свіжий сухостій, 6 – старий сухостій. Крім згаданих у санітарних правилах основних категорій стану дерев, виділяють додаткові: – дерева із всохлою вершиною під впливом збудників хвороб, шкідників, посухи, промислового забруднення або інших несприятливих факторів середовища. Залежно від протяжності всохлої вершинної частини дерев можуть належати до 1-4-ї категорій стану; вітровальні дерева, повалені під дією вітру на землю з частково або повністю вирваною з ґрунту кореневою системою, міцність якої втрачена внаслідок розвитку гнилі або через несприятливі ґрунтово-кліматичні умови; буреломнісні дерева, зламані під дією вітру або іншого дерева, яке впало; сніговал і сніголам – дерева молоді високі і тонкостовбурові, зігнуті або зламані під вагою рясного снігопаду. Шкалу категорій стану дерев наведено в таблиці 5.1.

5.1. Категорії стану дерев та їхні ознаки [42]

Категорія стану дерев	Ознаки стану дерев	
	кабінки	листяні
I – без ознак ослаблення	крона густа, лист (листя) великого розміру, приріст вертикального росту нормального розміру для даного виду, лист, стовпець, гілки мають простани, стовбур і кореневі ланки не мають ознак ослаблення	
II – ослаблені	крона середньої густоти, лист середній, приріст у висоту помітний не більше ніж на 1/3 нормального; величини кошикування коріння, ланки або стовбурів, рани і напори до 1/4 периметра стовбура; об'їдання листів у кошиках, середньовисокі і пристаткові кошикування до 30%, у стовпці і перестійках – до 20%	крона середньої густоти, лист середній, приріст помітний не більше ніж на 1/2 нормального; величини кошикування коріння, ланки або стовбурів, кошикувані відносно гілок; рани утворення або напори до 1/4 периметра стовбура, великі стовбур до 30 градусів від вертикальної осі; борошниста роса на листі до 75%, некрозівки, об'їдання листів до 20%
III – сильно ослаблені	крона ажурна, лист середній, гілочки більше ніж на 1/3 нормального довжини; приріст помітний більше ніж у два рази від нормального; величини кошикування стовбурів, гілок у середній частині крони, частини кулі дерева, величини кошикування коріння, ланки або стовбурів від 1/3 до 1/2 периметра; рани утворення до 1/3 периметра; великі стовбур до 30 градусів від вертикальної осі, ланки коріння не більше ніж 1/3 величі крони, об'їдання гілок до стовпця відношення кабінки не менше ніж 1/4 периметра; рани і напори 30-50% периметра стовбура; об'їдання листів кошикування 30-50% у кошикуванні, середньовисокі і пристаткові кошикування та до 70% – у стовпці і перестійках	крона ажурна, лист дрібний, велико-листяний, приріст помітний або відсутній; кошикувані кулі частини гілок в різних частинях крони; рани утворення, величини кошикування стовбурів або коріння ланки до 1/2 периметра; великі стовбурів 30-30 градусів від вертикальної осі; ланки коріння не більше ніж 1/3 частини величі крони; частини відносно гілок і кулі дерева; частини листів борошниста роса 75-100%, кошикування на гілках і стовбурі; об'їдання листів до 50% у кошикуванні, середньовисокі і пристаткові кошикування та до 70% – у стовпці і перестійках

IV – всесвітній	крона дуже густа, лист світло-зелений або світло-жовто- зелений, прорості відсутні; всесвітній більше повільно розвивається, ніж на всіх інших кронах; всесвітній наколюватиме коріннявисті, лист або стовбур більше ніж на 2/3 периметра, якщо утворення більше ніж на 2/3 периметра стовбура, якщо листя на стовбурі, до нижньої частини крони або обидві верхівки крони (у відвертій кроні) більше ніж 1/3 периметра, якщо вершина більше ніж 1/3 довжини крони або облінування 100 % крони гілки; дерева і кущові піддані, дерева або кущові створюються відвертими і довжина відвертіння кони; дефіліція у всесвітній і середньовисхідній наколюватиме – понад 50 %, у преступній, світлій і перестійній – понад 70 %; понад 50 % крони повільно розвивається; дерева і відвертими коріннявисті, якщо нижньої та середньої частини стовбура понад 30 градусів від вертикальної осі, а також і дерева і кущові створюються	крона дуже густа, прорості відсутні, лист дуже густий, листя, якщо або крона більше ніж на 2/3 крони, всесвітній наколюватиме стовбур або коріннявисті, якщо утворення більше ніж на 2/3 периметра, і до верхівки крони дуба на тільки, на яка повільно 100 відвертій периметра стовбура, якщо стовбур більше ніж 30 градусів від вертикальної осі, якщо більше 2/3 верхівки частини крони, якщо повільно створюються відвертими, якщо або відвертій відвертій нижньої, якщо так демонструються крони або дуба на стовбурі, понад 50 % крони повільно розвивається; дерева і відвертими коріннявисті системно, якщо нижньої та середньої частини стовбура понад 30 градусів від вертикальної осі, а також і дерева і кущові створюються
V – світлий світлий	листя рідка, частково опадання листя, дерева повільно або відвертими створюються відвертими; дерева і кущові стовбури	листя повільно або відвертій; дерева повільно або відвертими створюються відвертими; дерева і кущові створюються
VI – старий світлий	листя, лист і гілка дерева і протилежні відвертій; опадання листя, від повільно крони і гілки дерева і кущові, гілка	

Категорії стану дерев оцінюють під час моніторингу стану насаджень на пробних площах різного типу. При цьому вимірюють діаметр на висоті грудей (1,3 м) кожного дерева і реєструють пошкодження комахами, ураженість хворобами та іншими природними та антропогенними чинниками (наприклад: пожежею, вирубуванням, падінням інших дерев, техногенними або дорожньо-транспортними забрудненнями і ін.). Застосування шкали категорій стану в практиці лісозахисну є основою формування системи лісопатологічного моніторингу всього лісового фонду України.

На пробних площах визначають стан насаджень, особливості ураження або пошкодження дерев, враховують щільність популяції шкідників, розповсюдження і розвиток хвороб.

Стан насаджень оцінюють також за класами біологічної стійкості за комплексом показників, якими є розмір поточного і загального відпаду (усихання), характер відпаду, пошкодженість деревостану комахами, ураженість хворобами й іншими чинниками несприятливої дії, стан лісового середовища тощо.

Клас біологічної стійкості (життєздатності) визначають для насаджень головних лісоутворювальних видів, починаючи з III класу віку і старших.

Кожне насадження належить до одного з трьох класів стійкості: I – стійкі (здорові); II – з порушеною стійкістю; III – такі, що втратили стійкість.

Розподіл на вказані класи дає змогу отримати найповнішу оцінку лісопатологічного стану насаджень, поглибити диференційований підхід до вивчення їхнього санітарного стану і найбільш раціонально планувати заходи.

До I класу (біологічно стійких) належать насадження, в яких поточний відпад не перевищує нормального для цих віку й лісорослинних і умов. Здорові насадження зазвичай мають також нормальний для цього класу бонітету приріст і рівномірну повноту. Пошкодженість дерев комахами і хворобами незначна або відсутня.

До II класу (з порушеною стійкістю) належать насадження, де розмір усихання, зокрема поточний відпад, у декілька разів перевищує нормальний для даних віку і типу лісорослинних умов. При цьому середній діаметр сухостою близький або вищий від середнього діаметра насадження. Для таких деревостанів

часто характерні групове або куртинне усихання, сповільнений приріст і зміна забарвлення хвої та листя частини дерев, нерівномірна повнота, утворення прогалин і вікон. Стійкість може порушуватися під впливом шкідників і хвороб, стихійних лих та інших несприятливих чинників.

До III класу (насадження, які втратили стійкість) належать насадження, у складі яких усохла або всихає значна частина дерев виду, що переважає, а після їхнього вибирання може утворитися рідина.

Під час оцінювання санітарного стану насаджень враховують сухостій, вітровал, бурелом, невивезену деревину із зазначенням зайнятої ними площі (у га) і маси (у м³). Запас сухостійних дерев розраховують у м³ на 1 га або у відсотках від загальної кількості дерев із зазначенням часу утворення сухостою (свіжий, старий) і його стану (незаселений або заселений стовбуровими шкідниками, уражений гнилями тощо).

Зазначають особливості розміщення сухостою і пошкоджених дерев, а саме:

- поодинокі розміщення – уражені хворобами (заселені комахами-фітофагами) та сухостійні дерева трапляються поодинокі;

- групове розміщення – уражені хворобами (заселені комахами-фітофагами) та сухостійні дерева трапляються невеликими групами до 10 дерев;

- куртинне розміщення – усихання або пошкодження дерев куртинами різної величини на площі до 0,25 га;

- суцільне – усихання дерев, ураженість хворобами, заселеність комахами-фітофагами суцільно на ділянках площею понад 0,25 га.

Слід встановити за можливістю причини ослаблення та всихання дерев (кореневі гнилі, хвое-листогризні комахи, пожежа, випасання худоби, заболочування, рекреаційне навантаження тощо). Поширення дерев, ушкоджених цими чинниками, оцінюють у відсотках від загальної кількості дерев [9, 57]. Осередки збудників хвороб і комах-фітофагів визначають за ознаками їхнього прояву (наприклад, за наявністю плодових тіл трутовиків, виразок, пухлин тощо) з розподілом дерев на відповідні на категорії стану. Одержані значення порівнюють із табличними (табл. 5.2).

5.2. Найнебезпечніші для деревних рослин чинники

Тип пошкодження (ураження)	Пошкодження (відмирання), %	
	листяні	хвойні
Окільцювання стовбура гниллю, раковими виразками або механічними пошкодженнями	85	70
Пошкодження кори, камбію і деревини стовбура шкідниками (розвинені маточні і личинкові ходи короїдів, личинок вусачів, рогахвостів, гусениць червиць і склівок)	85	60
Відмирання коренів (гниль, комахи, механічні пошкодження)	85	70
Всихання верхівок, сучків, гілок і листків	90	80
Дуплистість стовбурів (гнилі, випалювання тощо), у разі, якщо пошкодження чи руйнування складає від діаметра стовбура не менше	90	80

Усі виявлені під час рекогносцирувального обстеження ділянки із зараженістю (заселенням) понад 10 % дерев за одним типом хвороби (шкідника) позначають як осередки. У них проводять детальне обстеження із закладанням пробних площ розміром 0,25 га з розрахунку наявності не менше 200 дерев головного деревного виду на пробі. Кількість пробних площ встановлюють із таким розрахунком, щоб вони охопили 2–5 % площі осередків. Розміщують пробні площі, охоплюючи всі існуючі осередки в насадженнях, різних за віком, складом, повнотою, типом лісу, схемами змішування, походженням (природні або штучні), експозицією, крутизною схилу, ступенем рекреаційного навантаження тощо. Опис пробних площ заносять у зведені форми (див. додатки 11, 14, 21, 23, 24). На кожній пробній площі зрізають 3–5 модельних дерев із різними ступенями розвитку хвороби і вивчають інтенсивність і характер розповсюдження, вплив збудників хвороб на приріст дерева за висотою й діаметром. Під час обстеження ракових виразок виконують зовнішній обмір і визначають місця розташування ран. Заміри заносять у відомість модельного дерева (додаток 12), а за результатами вимірів аналізують протяжність гнилі, ракових пошкоджень чи пухлин у стовбурі [57].

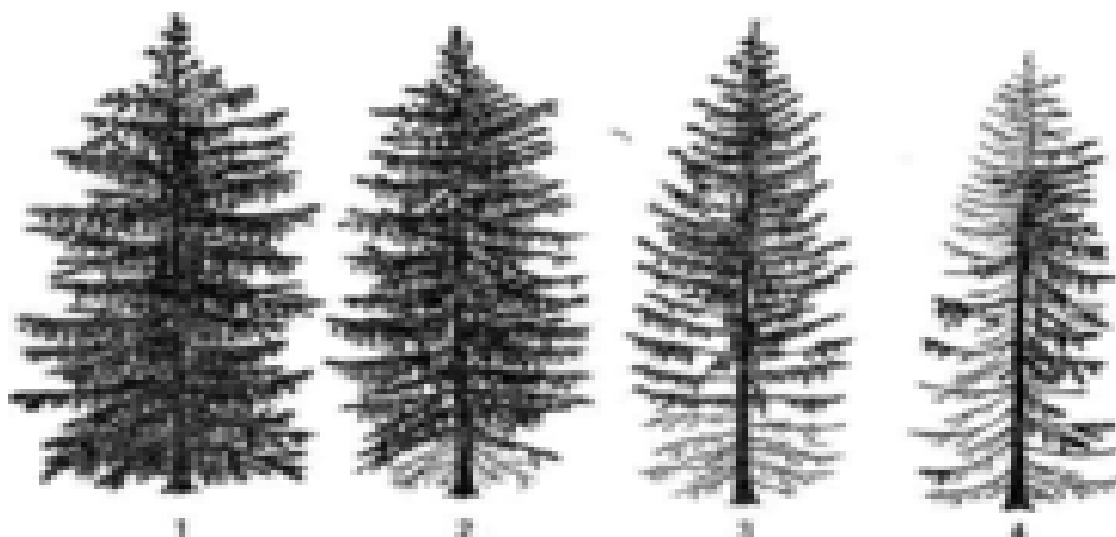


Рис. 5.1. Категорії стану дерев ялини: 1 – без ознак ослаблення; 2 – ослаблене; 3 – сильно ослаблене; 4 – усихаюче

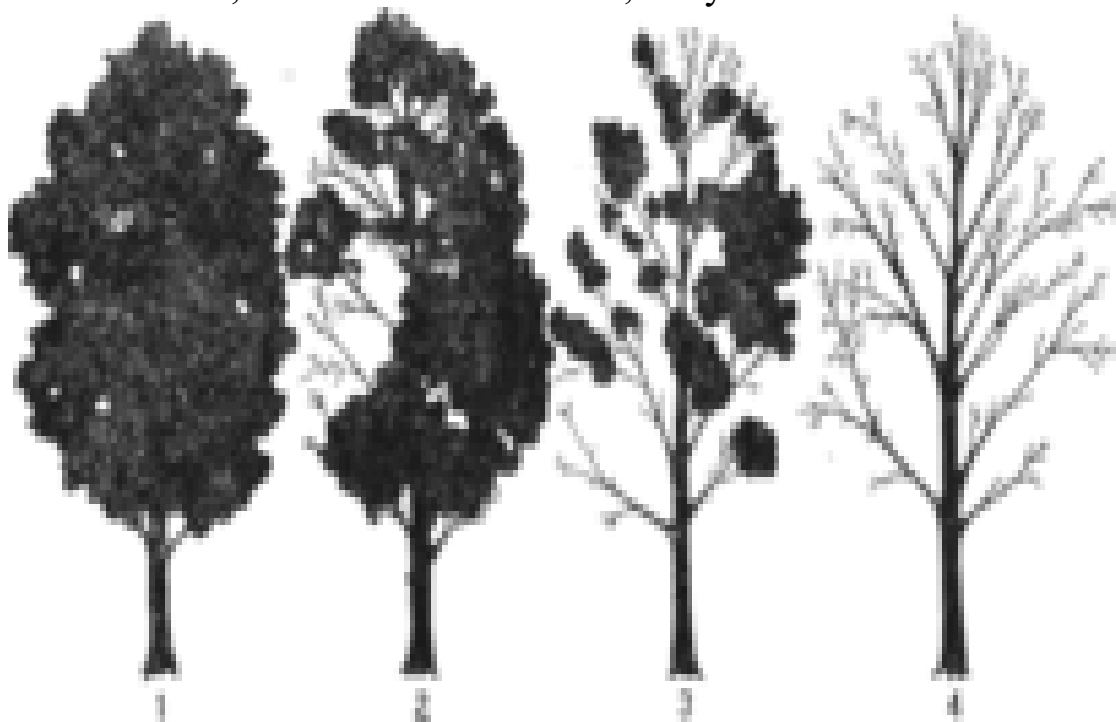


Рис. 5.2. Ступінь дефоліації у листяних: 1 – 0; 2 – до 25 %; 3 – до 50 %; 4 – повна дефоліація

Загальну оцінку ураження надають за часткою хворих дерев у насадженні або в якійсь його частини. Слабким вважається ураження, коли хворих дерев менше 10 %, середнім – 10–25 і сильним – понад 25 %.

Стан деревостану оцінюють за санітарним станом дерев і за показниками відпаду. Санітарний стан кожного дерева оцінюють

на пробних площах згідно із чинними Санітарними правилами [42]. Поділ дерев за категоріями, а також принцип добору і спосіб аналізу модельних дерев залежать від специфіки патогенів. Найчастіше в середньовікових насадженнях поширені судинні та ракові хвороби й кореневі гнилі, а у пристиглих, стиглих і перестійних – стовбурові гнилі. Хвороби листя і хвої у цих вікових категоріях насаджень досліджують як виняток за умови їхнього масового розповсюдження.

5.1. Обстеження в осередках збудників хвороб

Кореневі й окоренкові гнилі виявляються на більшості деревних рослин і спричиняють загнивання кореневої системи й окоренкової частини стовбура. Внаслідок ураження коренів порушується надходження води і поживних речовин до надземних органів, змінюються процеси метаболізму, ослаблюються ростові процеси, знижується стійкість до стовбурових шкідників. У разі сильного ураження дерева відмирають. Розповсюдження корневих і окоренкових гнилей у насадженнях має осередковий характер і виявляється груповим відмиранням дерев. Міцелій збудників корневих гнилей розповсюджується в коренях і лісовій підстилці та спричиняє ураження коренів сусідніх ослаблених дерев. За інтенсивного розвитку гниль із коренів дерев може переходити в стовбур і уражати окоренкову частину, призводячи до значних втрат ділової деревини [57].

Коренева губка Heterobasidion annosum уражає різні хвойні деревні види: сосну, ялину, ялицю. Розвиток гнилі відрізняється, найчастіше коренева губка уражує чисті соснові культури, створені на нелісових ґрунтах, природні насадження мають більшу стійкість до патогена. У коренях уражених екземплярів формується мішана ядрово-заболонна гниль. У початковій стадії ураження деревина набуває червонуватого забарвлення зі специфічним скипидарним запахом і інтенсивно просочується смолою. У міру розвитку гнилі деревина стає рівномірно жовтого кольору без ознак засмоленості. В останній стадії гниття уражена деревина стає ситовою (волокнистою, трухлявою). У сосни гниль розвивається в корінні і проникає в стовбур не більш ніж на 20 см, у ялини може підніматися по стовбуру на висоту до 15 м [57].

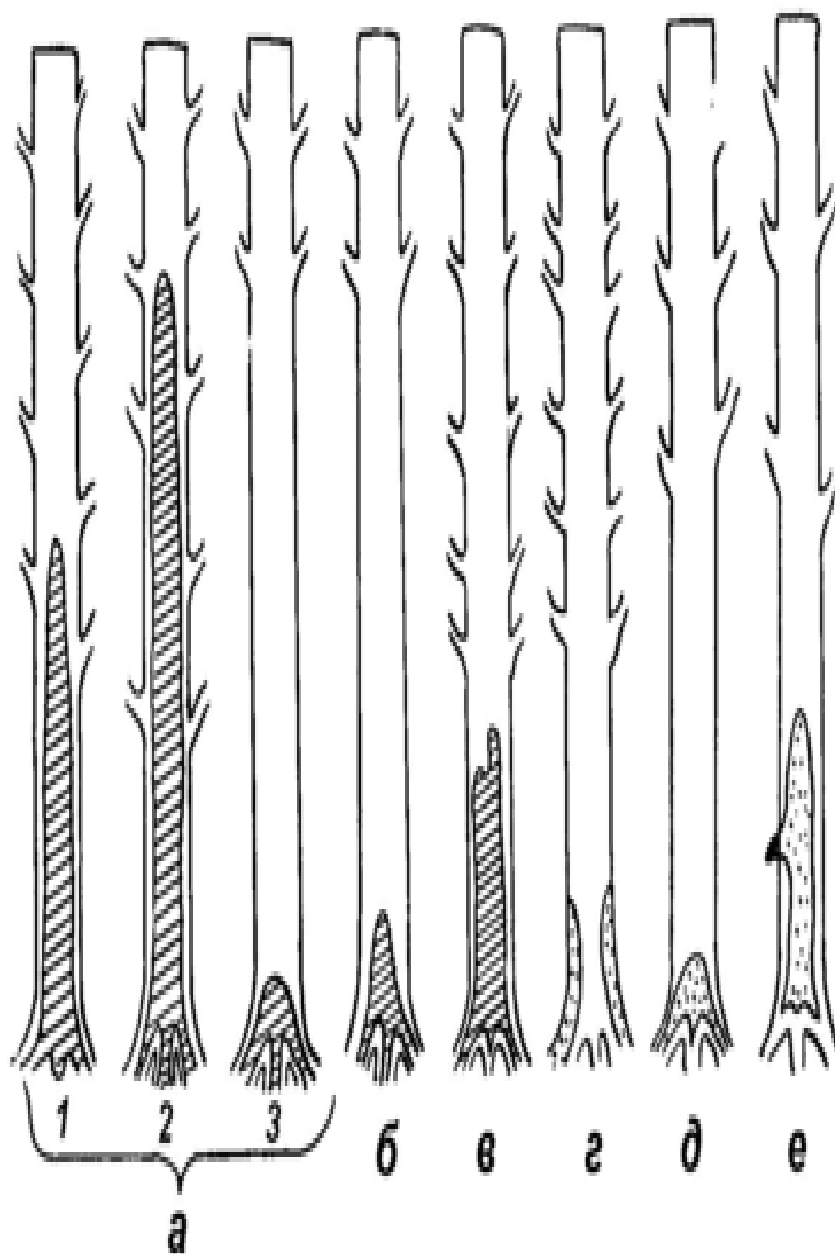


Рис. 5.3. Кореневі гнилі хвойних і листяних деревних рослин:
а – *Heterobasidion annosum*: 1 – ялини, 2 – ялиці, 3 – сосни; *б* – *Phaeolus schweinitzii*; *в* – *Phellinus pini* var. *abietis*; *г* – *Armillariella mellea*; *д* – *Polyporus dryadeus*; *е* – *Polyporus squamosus*

Розповсюдження ядрово-заболонної гнилі в коренях призводить до їхнього відмирання та швидкого ослаблення дерев, які мають вкорочені пагони, ажурну крону, бліду матову хвою.

На кореневій шийці і в порожнинах під корінням формуються плодові тіла (базидіоми).

У хвойних насадженнях поширення осередків коренових гнилей і зокрема кореневої губки відбувається під час контакту коренів уражених і здорових дерев, унаслідок чого утворюються групи або куртини всохлих дерев. У соснових насадженнях поширення кореневої губки має куртинний характер із утворенням локальних осередків. Визначають ступінь розвитку хвороби в насадженнях: слабкий, середній і сильний (табл. 5.3).

5.3. Ступінь розвитку кореневої губки

Ступінь розвитку хвороби	Розмір і характер усихання деревостану, %	Кількість прогалін або куртин сухостою, шт.·га ⁻¹
слабкий	10 %	не більше 1–2 куртин
середній	10–20 % (куртинами)	до 4 куртин
сильний	20 % (куртинами і групами)	4 і більше куртини

Для насаджень різного віку ступінь ураження визначають за шкалою (таблиця 5.4) [9].

5.4. Ступінь ураження насаджень різного віку

Ступінь ураження насаджень	Площа осередків, % до площі виділу		
	до 20 років	21–50 років	понад 50 років
слабкий	до 5	до 10	до 15
середній	6–15	11–25	16–34
сильний	16 і більше	26 і більше	35 і більше

Насадження з ураженням понад 10 % за площі понад 0,1 га позначають на плані як осередок хвороби, причому осередком хвороби є весь виділ і його наносять на лісопатологічну карту.

Якщо в насадженнях виявляють ознаки ураження сосни і ялини кореневою губкою (групове всихання дерев із наявністю характерних ознак ураження, вітровал, прогалини із сухостійними й ослабленими деревами, плодові тіла гриба на корінні або біля кореневої шийки дерев і підросту тощо), такі ділянки позначають як осередки кореневої губки. У центрі осередку формуються куртини сухостою, а після його відпаду – прогалини,

на яких розростаються листяні види, чагарники і злаки, а на периферії цих прогалин розташовуються уражені дерева з різним ступенем ослаблення. Залежно від динаміки всихання і ступеня ураження розрізняють категорії локальних осередків (табл. 5.5).

5.5. Характеристика локальних осередків [9, 30]

Категорія осередку	Ознаки ураження
виникаючий	куртинне ураження з наявністю на площі 5–10 % ослаблених, всихаючих і всохлих дерев
діючий	на площі прогресує всихання, інтенсивно накопичується сухостій, наявні прогалини діаметром 5 м
згасаючий	сухостій поточного року відсутній або трапляється поодиноким

Під час планування термінів і об'ємів лісозахисних заходів необхідно визначати тип осередку, причому під час обстеження виділяють насадження з ознаками ураження кореневою губкою без ослаблення та всихання дерев. За даними рекогносцирувального обстеження вибирають ділянки, де виявлені ознаки коренових гнилей, наводять детальну характеристику насаджень. Для вивчення кореневої губки в динаміці зрізують модельні дерева, які відрізняються за інтенсивністю розвитку хвороби (свіжий сухостій з краю осередку, уражені на відстані 7–10 м від краю осередку та всередині насадження). На модельних деревах заміряють поточний приріст висоти за останні 10–15 років, а також проводять повний аналіз стовбура для вивчення приросту за діаметром, обсягом і поширенням гнилі. Під час дослідження коренових гнилей відзначають також приховано заражені дерева, які знаходяться на межі куртин відмирання і зовнішніх ознак ураження не мають. Для визначення динаміки хвороби доцільно провести облік пнів за останні 5 років і більш старих, відзначаючи кількість пнів із плодовими тілами.

На пробних площах, закладених для вивчення кореневої губки, проводять повне або траншейне викопування коренових систем (відмерлих, хворих і здорових екземплярів) для

встановлення їхньої архітекτονіки, глибини проникання гнилі, наявності деформацій та інших особливостей.

Еталоном є насадження, індекс санітарного стану якого становить 1,0, відтак збільшення показника свідчить про погіршення санітарного стану деревостану.

Для уточнення інтенсивності розвитку осередків встановлюють вік найбільш старого підросту світлолюбних видів, які знаходяться в центрі куртини, заміряють діаметр куртини в двох перпендикулярних напрямках. На підставі цих вимірів річна швидкість поширення хвороби в окремому осередку(V) у погонних метрах обчислюється за формулою:

$$V = \frac{e}{n+5} \quad (5.2)$$

де e – діаметр куртини, м; n – вік підросту, років;

5 – кількість років від початку виникнення осередку до появи самосіву.

Стовбурові гнилі деревних рослин та їхні збудники.

Стовбурові гнилі спричиняють базидіальні, рідше сумчасті гриби, що призводить до руйнування деревини і різкого зниження її технічних властивостей. Поширення деяких гнилей може мати характер епіфітотії.

Місця проникнення і поширення гнилі за висотою та діаметром стовбура, інтенсивність її розвитку, характер руйнування деревини характерні для кожного виду дереворуйнівного гриба. Також за макроскопічними і мікроскопічними ознаками гнилі можна визначити збудника [16].

Збудники стовбурових гнилей проникають найчастіше через механічні пошкодження, місця відпадання сухих гілок, поламани гілки і через пошкодження кори, лубу, тобто через відкриті «ворота інфекції», тому часто їх називають рановими паразитами. Дереворуйнівні гриби мають доволі великі плодові тіла (базидіоми), в яких розрізняють поверхню і гіменофор, на якому формуються базидії з базидіоспорами (рис. 5.4). Плодові тіла трутовиків різноманітні за формою і можуть бути копитоподібними, подушкоподібними, шапінкоподібними на ніжці або без ніжки, плоскими, циліндричними, тощо. Внутрішня

тканина плодових тіл зазвичай дерев'яниста, проте може бути повстистою, корковою, шкірястою, м'якistoю [57].

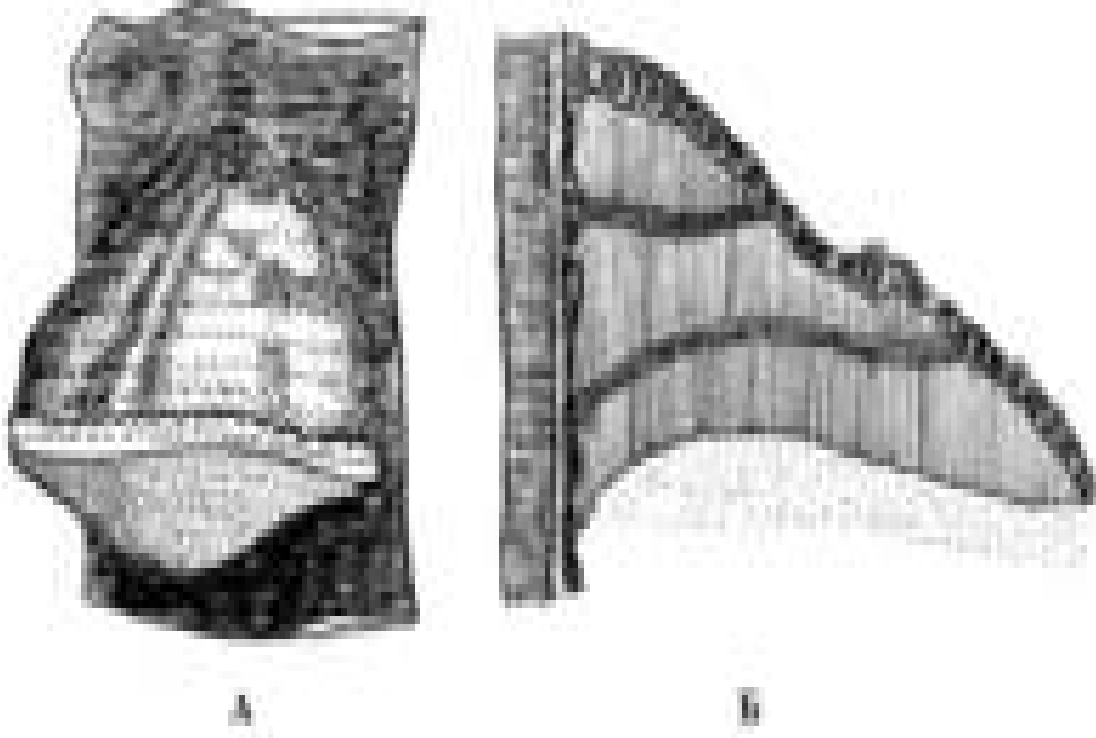


Рис. 5.4. Плодове тіло (базидіома) трутовика справжнього:
1 – загальний вигляд; 2 – трирічне плодове тіло в розрізі

Під час детального обстеження насаджень, уражених збудниками *стовбурових гнилей (дереворуйнівні гриби)*, виділяють дерева з наявними ознаками гнилі (плодові тіла, дупла) і дерева з прихованою гниллю, наявність якої виявляють методом звукової проби або за додатковими симптомами. Для визначення поширення прихованих гнилей у насажденні пробні площі закладають на ділянках, призначених у рубку, з обліками до проведення рубки дерев із явними ознаками гнилі, а після рубки дерев із розкрязовуванням стовбурів.

Поширення гнилей і вплив на вихід ділових сортиментів оцінюють на модельних деревах із відповідних категорій: із наявною та прихованою гниллю (по три модельних дерева). Їх розкрязовують на висоті 1,3 м 3–15 м до зникнення гнилі. На всіх зрізах, починаючи від пня, вимірюють діаметр дерева в корі, без кори і діаметр гнилі в початковій і кінцевій стадіях. У верхній частині стовбура, де гниль відсутня, вимірюють діаметр стовбура в корі і без кори для встановлення обсягу гнилі. Зазначають

висоту розміщення плодових тіл і за можливості встановлюють вид дереворуйнівного гриба (рис. 5.5).

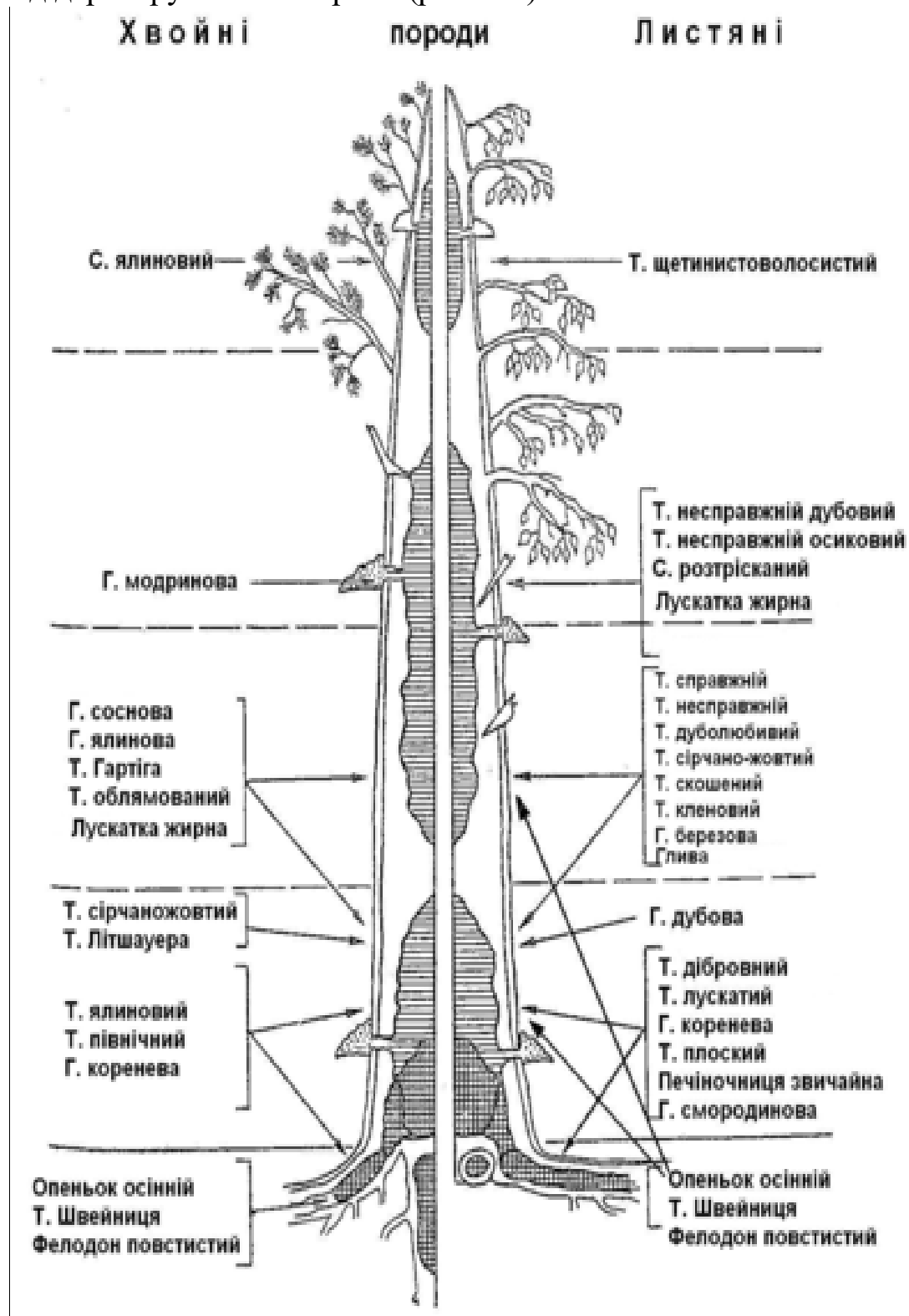


Рис. 5.5. Схема поселення дереворуйнівних грибів [56]: Т – трутовик; Г – губка; С – стерей

Результати обліку плодових тіл на пробній площі заносять в таблицю 5.6.

5.6. Розповсюдження плодових тіл (базидіом) дереворуйнівних грибів на пробній площі [9]

Вид	Діаметр дерева, см.	Висота прикріплення плодового тіла (базидіоми), м.	Кількість на 1 дереві, шт.	Загальна кількість дерев з базидіомами, шт.	Уражених дерев, %

Плодові тіла (базидіоми) збудників гнилей утворюються в середньому через 6–8 років після проникнення спори в деревину і початку розвитку гнилі. Швидкість поширення гнилі по стовбуру сягає, в середньому, 15 см на рік.

Для оцінювання протяжності гнилі вздовж стовбура потрібно зняти з дерева плодове тіло трутовика, розрубати його навпіл і порахувати кількість річних кілець, які добре видно на розрізі (див. рис. 5.4).

Типи гнилей та їхні збудники. Під час формування *корозійної гнилі* гриб руйнує лігнін і полісахаридний комплекс, групи клітин в окремих місцях із розкладанням клітинних стінок і утворенням порожнин. Уражена деревина стає легкою, м'якою, волокнистою, її часто називають ситовою деревиною. Під час формування *деструктивної гнилі* відбувається розкладання целюлози й геміцелюлози (полісахаридів), гниття охоплює усю клітину з внутрішніх боків її оболонок. Гниль охоплює всю деревину, зменшується її обсяг, деревина стає крихкою, в ній утворюються тріщини, вона легко розтирається в порошок. Деревина спочатку стає червонуватою, буріє і у кінцевій стадії набуває темно-бурого кольору [57].

Білі корозійні центральні гнилі спричиняють трутовик несправжній дубовий *Phellinus robustus*, трутовик несправжній *Phellinus igniarius*, трутовик Гартіга *Phellinus hartigii*, трутовик несправжній осиковий *Phellinus tremulae*, трутовик несправжній вільховий *Phellinus alni*, трутовик скошений *Inonotus obliquus* та лускатий трутовик *Polyporus squamosus*.

Строкаті корозійні центральні гнилі викликають соснова губка *Phellinus pini*, ялинова губка *Phellinus pini* var. *abietis* та дубовий трутовик (дуболюбивий) *Inonotus dryophilus*.

Білі змішані корозійні гнилі спричиняють трутовик справжній *Fomes fomentarius*; глива звичайна *Pleurotus ostreatus*; трутовик променистий *Inonotus radiatus* (деструктивна гниль).

Бурі змішані деструктивні гнилі викликають трутовик облямований *Fomitopsis pinicola*, дубова губка *Daedalea quercina* та березова губка *Piptoporus betulinus*.

Бурі центральні деструктивні гнилі спричиняють модринова губка *Fomitopsis officinalis*, лускатка жирна *Pholiota adiposa* та сірчано-жовтий трутовик *Laetiporus sulphureus*.

Білі периферійні кореневі гнилі викликають стереуми шерстистий *Stereum hirsutum* і розтрісканий *Stereum frustulosum*.

На підставі матеріалів пробних площ і аналізів стовбурів визначають характер гнилі, зниження виходу ділових сортиментів у кубічних метрах і відсотках. Це дає змогу визначити економічний збиток, заподіюваний стовбурними гнилями, і більш раціонально використовувати уражену деревину [57].

Некрозні та судинні хвороби. Під час обстеження пробних площ із поширенням судинних та некрозних хвороб, уражені дерева розподіляють за такими категоріями:

- 1 – дерева з початковими ознаками хвороби,
- 2 – дерева з відмиранням до 1/2 крони,
- 3 – дерева з відмиранням понад 1/2 крони,
- 4 – усохлі.

Некрозно-ракові та судинні хвороби викликають всихання дерев, збудники судинних хвороб (гриби і бактерії) уражують провідну системи рослин, що призводить до закупорення судин та повного або часткового всихання крони деревної рослини (табл. 5.7). Характерною діагностичною ознакою судинних хвороб є потемніння провідних судин або деревини, яке помітно на поздовжніх і поперечних зрізах.

Судинні хвороби мають гостру або хронічну форму. За гострого прояву хвороби всихання деревних рослин відбувається стрімко протягом одного вегетаційного періоду, місяця або декількох днів. За хронічного прояву всихання відмічається протягом 8–10 років. Судинні хвороби поширюються спорами

грибів, важливу роль в їхньому розповсюдженні відіграють комахи-переносники (найчастіше заболонники) і контакт хворих та здорових коренів деревних рослин. Осередки судинних хвороб залежно від способу розповсюдження інфекції можуть бути дифузними та локальними.

5.7. Діагностичні ознаки судинних хвороб

Назва	Ознаки	
	крона	стовбури, гілки, корені
<i>Graphium ulmi</i> графіоз, голландська хвороба ільмових	Всихає повністю за короткий термін, часто листя лишається зеленим (гостра форма). На вершинах пагонів листя всихає, буріє і звисає донизу; всихання відбувається за кілька років (хронічна форма)	На поперечних зрізах уражені судини у вигляді бурих суцільних кілець (гостра форма) або переривчастих кілець з окремих крапок (хронічна форма). На поздовжніх зрізах уражені судини у вигляді бурих штрихів різної довжини
<i>Ceratocystis roboris</i> судинний мікоз	У кроні окремі гілки із засохлим листям, крона стає ажурною, наявна суховерхівковість, водяні пагони	На поперечному зрізі уражені судини у вигляді бурих напівкілець, кілець, плям чи крапок. На поздовжніх зрізах у вигляді переривчастих бурих тяжів

Визначення стану насаджень і заселеність дерев стовбуровими шкідниками – переносниками судинних хвороб в осередках проводять, починаючи з червня і до пожовтіння листків, коли добре помітно свіже всихання листя і пагонів. За даними рекогносцирувального обстеження вибирають ділянки закладання пробних площ і під час обліку додатково визначають категорії стану крони дерев за шкалою:

- 1 – дерева з ураженням крони до 25 %;
- 2 – дерева з ураженням крони від 26 до 50 %;
- 3 – дерева з ураженням крони від 51 до 75 %;
- 4 – дерева з ураженням крони від 76 до 100 %.

На основі даних обліку деревних рослин на пробних площах визначають форми прояву судинної хвороби (гостра чи хронічна), взаємозв'язок ступеня всихання крони з поширенням інфекції на стовбурі, видовим складом і впливом комах-ксилофагів.

Для обліку збудників хвороб розраховують розповсюдженість та інтенсивність розвитку хвороби за формулами 3.1 та 3.2.

Бали ураження збудниками судинного мікозу та голландської хвороби визначають за шкалою:

- 1 – відсутнє ураження;
- 3 – слабе ураження, у кроні наявні окремі дрібні сухі гілки з усохлим та зів'ялим листям;
- 5 – середнє ураження, у кроні наявні групи сухих великих і дрібних гілок;
- 7 – значне ураження, більшість гілок усохли, на стовбурі численні водяні пагони [8, 57].

Для всіх категорій ураження дерев збудниками судинних хвороб визначають середній бал на кожний вид захворювання діленням суми балів на кількість облікових дерев, окрім цього визначають частку дерев із кожним балом.

Стійкість дерев до ураження збудниками хвороб оцінюють за шкалою:

- 1 – високостійкі 1 бал;
- 3 – стійкі від 1,1 до 1,5 балів;
- 5 – порівняно стійкі від 1,6 до 3,5 балів;
- 7 – слабкостійкі від 3,6 до 5,5 балів.

Збудники *ракових хвороб* уражують зовнішні шари заболоні, луб, камбій і кора. На гілках і стовбурі утворюються східчасті чи вдавлені рани, виразки, пухлини, на некротичних ділянках яких розвивається спороношення збудників. Патологічний процес може розвиватися протягом декількох десятків років, тривалість всихання дерев залежить від швидкості розповсюдження інфекції та розміщення ран (виразок, пухлин) на стовбурах і гілках [57]. Залежно від причин хвороби і особливостей збудника осередки ракових хвороб можуть бути дифузні або локальні. Ракові хвороби доволі легко діагностувати за макроскопічними ознаками. Типові ознаки появи таких хвороб це – надмірне розростання органів рослин із утворенням пухлин (кореневий бактеріальний рак плодових). У випадку раково-виразкової

форми прояву хвороби (звичайний рак листяних, чорний рак яблуні) формуються типові виразки. На відміну від типового раку, у разі туберкульозного прояву хвороби утворюються численні пухлини, закриті, неправильної форми з пустотами всередині (туберкульоз ясена, граба, тополі, тощо).

Під час проведення обстежень в осередках таких хвороб виділяють категорії дерев залежно від розміру і місця ураження (в нижній частині стовбура, в середній частині, у верхній частині, на гілках), причому вносять зміни в методику обстежень для глибшого дослідження хвороб у кожному конкретному випадку. Для детального дослідження хвороб цього типу беруть не менш трьох модельних дерев із кожної групи ураження. У випадку судинних хвороб на модельних деревах досліджують кору, луб, деревину гілок і стовбура. Окремо відмічають також наявність комах-ксилофагів – переносників збудників хвороб. У випадку розвитку ракових захворювань досліджують ракові утворення і місця, в яких можуть розвиватися гнилі, дерева розрізняють за характером прояву хвороби (виду збудника), виділяють категорії залежно від розміру і місця розміщення ракових утворень: у нижній, середній, верхній частинах стовбура або на гілках. Під час детального вивчення пухлин також відмічають стадії (закрита, напіввідкрита чи відкрита пухлина) та їхню кількість на дереві. Крім цього, проводять облік вітровалу, сніголаму, бурелому, свіжих пнів. Розподіл дерев за категоріями, а також принципи відбору та спосіб обробки модельних дерев залежать від специфіки хвороб [57].

Для вивчення патологічного процесу *поперечного раку дуба* достатньо 3–5 модельних дерев із розкрязуванням на 2-метрові секції та розрізом через пухлину для вивчення характеру руйнування деревини й особливостей патологічного процесу. Вимірюють протяжність всихання вгору і вниз від місця розташування пухлини. Для хвороб, які мають фіксовані ділянки ураження і не завжди призводять до відмирання дерев і навіть до їхнього ослаблення (зокрема закрита форма раку) недоцільно вводити показник балової оцінки. Водночас такий показник можна розробити, виходячи з кількості пухлин на стовбурі у поєднанні з висотою їхнього розміщення та формою раку (табл. 5.8). На кожній пробі слід зробити ґрунтовий розріз для об'єктивного порівняння умов місцезростання [8].

5.8. Розподіл дерев дуба звичайного за формами, щільністю та висотою розміщення пухлин

Ступені товщини	Форми поперечного раку			Висота поселення пухлин на стовбурі, шт				Кількість пухлин на стовбурі, шт		
	від-крита	пере-хідна	за-крита	до 2 м	2–4 м	4–6 м	вище 6 м	1	2-3	більше 3

Інтенсивність розвитку *туберкульозу ясена* визначають для кожної вікової групи [8]:

0 – здорові дерева;

1 – пухлини займають до 10 % поверхні стовбура, у кроні поодинокі уражені гілки;

2 – пухлини займають до 11–30 % поверхні стовбура, у кроні до 30 % гілок уражено;

3 – пухлини займають від 31–50 % стовбура, в кроні до 31–50 % гілок уражено;

4 – пухлини займають понад 50 % стовбура, більше половини гілок у кроні уражено.

5.2. Обстеження в осередках хвоє- та листогризів

Рекогносцирувальне обстеження дає змогу своєчасно виявити масову появу осередків комах-фітофагів, детальне обстеження встановлює чисельність шкідника, коефіцієнт його розмноження для прогнозування динаміки чисельності популяції.

Детальне обстеження проводять лише в насадженнях, де є оптимальні лісоекологічні умови для розмноження комах-фітофагів або там, де такі осередки уже були зареєстровані (див. бальна оцінка принадності ділянок, додаток 16).

Об'єктами обстежень і спостережень є всі ті види масових хвоє- і листогризів, спалахи розмноження яких були відмічені у лісовому фонді державного підприємства чи лісництва (лісовому масиві) у попередні роки або там, де є сприятливі умови для розмноження комах-ксилофагів (за структурою насаджень і погодними умовами).

Загалом у кожному лісництві мають бути закладені постійні пункти (облікові ділянки) для нагляду за основними видами

комах. Оскільки вік, повнота і склад насаджень не є постійними, розташування цих пунктів слід періодично коригувати.

Місця, терміни та ознаки наземного нагляду комах-хвоєлистогризів. Комахи-хвоєлистогризид під час спалахів масового розмноження, які повторюються на певних ділянках насаджень через неоднакові проміжки часу (від 5 до 30 років, у середньому через 10–12 років) і тривають від 4 до 7 років, чисельність особин збільшується у десятки та сотні разів упродовж 1–2 років. Гусениці (личинки) об'їдають крони дерев залежно від щільності популяцій різною мірою і поступово розселяються від первинних осередків у насадження, які менш сприятливі для розвитку популяцій комах-фітофагів. Пошкодження крон комахами-хвоєлистогризами спричиняє зниження приросту деревини, а іноді всихання окремих дерев й насаджень.

Нагляд за популяціями комах-хвоєлистогризів базується на знанні їхніх біологічних особливостей, розміщення у просторі деревостану та у межах дерева в різні періоди сезонного розвитку, періодів живлення, зимівлі, тощо.

Тому ефективність нагляду популяцій комах-хвоєлистогризів підвищує вірний вибір ділянок насаджень, термінів проведення нагляду, локалізації комах-фітофагів або ознак їхньої життєдіяльності у межах дерева.

Терміни нагляду в осередках окремих видів комах-хвоєлистогризів визначаються особливостями їхнього сезонного розвитку та періодами пошкодження листя або хвої (додатки 15, 17, 18).

Щільність популяцій комах оцінюють на стадіях, на яких їх можна помітити, або які виявляються порівняно тривалий період часу (переважно – під час зимівлі або діapaузи, іноді під час живлення). Для виявлення осередків масового розмноження комах-хвоєлистогризів слід закладати по одному обліковому пункту на кожні 50 га насаджень. Облік комах на гілках проводять не менше, ніж на 2 модельних деревах, облік зимових гнізд золотгуза – не менш ніж на 10 модельних деревах, облік лялечок у ґрунті або підстильці – не менш ніж на 3 тимчасових пробних площадках, облік на стовбурі кладок непарного шовкопряда – не менш ніж на 10 модельних деревах, кладок яєць

шовкопряда-монашки – не менш ніж на 3 модельних деревах [26, 47].

У початковій фазі росту чисельності та у фазі кризи, коли більшість особин шкідника сконцентрована у виділах зі сприятливими умовами для виживання й розмноження комах, кількість облікових пунктів слід зменшити до 5 штук на 1000 га для кожного виду комах-фітофагів, збільшуючи при цьому обсяг вибірки (облікових майданчиків, дерев, гілок тощо) на кожному обліковому пункті залежно від щільності комах.

Для нагляду за екскрементами закладають площадки під деревами I класу росту, поблизу яких немає підліску і підросту і які видно з дороги.

У цих ділянках закладають 3 площадки для вимірювання екскрементів (очищені від трави і підстилки, бажано посипані білим піском, вирівняні і утрамбовані). Для цих цілей підбирають дерева I класу росту, які, до того ж, видно з проїжджої дороги. Площадки закладають із боку найбільш розвиненої частини крони вибраного дерева (як правило, з її південної частини).

Всі способи детального обліку хвоє- і листогризів поділяють на наступні:

- облік комах у кроні дерева;
- облік комах на стовбурі дерева;
- облік комах у підстилці.

Облік шкідливих комах. Проведення обліків лісових комах є необхідним для вирішення практичних завдань лісозахисту, зокрема для визначення рівня і змін чисельності особин, стану популяцій, площ осередків масового розмноження, ймовірності зростання або згасання спалахів, прогнозування ступеня пошкодження дерев, зменшення приживлення і збереженості лісових культур, впливу на приріст деревини, урожай плодів і насіння, екологічну ефективність захисних насаджень, для вчасного призначення профілактичних або винищувальних заходів, а також – вирішення теоретичних питань популяційної екології. Методичні питання обліку комах набувають значення під час розробки програм моніторингу стану лісів, прогнозування впливу глобальних змін клімату на екосистеми й визначення шляхів пом'якшення можливих негативних наслідків цих змін. Оскільки абсолютну чисельність популяції комах установити

неможливо, можна визначати лише їхню щільність, тобто кількість екземплярів на одиницю обліку.

5.9. Терміни і способи рекогносцирувального нагляду [18]

№ п/п	Вид	Терміни проведення нагляду	Спосіб ведення нагляду
<i>Хвоєгризучі шкідники</i>			
1.	Сосновий шовкопряд <i>Dendrolimus pini</i>	а) травень-червень; вересень-жовтень	за пошкодженнями і екскрементами
		б) липень	за метеликами
2.	Шовкопряд-монашка <i>Lymantria (Ocneria) monacha</i>	а) травень-червень	за пошкодженнями і екскрементами
		б) кінець липня-початок серпня	за метеликами*
3.	Соснова совка <i>Panolis flammea</i>	червень	за пошкодженнями і екскрементами
4.	Сосновий п'ядун <i>Bupalus piniarius</i>	а) липень-серпень	за пошкодженнями і екскрементами
		б) кінець травня-початок червня	за льотом метеликів
5.	Звичайний сосновий пильщик <i>Diprion pini</i>	червень, вересень	за пошкодженнями і екскрементами
6.	Рудий сосновий пильщик <i>Neodiprion sertife</i>	червень	за пошкодженнями і екскрементами

Листогризучі шкідники

1.	Зелена дубова листовійка <i>Tortrix viridana</i>	а) травень	за пошкодженнями
		б) червень-початок липня	за льотом метеликів
2.	Золотогуз <i>Euproctis chrysorrhoea</i>	а) травень-червень	за пошкодженнями
		б) зима-рання весна	за гніздами зимуючих гусениць
3.	Непарний шовкопряд <i>Lymantria (Ocneria) dispar</i>	а) червень	за пошкодженнями і екскрементами
		б) кінець липня-серпень	за льотом метеликів*
		в) вересень-рання весна	за яйцекладками
4.	П'ядун зимовий <i>Operophtera brumata</i> , п'ядун-обдирало <i>Erannia defoliaria</i> і деякі інші	травень-червень	за пошкодженнями і екскрементами

* Можна застосовувати статеві феромони

Одиницею обліку лісових комах є: дерево; гілка певної довжини, з певною площею поверхні, масою листя, кількістю ростових пагонів; площадка заданої площі у межах проекції крон; палетка на поверхні стовбура тощо [26, 47].

Основні правила проведення обліків:

1. Здійснювати облік на більшій кількості одиниць меншого розміру (облік коконів соснових пильщиків у підстилці на 4 площадках розміром 25×25 см, розміщених у різних частинах ділянки у межах проекції крон є точнішим і менш трудомістким, ніж облік однієї площадки розміром 100×100 см). Чим більша щільність популяції, тим меншим має бути обсяг вибірки одиниць обліку.

2. Враховувати, що під час спалаху масового розмноження особини шкідника розміщуються майже рівномірно на ділянках та деревних рослинах (поліфаги), а у період депресії концентруються на найбільш придатних для певного шкідника ділянках насаджень та у межах стовбура чи крони. За відсутності особин шкідника під час огляду 20 облікових одиниць (площадок, дерев, гілок, тощо), вибраних випадково на придатних для нього ділянках, вважати щільність популяції низькою і припиняти облік.

3. Облік комах у лісі ускладнюється у зв'язку з наявністю декількох ярусів крон, мозаїчністю ділянок за лісорослинними умовами, складом і структурою насаджень. Оскільки перехід комах із одних стадій комах в інші часто супроводжується зміною місця перебування, невчасне проведення обліку може призвести до невірних висновків. Лісові комахи на різних стадіях розвитку можуть розташовуватися в кронах, на стовбурах, у лісовій підстилці.

4. Прямий облік комах у кроні складний, певна кількість личинок струшується з облікових гілок і не враховується. Спроби надівати на модельні гілки чохли з матерії перед їх зрізанням успішні не на кожному деревному виді. Для обліку соснового шовкопряда використовують метод «околоту» стовбура, при чому на землю у межах проекції крони підстилають тканину або плівку, на якій підраховують усіх гусениць, проте метод неможливо застосовувати для обліків комах на листяних породах, а частина гусениць все одно залишається у кроні. Під час живлення шкідників у кроні застосовують непрямі методи, які

полягають в обліку продуктів життєдіяльності комах (екскрементів) або рівня пошкодження листя (хвої). Визначення об'єму або маси екскрементів на облікових площадках або ящики, розміщених у проекції крон, дає змогу практично одночасно оцінити щільність популяції комах-хвоєлистогризів на різних ділянках лісових масивів.

Оцінювання ступеня пошкодження хвої (листя) під час живлення личинок у кроні дає змогу виявити ділянки найбільшої щільності популяцій шкідника. Водночас у рік такого обліку застосовувати заходи захисту лісу вже запізно. До того ж однаковій чисельності комах може відповідати різний рівень пошкодження крон залежно від лісорослинних умов, рельєфу, температури сезону, стійкості окремих дерев до пошкодження, фази динаміки чисельності популяції комах тощо.

5. Облік комах-хвоєгривів соснових насаджень найзручніше проводити, оглядаючи підстилку (лялечки соснової совки та соснового п'ядуна, кокони звичайного соснового пильщика, зимуючі гусениці соснового шовкопряда). Облік у період зимової діпаузи є зручним для прийняття рішення щодо необхідності заходів з лісозахисту на наступний вегетаційний сезоні. Водночас слід проводити повторні обстеження навесні для врахування смертності особин під час зимівлі.

6. Облік лялечок комах-листогривів (лунки сріблястої, зимового п'ядуна, червонохвоста, дубової чубатки) у підстилці проводити складно за рахунок важкого ґрунту листяних лісів, пронизаного корінням дерев, чагарників, трав. Для обліків цих видів застосовують спеціальні методи, зокрема облік за допомогою ловильних поясів. Золотогуза найзручніше обліковувати, коли він знаходиться в зимових гніздах, а непарного шовкопряда – за кладками яєць, розташованими на стовбурах, або за допомогою ловильних поясів.

7. Облік листоїдів, комах-мінерів та галоутворюючих комах проводять на модельних гілках з перерахунком щільності популяції на 100 листків.

8. Облік стовбурових комах проводять шляхом визначення на палетках певного розміру (25×25 см) щільності поселень на ділянці стовбура (із тонкою, перехідною чи грубою корою), щільності маточних і личинкових ходів, шлюбних камер,

вильотних отворів. Зазначені показники співставляють із нормативними значеннями для виду [26, 37, 47].

9. Облік комах-фітофагів здійснюють в оптимальні терміни, які залежать від фенології та періодів живлення та зимівлі. Зазначені терміни відповідають термінам нагляду, наведеним у додатках 17-18 та таблиці 5.9. Відповідно до зміни клімату зменшується тривалість періоду обліку комах під час зимівлі, збільшується період живлення, тривалість літньої діпаузи та в деяких видів – кількість поколінь за вегетаційний сезон.

Уточнити прогнозовані дати розвитку комах-фітофагів можливо проведенням фенологічних спостережень за рослинами, дати розвитку яких є інтегральною реакцією на умови довкілля в окремій місцевості. Так, із датою переходу температури повітря через $+5^{\circ}\text{C}$ збігається цвітіння ліщини і виліт соснової совки, з датою переходу через $+10^{\circ}\text{C}$ – цвітіння сосни, абрикоса, дуба, терну, кульбаби, клена гостролистого та вилуплення гусениць зеленої дубової та глодової листовійок, зимового п'ядуна, непарного шовкопряда, рудого соснового пильщика, соснової совки, літ імаго звичайного соснового пильщика. Підняття у крони гусениць соснового шовкопряда після зимівлі відбувається в період між датами стійкого переходу температури повітря через $+5$ і $+10^{\circ}\text{C}$, вилуплення личинок звичайного соснового пильщика – одночасно з цвітінням робінії звичайної та шипшини, а літ соснового п'ядуна – з досяганням суниці [26, 37, 47].

Оцінка впливу шкідливих організмів на стан насаджень. Вплив шкідливих організмів на стан насаджень оцінюють шляхом зіставлення інтенсивності дії чинника (пошкодження комахами й ураження хворобами) та наслідків цієї дії для насаджень. Останні виявляються у зміні повноти чи густоти внаслідок відпаду рослин, меншій висоті у порівнянні з очікуваною, погіршенні санітарного стану, а також у змінах структури деревних рослин. Інтенсивність дії шкідливих організмів оцінюють шляхом зіставлення фактичних показників поширення цих організмів або заподіяних ними пошкоджень чи уражень, щільності поселень, популяційних показників комах-фітофагів, інтенсивності розвитку хвороб із показниками, які характеризують здорове насадження або популяцію шкідника у міжспалаховий період (надалі – "норма").

Фактичні значення показників оцінюють під час обліків. Ознаки, які характеризують як чинники впливу, так і наслідки для лісових культур, умовно розподіляють на якісні та кількісні.

Кількісними є показники, які можна підрахувати, виміряти та виразити в одиницях вимірювання (грамах, штуках, метрах, тощо), наприклад повнота, висота насаджень, чисельність комах, частка дерев із наявністю пошкоджень тощо.

Якісними є показники, які важко оцінити кількісно. Тому їх оцінюють як «дуже погано», «погано», «задовільно», «добре», «дуже добре» або в балах, наприклад категорії стану насаджень, бал принадності насаджень для шкідливих комах, класи якості лісових культур, розвиток хвороби, ступінь пошкодження хвої, бруньок, пагонів тощо. Якісні показники характеризують стан популяції комах-фітофага та фазу спалаху його чисельності, до них належать співвідношення статей, плодючість, мінливість забарвлення, інтенсивність впливу ентомофагів, поширеність хвороб комах, а також специфічні показники, властиві окремим видам комах.

Зважаючи на існування різних шкал балової оцінки поширеності окремих типів пошкоджень або уражень, цей показник оцінюють у відсотках, а під час аналізу переводять у відповідну шкалу.

Приклад балової оцінки поширення пошкоджень або уражень дерев:

0 –пошкодження або ураження відсутні;

1 (низький рівень) – уражено або пошкоджено до 30 % рослин;

2 (середній рівень) – уражено або пошкоджено від 31 до 60 % рослин;

3 (високий рівень) уражено або пошкоджено понад 60 % рослин.

Інтенсивність пошкодження хвої чи листя комахами оцінюють за рівнем дефоліації, який визначають окомірно з точністю до 10 %. Втрати листя до 25 % не впливають на життєздатність дерев, але свідчать про необхідність моніторингу їхнього санітарного стану. За сприятливих для лісу умов 30 % хвої (хвойних порід) та 50 % листя (листяних порід) може бути втрачено без негативних наслідків для дерева.

Інтенсивність пошкодження окремих органів дерев сисними шкідниками та інтенсивність пошкодження коріння оцінюють опосередковано за зміною забарвлення хвої (листя), зменшенням його розмірів, зміною категорій санітарного стану рослин. Інтенсивність ураження дерев збудниками хвороб оцінюють за шкалами, які відрізняються залежно від типу хвороби. Інтенсивність пошкодження листяних порід гнилями (халаровий некроз ясена, опеньок осінній) візуально оцінюють за наявністю некрозів у окоренковій зоні – 0–25 %, 26–50 %, 51–75 %, 75–100 % периметра стовбура).

Рівень пошкодження рослин можна оцінювати також за масою чи довжиною пагонів, відрізків гілок, масою екскрементів і зеленого опаду (огризків), кількістю та довжиною пагонів із об'їденим і необ'їденим листям (хвоєю), свіжою та сухою масою цілих і пошкоджених листків (хвоїнок), площею поверхні цілих і пошкоджених листків (хвоїнок), масою та площею листків (хвоїнок) на 1 м бічної гілки тощо.

Окремі методи обліку. Кількісний облік комах є необхідним для визначення тенденцій динаміки популяцій і загрози насадженням. Прямий облік чисельності комах зрідка є можливим. Зазвичай визначають щільність популяції на певну одиницю обліку (дерево, гілку, 1000 листків, 100 ростових пагонів тощо) або на 100 г листя чи хвої (так звана екологічна щільність). Згідно з цим розроблені різні методи оцінювання так званої критичної щільності популяцій комах – щільності за якої може бути пошкоджено 100 % листя чи хвої.

Залежно від вибору методу обліку для визначення загрози використовують різні таблиці, приклади яких наведені нижче [26, 37, 47].

Облік комах у кроні дерева. Облік комах в кроні дерева підрозділяють на загальний і спеціальний. Загальний використовують для всіх видів комах, крім дубової зеленої листовійки і золотогоуза.

Якщо модельну гілку можливо зрізати із землі за допомогою технічного пристосування, то облік зимуючих кладок яєць та інших стадій розвитку комах, що знаходяться в кроні, проводять на модельній гілці першого порядку, узятій з середини крони дерева, або на модельній гілці другого порядку, коли діаметр

гілки першого порядку перевищує 2 см перед частиною гілки з хвоєю чи листям (рис. 5.6).

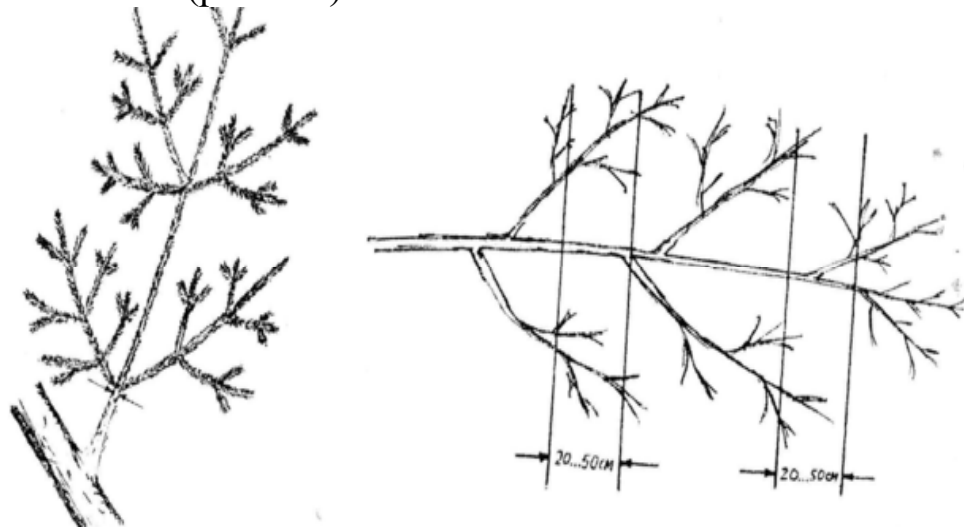


Рис. 5.6. Вимірювання діаметра модельної гілки та порядок пошарової вибірки під час обліку на модельних гілках

Вибрану гілку зрізають і опускають на землю. На гілці підраховують комах. У разі обліку кладок яєць під час детального нагляду визначають середню кількість яєць у кладці, для чого аналізують 15 кладок (або ж усі знайдені кладки, але не більше 15). У випадку обстеження осередків аналізують 50 кладок яєць. Кількість яєць у кладці визначають безпосереднім їхнім підрахунком [26, 37, 47].

Зібрані кладки аналізують на зараженість паразитоїдами, збудниками хвороб; визначають смертність від хижаків і кількість незапліднених яєць. Для цієї мети аналізують не більше 300 яєць (по 100 з кожної проби) у разі детального нагляду. Під час обстеження осередків аналізують 1000 яєць із різних насаджень, відібраних випадково або систематично.

Для переведення отриманого результату в екологічну щільність (100 г зеленої маси) вимірюють діаметр модельної гілки перед частиною гілки з хвоєю чи листям і, використовуючи додаток, визначають запас зеленої маси на ній. Кількість комах на гілці ділять на масу листя або хвої в грамах і множать на 100.

Такі види комах-листогризів як зелена дубова листовійка, кільчастий шовкопряд, золотогоуз усе життя знаходяться в кронах дерев, де і проводять їхній облік. Чисельність перших двох обраховують за способом модельних гілок. Для цього зрізують по одній великій гілці з верхньої, середньої і нижньої частин крони,

підраховують на них чисельність шкідника і перераховують за кількістю гілок на всю крону. Облік кільчастого шовкопряда проводять в серпні-вересні, обраховуючи кількість яйцекладок. Для визначення середньої кількості яєць перераховують декілька яйцекладок. Облік зеленої дубової листовійки проводять у кінці травня, коли в кронах знаходяться лялечки або упродовж червня–березня підраховують яйця на 1 погонному метрі гілки. На модельних гілках проводять облік яєць рудого пильщика у жовтні–березні.

Для обліку кладок яєць *зеленої дубової листовійки* на дереві приблизно в 3 м від верхівки відпилюють гілку 3-метрової довжини. На цій гілці виділяють відрізок стрижньової гілки діаметром від 1 до 2 см завдовжки 50 см і відрізки гілок вищих порядків (2, 3 і так далі) з діаметром від 0,5 до 1 см і загальною довжиною 2 м. На цих гілках підраховують кладки яєць. Отриманий результат для переведення в екологічну щільність множать на коефіцієнт (додаток 20) (табл. 5.10).

5.10. Перевідні коефіцієнти щільності яйцекладок зеленої дубової листовійки на відрізках гілок до щільності яєць на 100 г сирого листа дуба

вік деревостану	30	40	50	60	70	80	90	100
перевідний коефіцієнт	0,74	1,02	1,06	1,14	1,21	1,27	1,32	1,33

Під час осіннього обліку кладок усі виявлені яйця зеленої дубової листовійки розчавлюють кінчиком ножа (або нігтем!), щоб не підраховувати одні і ті самі кладки двічі. Здорові кладки під час розчавлювання тріщать, і з них витікає оранжева рідина. Навесні проводять повторний облік, відбираючи не більше 300 яєць із різних насаджень. Усі знайдені кладки вміщують у лабораторію (можна поставити відрізки гілок у банки з водою), через один-два тижні підраховують гусінь, що виплодилася.

Облік зимуючих гнізд личинок золотогоуза. Облік зимуючих гнізд гусениць золотогоуза здійснюють візуально із землі після опадання листя на всій кроні дерева. Для підрахунку середньої кількості гусениць у гнізді, виявлення причин смертності гусені та кількісного оцінювання дії цих причин випадково або систематично збирають і аналізують 10 гнізд (або ж усі гнізда,

але не більше 10) під час детального нагляду. Під час обстеження осередків аналізують 50 гнізд. Зрізані гнізда розкривають і підраховують в них кількість здорових, хворих, паразитованих і мертвих гусениць.

Облік хвоє- і листогризів на стовбурі дерева. Облік яйцекладок яєць непарного шовкопряда. Облік яйцекладок непарного шовкопряда здійснюють на модельних деревах, вибираючи їх через однаковий інтервал (2-5 м) за ходовими лініями. Ходову лінію намічають або за компасом, або з використанням помітних орієнтирів (дороги, яри, просіки).

Під час обліку кладок яєць оглядають окоренкову частину дерева (дупла дерев або інші затишні місця, кореневі лапи над землею, вигини стовбурів, глибокі тріщини кори, рани на стовбурах). Одночасно кладки підраховують і на підліску, пеньках, рослинному покриві біля обстежуваного дерева [26, 37, 47].

За дуже високої щільності кладок, коли важко визначити, де кінчається одна кладка і починається інша, визначають розмір бічної поверхні, зайнятої кладками, потім у межах цієї поверхні вибирають 2–3 ділянки (палетки) розміром 9 (3×3) см², визначають на них кількість яєць і перераховують на всю площу, зайняту кладками.

Середню кількість яєць в одній яйцекладці визначають шляхом їх підрахунку в 15-ти кладках (або ж у всіх знайдених кладках, але не більше ніж у 15-ти при детальному нагляді). Під час обстеження осередків аналізують 50 яйцекладок, які вибирають випадково або систематично.

Зібрані яйця аналізують на зараженість паразитоїдами, пошкодження хижаками, ураження збудниками хвороб. Встановлюють частку незапліднених яєць і здорових яєць у кладці. Для цього аналізують не більше 300 яєць (по 100 з кожної проби) у разі детального нагляду. Під час обстеження осередків аналізують 1000 яєць із насаджень, відібраних систематично або випадково. Навесні, перед виходом гусениць із яєць відбирають зазначену кількість яєць і визначають зимову смертність для контрольного прогнозування.

Для перерахунку отриманого результату на 100 г сирого листя (екологічна щільність) кількість яєць на дереві ділять на запас зеленої маси і множать на 100 [26, 37, 47].

Облік яйцекладок шовкопряда-монашки в соснових насадженнях. Облік яйцекладок шовкопряда-монашки в соснових насадженнях проводять на ростучих деревах (без рубки) до висоти 1 м від шийки кореня, оскільки вище кладки яєць зустрічаються рідко. Під час обліку ножем або невеликою сокирою до вказаної висоти знімають лусочки відмерлої кори, постеливши впритул до дерева шматок білої матерії. На деревах діаметром понад 24 см облік яйцекладок проводять на 1/2 бокової поверхні стовбура до тієї ж висоти, а кількість знайдених яйцекладок подвоюють.

Середню кількість яєць в одній кладці визначають шляхом їхнього підрахунку в 15-ти кладках (або ж у всіх знайдених кладках, але не більш 15-ти під час детального нагляду). Під час обстеження осередків аналізують 50 кладок. Яйцекладки збирають випадково або систематично.

Зібрані яйця аналізують на зараженість паразитоїдами, збудниками хвороб, знищення хижаками і визначають частку незапліднених яєць. Для цього аналізують не більше 300 яєць (по 100 з кожної проби) у разі детального нагляду. Під час обстеження осередків аналізують 1000 яєць.

Навесні, перед виходом гусениць із яєць випадково або систематично відбирають вказану кількість яєць і поміщають їх у лабораторію. За кількістю здорових гусениць здійснюють контрольне прогнозування.

Облік зимового п'ядуна. Облік яйцекладок зимового п'ядуна на стовбурах дерев не проводять, підраховують кількість самиць, що піднімаються восени в крону, на стовбурах, на які нанесені клейові кільця, або за допомогою спеціальних пасток.

Під час детального нагляду для визначення плодючості метеликів розтинають 10 особин (або ж усіх знайдених самиць, але не більше 10). Під час обстеження осередків аналізують 50 самиць. В обох випадках можна користуватися даними плодючості самиці залежно від ширини черевця (таблиця 5.11), розрахованими за допомогою рівняння [18]:

$$y = 33,87 - 15,9x - 16,53x^2 + 13,94x^3 \quad (5.5)$$

де y – плодючість однієї самиці;

x – ширина черевця, мм

Помноживши кількість самиць на дереві на середню потенційну плодючість, отримують кількість яєць на дерево.

5.11. Плодючість самиць зимового п'ядуна залежно від ширини черевця

ширина черевця, см	1,5	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
плодючість, яєць шт.	20	30	47	70	109	155	214	386	373	477

Облік хвоє- і листогризів, що зимують або заляльковуються в ґрунті. Облік хвоє- і листогризів, які зимують або заляльковуються в ґрунті або підстилці здійснюють на пробних площадках. Розмір площадок може становити 25×25, 50×50 см і навіть 1×1 м залежно від розміру особин, яких обліковують. Облік є точнішим, якщо закласти більшу кількість площадок у різних місцях ділянки, ніж у разі закладання однієї великої площадки. В усіх випадках одержані дані перераховують на 1 м².

Обліки чисельності комах у підстилці проводять в осередках таких шкідників як соснова совка, сосновий п'ядун, пильщики-ткачі, сосновий шовкопряд, соснові пильщики звичайний і рудий, лунка срібляста, червонохвіст. Для рудого соснового пильщика проводять також облік яєць у хвої. Під час обліків важливо вміти відрізнити здорових личинок чи лялечок від уражених паразитоїдами чи хворих. Здорова лялечка, якщо дещо натиснути з боків, здійснює енергійні рухи черевцем. Екзувії, з яких вилетіли метелики, відкриті великими кришечками навкіс від головної частини до середини передньої сторони черевця. Після вильоту з лялечок паразитоїдів у стінках їх залишаються округлі отвори різних діаметрів. Лялечки, уражені бактеріальною хворобою, наповнені бурюю рідиною з різким запахом, уражені грибами – твердіють і часто вкриті міцелієм. У разі вильоту пильщиків кокони відкриваються з торця круглою кришечкою на всій ширині. Паразитоїди ж залишають після вильоту в стінках коконів та у торці отвори завжди меншого діаметра, ніж діаметр кокону. Лялечки і кокони, виїдені хижаками (зокрема мишами), мають у стінках отвори неправильної форми. Пупарії тахін бочкоподібної форми, бурого або коричневого кольору, мають

поперечні борозенки, кокони наїздників – бочкоподібної форми, без поперечних борозенок.

Під час обліку підстилку і ґрунт ретельно оглядають на глибину залягання шкідника і вибирають не тільки особин виду, який обліковується, але й інших виявлених комах, зокрема кокони наїздників і пупарії тахін.

Лялечок метеликів і кокони пильщиків сортують на самців і самиць, порожні й повні, здорові й уражені, вказують за можливістю причини ураження. Здорових самиць зважують. Зимуючу гусінь шовкопрядів і еонімфи пильщиків-ткачів аналізують на зараженість паразитоїдами та збудниками хвороб. У еонімф пильщиків і ткачів визначають частку діапазуючих особин. З цією метою аналізують усіх знайдених лялечок (коконів), але не більше 100 під час детального нагляду або 500 лялечок (коконів) у випадку обстеження осередків для призначення винищувальних заходів. Матеріали нагляду знаходять відображення у відомостях (див. додатки 3, 4, 8, 9, 13, 23, 24). При цьому слід знати, як визначають деякі кількісні показники чисельності шкідника, зокрема щільність популяції і коефіцієнт розмноження.

Щільність популяції – кількість здорових особин шкідника, яка припадає в середньому на 1 м² поверхні ґрунту, одного дерева, одної гілки або на один погонний метр гілки.

Коефіцієнт розмноження – відношення щільності популяції в поточному році до такої ж у попередньому році або співвідношення між двома суміжними поколіннями шкідника, якщо він має генерацію більшу або меншу однорічної.

Детальне обстеження з обліком заселеності насаджень хвоє- і листогризами здійснюють у період зимівлі для більшості видів на пробних площах (або облікових деревах). У лісових масивах із однорідними насадженнями проби розміщують рівномірно вздовж намічених маршрутів.

Зібраних комах з кожної проби складають в окремі пакетики разом із етикеткою, на якій відмічають: лісництво, номер проби, квартал, кількість зібраних комах, живих, дату обліку. Частина живих лялечок, гусениць, еонімф пильщиків, яєць підлягає аналізу (розтинання) на ураженість паразитоїдами, оскільки часто вони не мають видимих ознак ураження.

У додатку 19 наведено дані щодо кількості особин на дереві або 1 м² підстилки, які в наступному році можуть спричинити повне об'їдання хвої (листя) в насадженні (таблиці Ільїнського) [18]. При цьому чисельність шкідника на дереві вказана залежно від віку насадження, а на 1 м² підстилки – не залежно від нього. У тих випадках, коли наводяться дані щодо лялечок, вказано кількість самиць [26]. Терміни проведення обліків хвое- і листогризних шкідників у ґрунті й підстилці наведено в додатках 17, 18 та таблиці 5.12.

5.12. Терміни проведення обліків хвое- і листогризів у ґрунті й підстилці [26]

Назва виду	Терміни заглиблення в ґрунт	Терміни проведення обліків чисельності
совка соснова	липень	серпень-вересень
пильщики соснові	I генерація – липень	кінець липня
звичайний	II генерація – жовтень-липень	(в підстилці і на деревах) з кінця жовтня
рудий	червень-липень	кінець липня-серпень
ткач зірчастий, гуртовий	липень-серпень	кінець вересня-жовтень
червонохвіст	вересень	жовтень
п'ядун сосновий	теж	теж
сосновий шовкопряд	кінець жовтня	з кінця жовтня
лунка срібляста	серпень-вересень	серпень-вересень

Для вирішення питання щодо заходів лісозахисту у виявлених осередках визначають ступінь загрози насадженням (за середньою кількістю живих особин шкідника на пробах), фазу спалаху, орієнтовно частку особин шкідника, якого знищують ентомофаги. Враховують також цінність насадження, кліматичні умови року, наявність латентних форм захворювання комах-фітофага. Як правило, винищувальні заходи боротьби призначають у разі загрози об'їдання 30–40 % хвої або 40–50 % листя за умови зростання чисельності і незначної діяльності ентомофагів.

Залежно від біологічних особливостей шкідників і кормової рослини облікові стадії, одиниці обліків та час їхнього проведення в резерваціях наведено у таблиці 5.13.

Чисельності на пробі комах-фітофагів відповідає ступінь втрат листя чи хвої у результаті живлення комах. Стації високої

чисельності зазвичай чергуються зі стаціями низької чисельності і навіть із повною відсутністю особин популяції в однорідному лісовому масиві. Тому обліки чисельності проводять з урахуванням нерівномірного типу розподілу комах.

5.13. Облікові стадії та одиниці виміру [18]

Комахи-фітофаги		Облікові стадії, одиниці виміру, час обліку
Підстилка		
<i>Хвоєгризи</i>	сосновий шовкопряд	зимуючі гусениці, 1 м ² , листопад; гусениці, на 1 дерево, квітень
	сосновий п'ядун	лялечки, 1 м ² , жовтень, рання весна
	соснова совка	лялечки, м ² , серпень, листопад, березень
	звичайний сосновий пильщик	коконі (еонімфа, пронімфа), 1 м ² , жовтень, березень
	рудий сосновий пильщик	коконі (еонімфа, пронімфа), 1 м ² , жовтень,
<i>Листогризи</i>	дубова широкомінуюча міль	коконі (лялечки самок), м ² , липень
	дубова чубатка	лялечки, м ² , серпень, листопад, березень
	лунка срібляста	лялечки, м ² , жовтень, березень
Стовбур		
<i>Хвоєгризи</i>	шовкопряд-монашка	імаго (самиці), шт. на 1 дерево, серпень
<i>Листогризи</i>	непарний шовкопряд	яйця, дерево (окоренкова частина), серпень, квітень
	п'ядун звичайний, обдирало	імаго (самиці), дерево (клеєве кільце), шт., восени; імаго (самиці), дерево (клеєві кільце), шт., навесні
	глодова листовійка	яйця, шт., дерево, серпень
	червонохвіст	яйця, шт., дерево, серпень
	вербова хвилівка	імаго (самиці), шт., дерево, липень
Крона		
<i>Хвоєгризи</i>	рудий сосновий пильщик	яйця, шт. на модельній гілці, жовтень, квітень
<i>Листогризи</i>	зелена дубова листовійка	яйця, на 1 м стрижневої гілки, серпень, березень
	золотогуз	гусениці, зимуючі гнізда на дерево, шт., листопад, березень
	кільчастий шовкопряд	яйцекладка, шт., серпень, квітень
	дубовий похідний шовкопряд	яйця, шт, дерево, вересень

Під час лісопатологічних обстежень відмічають пошкодження крон за такою шкалою: до 25 % – незначне; 26–50 % – середнє; 51–75 % – сильне; більше 75 % – суцільне.

5.2. Оцінювання поширення стовбурових шкідників

В осередках стовбурових шкідників закладають пробні площі такої величини, щоб на кожній з них було не менше 100 дерев виду, який всихає. Форма пробної площі прямокутна. Бажано, щоб вона пересікала весь осередок у насадженні (у цьому випадку вона може бути вузькою і довгою). У великих осередках закладають декілька пробних площ у різних місцях. У тих осередках, де передбачаються суцільні санітарні рубки за станом, загальна площа проб в осередку до 100 га має становити 2 %, а більше 100 га – 0,5–1 % від його площі. У натурі пробу відбивають, по кутках забивають кілочки і точно вимірюють площу.

Стовбурові комахи у лісі беруть участь у розкладанні деревини окремих гілок, частин стовбурів і цілих дерев, що загинули внаслідок дії різних чинників, а також бурелому та лісосічних залишків. Лише окремі види стовбурових комах за сприятливих умов для розмноження можуть завдавати шкоду життєздатним деревам (наприклад, дубу – дубовий заболонник і дубова двоплямиста вузькотіла златка, сосні – верхівковий короїд, великий і малий соснові лубоїди, шестиzubчастий короїд, синя соснова златка, чорний сосновий вусач, ялині – короїд типограф, великий ялиновий лубоїд).

Рівень шкідливості стовбурових комах визначається їхньою здатністю завдавати шкоду живим деревам (фізіологічна шкідливість) і лісовій продукції (технічна шкідливість).

Фізіологічна шкідливість стовбурових комах виявляється у здатності заселяти життєздатні дерева, ослабляти їх під час додаткового живлення та внаслідок перенесення збудників хвороб лісу.

Під час визначення технічної шкідливості стовбурових комах враховують глибину й ширину ходів, площу зайнятої ходами поверхні заболоні, цінність деревини пошкодженого виду, район поселення.

Ходи та отвори в деревині, утворені личинками комах,

називають червоточинами, які класифікують за глибиною проникнення в деревину на поверхневі (до 3 мм), неглибокі (проникають у деревину не більше ніж на 15 мм у круглому лісоматеріалі і не більше 5 мм у пилопродукції та деталях) та глибокі (проникають у деревину на глибину понад 15 мм у круглих лісоматеріалах і понад 5 мм у пилопродукції та деталях). Поверхневі червоточини заподіюють переважно личинки короїдів, неглибокі – златок і деяких вусачів, глибокі – переважно личинки вусачів.

За діаметром отворів червоточини можуть бути дрібні (отвори діаметром до 3 мм), великі (понад 3 мм) й наскрізні.

За наявності поверхневих червоточин сорт деревини знижується з І до ІІ, за наявності неглибоких червоточин – до ІІ-ІІІ, за наявності глибоких червоточин деревина стає дров'яною.

У разі заселення комахами стовбурів в області грубої кори пошкоджується груба (найцінніша) деревина, в області перехідної кори – середня, в області тонкої – дрібна.

Пробні площі стисло описують (тип лісу, склад, бонітет, зімкненість намету, рельєф, задерніння ґрунту (додаток 11, 21). На пробних площах проводять суцільний облік дерев за видами і категоріями стану.

Категорії стану дерев оцінюють згідно із «Санітарними правилами в лісах України»

Після обліку вираховують частки дерев різних категорій, особливо здорових і усихаючих як за кількістю стовбурів, так і за масою (додаток 14).

В осередках усіх типів спалах масового розмноження стовбурових комах проходить 3 основні фази:

- початкову (росту чисельності, концентрації);
- власне спалаху (максимальної чисельності);
- кризи (розсіювання).

Кожній фазі розвитку осередків характерні певний розподіл дерев за санітарним станом і певні значення основних популяційних показників стовбурових комах (табл. 5.14).

Частка ослаблених дерев на початку спалаху збільшується, у другій фазі – зменшується, а у третій – різко зменшується. Частка заселених і відроблених стовбуровими комахами дерев перевищує природний відпад на початку спалаху у 2 – 3 рази, на фазі власне спалаху – у 3–5 і більше разів, а на фазі кризи

дорівнює або ненабагато перевищує природний відпад дерев. Водночас у міру розвитку осередку збільшується частка старого сухостою.

5.14. Зміни показників популяцій стовбурових комах за фазами розвитку осередків масового розмноження [28, 53]

Показники	Значення показників за фазами розвитку осередків		
	I – початкова (концентрації)	II – власне спалах	III – криза (розсіювання)
Використання типового району поселення	неповне	майже повне	повне або перевищує його розміри
Щільність поселення	менша за середню для виду	вища за середню або максимальна	середня – максимальна
Продукція	максимальна	близька до середньої	мінімальна – середня
Довжина маточних ходів	максимальна	близька до середньої	мінімальна – середня
Енергія розмноження	3–5 і більша	1,5–3	менша за 1
Запас на 1 га	у 2–3 вищий за природний запас	у 5 разів і більше перевершує природний запас	дорівнює або ненабагато перевищує природний запас
Чисельність ентомофагів	мала	близька до середньої	вища за середню

Кожному виду стовбурових комах характерні певні значення популяційних показників, які відображають поширення виду, рівень чисельності популяції, характеризують батьківське й молоде покоління.

Кожному виду стовбурових комах властиве заселення певних частин стовбурів чи гілок – так званих *районів поселення*. Це пов'язане з різними вимогами окремих видів до якості корму та умов мікроклімату, які обумовлені зокрема товщиною кори.

На деревах, заселених вусачами, златками, довгоносиками, ведуть облік кількості лялечкових колисочок і лялечок у них, переходу личинок у деревину або дорослих личинок під корою з розрахунку на 1 дм². Деякі уявлення про щільність поселення вусачів і златок дають дані про загальну довжину ходів на 1 дм². На кожній пробній площі для ентомологічного аналізу рубають

2–3 модельних дерева із всихаючих (додаток 12). На них обрубують сучки, знімають смужку кори від окоренка до верхівки завширшки 10–15 см. За ходами, які є під корою, визначають видовий склад стовбурових шкідників і райони їхнього поселення вздовж стовбура. В середині районів поселення основних шкідників ведуть облік їхньої чисельності на палетках площею 10 дм² (50×20 см). При цьому для короїдів встановлюють щільність поселення за кількістю маточних ходів і продукцію молодих жуків з розрахунку на 1 дм² поверхні стовбурів. Під продукцією розуміється кількість жуків молодого покоління на 1 дм².

На модельних деревах на палетках обліковують не тільки здорові особини стовбурових шкідників, але також кількість загиблих від збудників хвороб та кількість личинок і лялечок хижих комах. Якщо є підозри щодо ураження коренів гнилями від опенька або кореневої губки, розкопують кореневі системи декількох ослаблених і всихаючих дерев.

Заселення дерев стовбуровими комахами та відмирання цих дерев може відбуватися за декількома типами.

Окоренковий. Ослаблення дерева починається з нижньої частини дерева і поширюється вгору. Крони деякий час залишаються живими. Причини: ураження дерев кореневими гнилями, пошкодження низовими пожежами, коливання ґрунтових вод, сильне ущільнення ґрунту. У разі ослаблення дерев за таким типом їх заселяють на хвойних видах: короїд-стенограф *Ips sexdentatus*, великий сосновий лубоїд *Tomicus piniperda*, короїд-типограф *Ips typographus*, синя соснова златка *Phaenops cyanea*; на дубі – дубова двоплямиста вузькотіла златка *Agrilus biguttatus*.

Верхівковий. Заселення й відмирання дерев починається в районі тонкої кори. Причини: пошкодження крон дерев хвоє-листогризами, а також сосновими лубоїдами й вусачами під час додаткового живлення, сніголамом, хворобами (судинним мікозом). У разі ослаблення дерев за таким типом їх заселяють жердняковий смолюх *Pissodes harcyniae*, верхівковий короїд *Ips acuminatus*, гравер звичайний *Pityogenes chalcographus* (на хвойних видах); дубовий заболонник *Scolytus intricatus*, верхівкова вузькотіла златка *Agrilus angustulus*, червиця в'їдлива *Zeuzera pyrina* (на листяних видах).

Одночасний. Майже одночасне відмирання всього стовбура внаслідок, наприклад, пошкодження крон комахами, а кореневих систем – кореневими гнилями.

Стовбуровий. Ослаблення дерев відбувається в середній частині стовбура (наприклад, унаслідок розвитку ракових пухлин), заселення дерев стовбуровими комахами може поширюватися вгору або вниз залежно від конкретних умов.

Місцевий (локальний). Поселення стовбурових комах приурочені до місця пошкодження (морозобоїни, механічні пошкодження) і не призводять до загибелі всього дерева.

За термінами заселення дерев або деревної продукції стовбурових комах умовно розподіляють на фенологічні групи. Для більшості видів стовбурових комах цей розподіл є умовним, оскільки період льоту триває протягом 1–2 місяців, а за наявності декількох поколінь – протягом усього періоду вегетації. Найбільш ранні терміни початку льоту у межах усього ареалу характерні великому сосновому лубоїду *Tomicus piniperda*. Ці терміни збігаються із датою стійкого переходу температури повітря через +5 °C і відповідними фенологічними індикаторами – початком сокоруху берези та цвітінням ліщини. Початок льоту малого соснового лубоїда *Tomicus minor* відбувається дещо пізніше, збігається з датою стійкого переходу температури повітря через 10 °C і з початком розпускання листя дерев. Дещо пізніше відбувається літ і заселення дерев сосни верхівковим короїдом *Ips acuminatus*, шестизубчастим короїдом, сірим довговусим вусачем *Acanthocinus aedilis*, а дерев ялини – короїдом-типографом *Ips typographus*, короїдом-двійником *Ips duplicatus*, короїдом-гравером *Pityogenes chalcographus*.

До літньо-осінньої фенологічної групи належать друге покоління верхівкового короїда, короїда-стенографа, типографа, двійника, гравера. У літній період триває літ чорного соснового вусача *Monochamus galloprovincialis*, синьої соснової златки *Phaenops cyanea*, синього рогохвоста *Urocerus gigas*, великого ялинового лубоїда *Dendroctonus micans*, малого чорного ялинового вусача, малого дубового вусача *Monochamus sutor*, строкатого дубового вусача *Plagionotus arcuatus*, тополевого вусача *Saperda carcharias*, склівок, червиць тощо. Найбільш пізні терміни льоту цих комах переважно обмежені датою стійкого

переходу температури повітря через 15 °С у кожній місцевості (у середньому – у вересні).

Згідно з цим наземні лісопатологічні обстеження проводять після заселення дерев комахами, які є об'єктами нагляду, переважно у травні (види весняно-літньої фенологічної групи) та серпні (види літньо-осінньої групи), а за необхідності – двічі на рік. До проміжку часу між заселенням дерев стовбуровими комахами та вильотом молодого покоління мають бути приурочені також лісозахисні заходи.

За необхідності швидкого проведення обстеження великої кількості ділянок поширеність стовбурових комах оцінюють у балах за такими градаціями:

I – на стовбурі поодинокі ходи;

II – район поселення добре виражений, але поверхня стовбура у разі повного розвитку ходів використана не повністю, розміри ходів близькі до середніх значень для виду або вищі за них;

III – поверхня стовбура в районі поселення зайнята ходами повністю, розміри ходів близькі до середніх значень для виду або менші за них;

IV – поверхня стовбура в районі поселення зайнята ходами повністю, ходи часто деформовані, розміри ходів менші від середніх розмірів ходів для виду.

Для визначення ступеня заселеності дерев стовбуровими шкідниками використовують дані таблиці 5.15.

5.15. Показники ступеня заселеності дерев стовбуровими шкідниками [34]

Стовбурові шкідники	Чисельність молодого покоління шкідника на 1 дм ²		
	високий	середній	низький
Малий сосновий лубоїд	10,0 і більше	6,0-10,0	1,0-5,0
Великий сосновий лубоїд	5,0 і більше	3,0-5,0	0,5-2,9
Синя златка	0,5 і більше	0,3-0,5	0,1-0,2
Чорний сосновий вусач	1,0 і більше	0,6-1,0	0,2-0,5

У випадку, якщо вхідні отвори короїдів добре видно, а усі спроби поселення виявилися успішними, підраховують на

палетці кількість вхідних отворів, розташованих у тріщинах кори, та кількість вихідних отворів, розташованих на поверхні кори, без її розтинання. Щільність поселення батьківського покоління визначається діленням кількості жуків на палетці на її площу. Продукцію молодого покоління короїдів визначають за кількістю вихідних отворів на одиниці площі, а енергію розмноження – діленням показника продукції на кількість жуків батьківського покоління. Під щільністю поселення для короїдів розуміють кількість маточних ходів на 1 дм², для вусачів та златок – загальну довжину ходів у дециметрах на одиницю площі; крім того, для короїдів враховують продукцію молодих жуків або їхніх отворів на 1 дм². Після детального обстеження в осередках стовбурових шкідників проводять вибіркові санітарні рубки. За великої кількості всихаючих дерев і у випадку зниження відносної повноти після рубки менше 0,4 проєктують суцільну санітарну рубку. Її також іноді призначають у разі зімкненості 0,5–0,6 і тенденції до продовження всихання, наприклад, у разі ураженні коренів гнилями від збудника кореневої губки або опенька.

Для визначення частки пошкоджених стовбуровими шкідниками дерев у характерному місці беруть підряд без вибору 30–50 дерев, підраховують кількість сухостійних і всихаючих окремо. До сухостійних належить старий сухостій, вже залишений стовбуровими шкідниками, а до всихаючих – ще заселені ними дерева.

В журналі необхідно відмітити також характер розподілу в насадженні сухих і всихаючих дерев:

- а) поодинокий – якщо вони розсіяні у насадженні;
- б) груповий – трапляються групами до 10 дерев;
- в) куртинний – всихаючі дерева відмічені куртинами величиною до 0,25 га;
- г) суцільний – площа всихаючих ділянок понад 0,25га.

В осередках стовбурових шкідників встановлюють найбільш розповсюджені види, а також виявляють причини ослаблення насаджень. На розповсюдження в лісі соснових лубоїдів (стригунів) вказує наявність пагонів сосни, які опали від пошкоджень жуками під час їхнього додаткового живлення (табл. 5.16).

5.16. Рівні чисельності соснових лубоїдів у насадженні за інтенсивністю додаткового живлення [28]

Середня кількість пагонів на 1 м ²	Візуальна оцінка кількості пагонів	Чисельність жуків молодого покоління
До 2	Поодинокі	Помірна
3 – 5	Повсюдно	Підвищена
6 – 10	Багато	Висока
Понад 10	Дуже багато	Надмірна

Після проведення рекогносцирувальних і детальних обстежень санітарного стану лісових насаджень необхідно скласти *лісопатологічну карту*. На карті умовними позначеннями відзначають осередки збудників хвороб, шкідливих комах, інші причини уражень і пошкоджень, інтенсивність ураження. Матеріали лісопатологічних обстежень насаджень дають змогу складати прогнози розвитку хвороб, планувати і розробляти заходи захисту від них. Особливе значення має можливість підрахунку економічного збитку, заподіюваного збудниками хвороб, і ефективності лісозахисних робіт. Визначення збитку від хвороб враховує не тільки зниження вартості деревини, виходу садивного матеріалу в розсадниках або інші добре помітні втрати, але і зниження приросту насаджень, збільшення термінів вирощування деревини, необхідні витрати на відновлення і зниження інших корисних функцій лісу. Під час економічних розрахунків варто брати до уваги специфіку досліджуваних об'єктів (розсадники, штучні лісові насадження, природні молодняки, стиглі і перестійні насадження й ін.)

Під час розрахунку економічної ефективності лісозахисних заходів необхідно враховувати не тільки зменшення шкідливого впливу хвороби, але і корисний вплив лісозахисних заходів на всі навколишні насадження. В основному – це результат ліквідації осередків і, отже, зменшення можливості повторного заселення.

Крім лісових насаджень специфічні лісопатологічні обстеження проводять також у лісопаркових насадженнях, парках, заповідниках, захисних припшляхових посадках, полезахисних, меліоративних насадженнях і т. п. У таких насадженнях враховується інтенсивність дигресії, відстань від джерел забруднення повітря, наявність механічних пошкоджень стовбурів і інших факторів, які знижують стійкість насаджень. У

пришляхових захисних насадженнях, полезахисних смугах і інших меліоративних насадженнях варто приділяти особливу увагу залежності розвитку хвороб (усихання насаджень) від структури посадок, механічних пошкоджень, діяльності людини й інших факторів.

Лісопатологічні обстеження в таких спеціалізованих насадженнях є основою розробки лісозахисних заходів, спрямованих на подовження життєдіяльності насаджень і підвищення їхніх корисних функцій.

Прийняття рішень за результатами нагляду. За результатами нагляду приймають рішення стосовно проведення лісопатологічного обстеження, призначення певних профілактичних лісозахисних заходів або заходів з поліпшення санітарного стану лісів.

В осередках комах-листогризів застосування інсектицидів для оприскування насаджень призначають, якщо загроза їхнього пошкодження перевищує 50 %, в осередках комах-хвоєгризів – 30 %.

У насадженнях із переважанням дуба та сосни критичну чисельність комах-листогризів визначають із використанням "Нормативи кількісних показників..." [37]. У насадженнях із переважанням осики загрозу розраховують так само, як для дуба. У листяних насадженнях із переважанням берези кількість личинок, що можуть спричинити 100 % дефоліацію, слід помножити "Нормативну" [37] кількість для дуба на 1,2, з переважанням вільхи – на 0,7, з переважанням ясеня – на 0,6.

Критерії призначення заходів в осередках хвороб детально наведені у Додатку 12 «Методичних вказівок з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України (2020) [26].



Питання для самоперевірки

- 1. За якими симптомами оцінюють стан дерев?*
- 2. Як визначають біологічну стійкість насаджень?*
- 3. Назвіть особливості обстеження насаджень в осередках хвороб.*
- 4. Як визначити оптимальні терміни нагляду та обліку комах-хвоєлистогризів?*
- 5. Основні принципи обліку комах-фітофагів.*
- 6. Як оцінити вплив шкідливих організмів на стан насаджень?*
- 7. Із якою метою здійснюють облік щільності комах?*
- 8. Назвіть типи відмирання дерев, заселених стовбуровими шкідниками*
- 9. Що таке фізіологічна і технічна шкідливість стовбурових комах?*
- 10. Назвіть комах-ксилофагів сосни звичайної та методи їх обліку.*
- 11. Назвіть комах-ксилофагів ялини звичайної та методи їх обліку.*
- 12. Назвіть комах-ксилофагів дуба звичайного та методи їх обліку.*
- 13. Назвіть комах-ксилофагів ільмових та методи їх обліку.*
- 14. Назвіть комах-ксилофагів берези повислої та методи їх обліку.*

РОЗДІЛ 6 МЕТОДИ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАСАДЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

З розвитком технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з'являється все більше інструментів для моніторингу фітопатологічного стану лісових насаджень. Інформація, яку одержують на основі даних ДЗЗ, залежить від характеристик матеріалів зйомки, у зв'язку з чим необхідно мати достатній рівень їхнього розуміння. Під час організації моніторингу на основі даних ДЗЗ передусім потрібно визначитися з ключовими характеристиками технологій дистанційного моніторингу, усвідомити як вони пов'язані з поставленими завданнями потрібного рівня детальності (просторового, часового), проаналізувати різні методи та виявити можливість застосування відповідно до поставленої мети [24].

Важливе значення має професійний рівень інтерпретації взаємозв'язку різних порушень лісових насаджень, що виявляються на знімках. У виборі методів моніторингу шкідливих організмів лісових екосистем треба враховувати, що не всі з них можуть бути застосовані до тих чи інших матеріалів ДЗЗ. Також треба усвідомлювати, що різним біотичним і абіотичним факторам насаджень можуть бути притаманні подібні візуальні характеристики пошкодження лісових. Доволі часто не вдається відрізнити ознаки всихання насаджень, наприклад, викликаного у результаті дії несприятливих факторів зовнішнього середовища чи певного патогенного організму. В зв'язку з цим дистанційні методи лісопатологічного моніторингу мають свої обмеження та мають використовуватися в поєднанні з наземними.

Мета розділу – зробити стислий огляд технологій ДЗЗ у контексті моніторингу пошкодження лісових насаджень шкідливими організмами. У ньому зроблено акцент на дані супутникової та безпілотної зйомки оптичного діапазону. За логікою розділ містить кілька пов'язаних секцій: 1) коротке узагальнення сучасних тенденцій використання даних ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу; 2) основні характеристики даних ДЗЗ, що мають значення для моніторингу шкідників і хвороб лісових насаджень; 3) огляд основних алгоритмів аналізу та

інтерпретації даних ДЗЗ; 4) обговорення ключових завдань щодо організації ефективного лісопатологічного моніторингу.

6.1. Стислий огляд технологій дистанційного моніторингу пошкоджень лісових насаджень шкідниками та хворобами лісу

Незважаючи на те, що методи моніторингу фітосанітарного стану лісових насаджень за матеріалами ДЗЗ існували ще в середини 1970-х років [10], це питання отримало суттєвого розвитку лише порівняно нещодавно (з середини 2000-х років). Існують кілька причин активізації моніторингових досліджень на основі дистанційних технологій у світі та в Україні. По-перше, збільшення кількості досліджень пов'язане зі зростанням частоти появи і масштабів пошкодження лісових насаджень шкідливими організмами, що вважається наслідком глобальних змін клімату та антропогенного навантаження. По-друге, за останні десятиріччя відбувається суттєвий розвиток технологій спостереження за станом земної поверхні з повітря та космосу, а доступ до даних ДЗЗ спрощується. Це сприяє вдосконаленню алгоритмів автоматизованого аналізу знімків, які використовують у системах моніторингу. Наприклад вільний доступ до архівних супутникових знімків Landsat [88], наданий Геологічною Службою США з 2008 року, сприяв розробці низки алгоритмів аналізу змін на основі часових рядів супутникових знімків, які допомагають виявляти пошкодження лісових насаджень комахами та ураження збудниками хвороб.

У порівнянні з моніторингом хвороб деревних рослин, ДЗЗ значно частіше застосовують для виявлення пошкодження лісових насаджень комахами (табл. 6.1). Це пояснюється тим, що в світовому масштабі вплив комах на ліси значно більший [65]. За дослідженнями європейських учених [84] основні досягнення стосовно дистанційного моніторингу спалахів комах географічно пов'язані з територією США, Канади, країн Західної та Північної Європи. При цьому станом на початок 2017 року близько 10 % усіх опублікованих досліджень виконувалися на основі супутникових знімків низького просторового розрізнення (переважно MODIS), майже 60 % використовували дані ДЗЗ середнього просторового розрізнення (в основному знімки систем

Landsat), 15 % були пов'язані з супутниковими даними високого просторового розрізнення (такі як, QuickBird, RapidEye, WorldView тощо), решту 15 % виконано за знімками надвисокого просторового розрізнення, зокрема LIDAR.

6.1. Приклади застосування матеріалів ДЗЗ під час лісопаталогічного моніторингу лісових насаджень

Фактор пошкодження	Вид деревної рослинності	Тип зйомки	Країна	Посилання на джерело
<i>Chrysomya rhododendri</i>	Ялина європейська	Гіпер-спектральна зйомка з БПЛА*	Фінляндія	Nasi et al., 2018 [79]
<i>Phytophthora ramorum</i>	Дуб	Мульти-спектральна аерофото-зйомка з літаків	США	Liu et al., 2006 [76]
<i>Dendroctonus frontalis</i>	Сосна	Мульти-спектральні супутникові знімки Landsat	США	Cook et al., 2007 [67]
<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	Сосна звичайна	RGB зйомка з БПЛА	Іспанія	Otsu et al., 2018 [80]
<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	Сосна звичайна	Мульти-спектральна зйомка з БПЛА	Іспанія	Cardil et al., 2019 [64]
<i>Ips typographus</i>	Ялина європейська, бук звичайний, ялиця біла	RGB, мульти-спектральна зйомка з БПЛА	Чеська Республіка	Kloucek et al., 2019 [75]
<i>Ips typographus</i>	Ялина європейська, бук звичайний, ялиця біла	Гіпер-спектральна зйомка з літаків	Німеччина	Fassnacht et al., 2014 [71]
<i>Ips typographus</i>	Ялиця біла	Мульти-спектральні супутникові знімки MODIS	Австрія	Verbesselt et al., 2009 [87]

* БПЛА – Безпілотний літальний апарат

Дані низького просторового розрізнення досі мають певний потенціал для застосування у країнах з великою площею лісів (Канада) під час виявлення впливу комах-хвоєлистогризів на

тенденцію дефоліації лісового покриву. Супутникові знімки середнього просторового розрізнення також більш ефективні за значного масштабу пошкоджень або багаторічних моніторингових досліджень, оскільки доступні на безоплатній основі. Аналіз результатів опублікованих досліджень свідчить про ефективність даних ДЗЗ високого просторового розрізнення для картографування пошкоджень насаджень, зумовлених хвоєлистогризами, тоді як дані з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) можуть використовуватися для ідентифікації локальних осередків розмноження шкідливих організмів.

У контексті автоматичної диференціації пошкоджень залежно від чинника важливе значення має аналіз змін спектрально-відбивних властивостей рослинності. У зв'язку з цим його виконують лише на основі мультиспектральних даних ДЗЗ, використовуючи різні спектральні показники, найчастіше вегетаційні індекси: нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI); індекс водного стресу (MSI); нормалізований індекс згарищ (NBR); індекс листової поверхні (LAI) тощо [84].

Сучасні дослідження свідчать, що наявність різночасових знімків має важливе значення для ефективного фітосанітарного моніторингу. Останнім часом все більше уваги приділяється так званім щільним часовим рядам даних ДЗЗ, які одержують, наприклад, кілька разів на місяць. Окремі знімки мають значно менший потенціал у визначенні точних контурів і ступеня пошкодження лісових насаджень та застосовуються переважно для одноразового обстеження (зйомка з БПЛА). Ці дані в подальшому можуть бути основою візуального аналізу пошкоджень і спільно з матеріалами натурних досліджень використовуватися в алгоритмах автоматизованої обробки різночасових знімків, зокрема щодо оцінювання точності картографування.

Під час дешифрування даних ДЗЗ можуть використовуватися як візуальні, так і автоматизовані методи. Перші з них більшою мірою пов'язані зі знімками з БПЛА або іншими типами даних надвисокого просторового розрізнення. Обробку матеріалів супутникової зйомки частіше виконують методами комп'ютерної класифікації. Серед найпоширеніших алгоритмів досі залишаються методи машинного навчання («випадковий ліс», нейронні мережі), деякі параметричні методи (метод максимальної вірогідності), логістична регресія. Під час аналізу

різночасових знімків частіше застосовують «порогову» класифікацію на основі різниці значень деяких вегетаційних показників, зафіксованих до та після пошкодження.

Аналіз публікацій, в яких розглядаються методи моніторингу фітосанітарного стану лісових насаджень, свідчить про зростаючий інтерес до цього питання за кордоном. З табл. 6.1 можна помітити, що впродовж останніх років усе частіше застосовують матеріали БПЛА. Незважаючи на це, вибір технології має узгоджуватися з кінцевою метою моніторингу.

6.2. Вибір технологій ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу

Вибір технології моніторингу стану лісових насаджень залежить від рівня детальності дослідження – як у просторовому, так і часовому вимірах. Об'єктом моніторингу може бути окреме дерево, деревостан, а дослідження виконуватися на локальному, регіональному чи більш узагальненому рівні. Від цього залежить вибір матеріалів ДЗЗ, їхнього просторового, спектрального, темпорального та радіометричного розрізнення. Одночасно з вибором технології дистанційного моніторингу потрібно розглядати методи, які будуть застосовані для аналізу знімків. У будь-якому випадку потреби кінцевого користувача стосовно якості матеріалів моніторингу є вирішальними на етапі підготовки системи моніторингу лісопатологічного стану лісових насаджень. Наприклад, якщо користувача цікавить загальна площа пошкоджень, зумовлена певним шкідливим організмом, бінарна класифікація лісових ділянок на «пошкоджені» та «непошкоджені» може виявитися достатньою. Однак, якщо завдання моніторингу пов'язане з плануванням заходів з лісовідновлення чи дослідження процесів природної сукцесії деревостанів, потрібна детальніша інформація про ступені пошкодження. Вимоги щодо характеристик матеріалів ДЗЗ є визначальними у підборі відповідних технологій та якості кінцевої продукції моніторингу.

Основні характеристики знімків визначаються технічними можливостями сенсорів або технологією зйомки. Враховуючи, що моніторинг мають здійснювати фахівці ДЗЗ, у цьому розділі представлено лише загальні поняття про основні просторові,

темпоральні та спектральні характеристики мультиспектральних знімків оптичного діапазону, що мають значення для ідентифікації пошкоджень лісових насаджень шкідливими організмами. Для глибшого розуміння фізичних основ ДЗЗ рекомендовано звернутися до більш спеціалізованої літератури [20, 32, 58].

Просторові характеристики. Необхідний рівень лісопатологічного моніторингу задається просторовим розрізненням матеріалів ДЗЗ, яке характеризується розміром мінімального об'єкта, що можна ідентифікувати на знімку [20]. Для матеріалів ДЗЗ в цифровому форматі цей показник стосується розміру пікселя: система з просторовим розрізненням 30 м технічно здатна розрізнити щонайменше сигнал відбиття від ділянки розміром 30×30 м. Якщо об'єктом інтересу є окреме дерево та застосовується сенсор із просторовим розрізненням 30 м, треба очікувати, що піксель буде містити змішаний сигнал від кількох дерев. Це зменшує можливість застосування таких матеріалів для проведення дослідження на рівні окремого дерева. З іншого боку, моніторинг пошкоджень лісових насаджень за просторового розрізнення 30 м є суттєво успішнішим, оскільки кожен піксель міститиме узагальнену характеристику стану відповідної лісової ділянки. Взаємозв'язок між просторовим розрізненням і рівнем детальності дослідження вдало описано в роботі W. Tobler [86]: щоб знайти мінімальний розмір об'єкта, який буде ідентифікуватися на знімку, необхідно просторове розрізнення збільшити вдвічі. Цей коефіцієнт, помножений на 1000, указуватиме на знаменник масштабу кінцевих картографічних матеріалів (табл. 6.2). При цьому треба зауважити, що за даними з БПЛА можливо виконувати контурне дешифрування осередків пошкоджень за будь-якого масштабу, утім їхнє застосування для значних за площею об'єктів зумовить не виправдано великі витрати.

Іншими важливими характеристиками, які прямо пов'язані з просторовим розрізненням, є охоплення території окремим знімком і обсяг інформації в мегабайтах. Сенсори з нижчим просторовим розрізненням здатні охоплювати більшу територію. При цьому на одиницю площі припадатиме менший обсяг інформації, який потрібно зберігати. Наприклад, просторове розрізнення знімків GeoEye-1 досягає 0,5 м, а ширина смуги зйомки – 15,2 км, тоді як

знімки Sentinel 2A/2B за просторового розрізнення до 10 м охоплюють смугу завширшки 290 км. Таким чином просторове розрізнення наперед задає характеристики кінцевого результату дистанційного моніторингу: високе просторове розрізнення може забезпечити детальну інформацію (аж до рівня крони окремого дерева), утім покриття території буде обмежене.

6.2. Співвідношення між масштабом і просторовим розрізненням даних супутникової зйомки

Масштаб	Просторове розрізнення, м	Лінійний розмір найменшої одиниці на карті, м	Сенсор
1 : 2000	1	2	GeoEye, WorldView,
1 : 10 000	5	10	RapidEye, PlanetScope, Spot 6/7
1 : 50 000	25	50	Landsat ETM+/OLI, Sentinel 2A/2B
1 : 100 000	50	100	Landsat ETM+/OLI, Landsat TM

Як правило, використання даних ДЗЗ вищого просторового розрізнення пов'язане з більшими фінансовими витратами на одержання цих даних, їхнє зберігання, обробку тощо. Для великих за площею територій дані високого просторового розрізнення можуть виявитися фінансово недоцільними, тоді як деякі матеріали супутникової зйомки (Landsat, Sentinel) нині постачаються на безоплатній основі. Також варто розуміти, що периметри пошкоджених ділянок, виділених на основі даних різного просторового розрізнення, відрізняються.

Обираючи дані ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу, чи не найбільшу увагу треба приділити саме просторовому розрізненню. Загальне уявлення про масштабні пошкодження отримують на основі безоплатних супутникових знімків середнього просторового розрізнення (Landsat, Sentinel). Доступність архівних даних допомагає відслідкувати динаміку стану лісових насаджень і максимально точно визначити наближений контур осередка пошкоджень. Для подальшої деталізації дослідження більше значення мають знімки високого та надвисокого просторового розрізнення або матеріали зйомки з БПЛА, які забезпечують більший рівень просторової деталізації [69].

Рівень детальності дистанційного моніторингу слід розглядати спільно з витратами коштів на його проведення. Тут важливо знайти компроміс між необхідним рівнем просторової точності та доступними ресурсами. Залучення даних ДЗЗ з вищим просторовим розрізненням пов'язане з більшими витратами в перерахунку на одиницю площі. Це включає кошти на придбання даних, а також додаткові ресурси для їхнього зберігання, попередньої обробки та інтерпретації. В більшості випадків дешифрування пошкоджень за знімками надвисокого просторового розрізнення потребує безпосередньої участі фахівців, оскільки значна частина аналізу виконується візуальними методами. Для дешифрування супутникових знімків середнього просторового розрізнення може застосовуватися низка автоматизованих алгоритмів класифікації або аналізу змін [65].

Темпоральні характеристики. Ефективність лісопатологічного моніторингу залежить від темпорального розрізнення даних ДЗЗ, яке відображає час, потрібний сенсору для одержання повторного знімка певної ділянки земної поверхні. Особливе значення ця характеристика має для оперативного виявлення пошкоджень, пов'язаних із масовим розмноженням шкідливих комах. Для довгострокового спостереження за станом лісових насаджень період зйомки має охоплювати однаковий сезон упродовж різних років, а спектральні характеристики даних ДЗЗ залишатися порівняно стійкими. Високе темпоральне розрізнення має важливе значення для одержання якісних знімків у максимально сприятливих періодах. Наприклад, матеріали зйомки в оптичному діапазоні можуть бути неприйнятними через хмарність.

Темпоральне розрізнення не дуже критичне для даних, які одержують з БПЛА або інших повітряних засобів, оскільки зйомка виконується на замовлення. Тому її часто застосовують для оперативного виявлення осередків пошкоджень в окремих лісових насадженнях. Матеріали ж супутникової зйомки знаходять ширше застосування для ідентифікації пошкоджень на систематичній основі під час довгострокового моніторингу. Загалом існує питання вибору між високим темпоральним і просторовим розрізненням, які часто взаємовиключні: вище темпоральне розрізнення, як правило, пов'язане з більшим охопленням території та більшим розміром пікселя. Одним із

прикладів, який можна навести всупереч цій закономірності, є знімки групи сучасних нано-супутників PlanetScope [81]. Завдяки великій кількості (понад 100) супутників забезпечується щоденне покриття території знімками за просторового розрізнення близько 3 м.

Спектральні характеристики. Спектральне розрізнення виражається кількістю діапазонів електромагнітного спектра, які може зафіксувати сенсор. Використання панхроматичних (чорно-білих) знімків під час моніторингу стану лісових насаджень обмежене, тому перевагу треба надавати мультиспектральним даним ДЗЗ. На основі знімків, одержаних у видимому діапазоні, можна ідентифікувати пошкодження, якщо вони мають високе просторове розрізнення (у тому числі, зроблені БПЛА). Все ж, наявність додаткових спектральних діапазонів у ближньому інфрачервоному діапазоні робить подібний аналіз значно ефективнішим. Це пояснюється зміною закономірностей відбиття здорової зеленої та пошкодженої (всихаючої) рослинності в різних спектральних діапазонах, яка особливо помітна в інфрачервоному діапазоні [58]. Під час візуального аналізу переваги виявляються в зміні відтінків, комп'ютерній класифікації – завдяки вищому рівню ідентифікації порушень автоматизованими алгоритмами.

У контексті питання спектрального розрізнення доречно зазначити, що ДЗЗ загалом прийнято класифікувати на пасивне та активне. Найбільше значення для лісопатологічного моніторингу має пасивне чи оптичне зондування в діапазоні від 0,4 до 2,5 мкм. Воно досі залишається основним у дослідженні стану рослинності. Сенсори активного ДЗЗ фіксують власне випромінювання різної частоти, а можливість застосування менше пов'язана з умовами погоди. Системи LIDAR та SAR є прикладами активних сенсорів, утім їхнє використання пов'язане зі значними фінансовими витратами.

Чутливість сенсора до різних рівнів інтенсивності відбиття характеризується радіометричним розрізненням. Вище радіометричне розрізнення означає, що сенсор чутливіший до варіації відбиття. Наприклад, радіометричне розрізнення 8 біт означає, що значення пікселя можуть знаходитися в діапазоні від 0 до 255 ($2^8 = 256$). У контексті вибору даних для організації лісопатологічного моніторингу радіометричне розрізнення має чи не

найменше значення. Водночас за можливості, перевагу треба надавати даним із більшим радіометричним розрізненням

Принципи вибору технології ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу. В сучасних умовах, коли доступна велика кількість даних ДЗЗ із різними просторовими, спектральними та темпоральними характеристиками, часто непросто визначитися з оптимальною технологією моніторингу фітосанітарного стану лісових насаджень. У табл. 6.3 для прикладу наведено, як узгоджуються між собою просторове та спектральне розрізнення найбільш поширених систем ДЗЗ.

6.3. Приклади даних супутникової зйомки залежно від просторового і спектрального розрізнення

Спек- тральний діапазон	Діапазон просторового розрізнення мультиспектральних даних					
	< 3 м		3–6 м		10–20 м	30 м
	World- View	Pleiades	Planet- Scope	Spot 6/7	Sentinel 2	Landsat 8
Видимий 0,4–0,8 мкм						
NIR 0,8–1,4 мкм						
SWIR 1,4–2,3 мкм						

Під час вибору інструментів і типів даних потрібно пов'язати мету й вимоги кінцевого користувача щодо точності та актуальності результатів і доступні фінансові ресурси. В цьому відношенні треба взяти до уваги, що деякі типи даних ДЗЗ можна отримати на безоплатній основі. Їх передусім треба розглядати як джерело даних для організації тривалих моніторингових досліджень. Іншою перевагою є багаторічні архівні знімки, які для програми Landsat наявні з середини 1980-х років, Sentinel-2 – з 2015 року. Доступність щорічних або помісячних часових рядів, якісна калібровка та спектральні характеристики знімків (наявність спектральних каналів у видимому, ближньому (NIR) та короткохвильовому інфрачервоному (SWIR) діапазонах спектра) дає змогу використовувати складніші алгоритми для безперервного аналізу змін стану лісів, що продемонстровано в багатьох дослідженнях [84]. Звісно, при цьому масштабність моніторингу має узгоджуватися з просторовим розрізненням 10–30 м, характерним для цих даних.

Доволі часто виникає потреба в одноразовому обстеженні пошкоджених лісових насаджень, де не можна обійтися без даних високого просторового розрізнення. Кращим варіантом у такому випадку стануть супутникові знімки сучасних комерційних систем WorldView, GeoEye тощо. Зазвичай цей варіант вимагає підбору знімків щонайменше на дві дати – безпосередньо перед і після пошкодження. Якщо стан атмосфери не дозволив отримати якісних зображень, доведеться розглядати знімки, зроблені в найбільш вдалу дату після пошкодження та протягом відповідного сезону за минулий чи минулі роки. В будь-якому випадку супутникові знімки мають більший потенціал застосування для моніторингових досліджень у порівнянні з матеріалами аерофотозйомки, оскільки завжди існує можливість підбору найбільш високоякісних архівних даних.

Матеріали БПЛА останнім часом все ширше застосовують для різних лісогосподарських завдань, зокрема моніторингу фітосанітарного стану насаджень. Швидку оцінку масштабів пошкоджень найкраще одержати саме завдяки зйомці з БПЛА та візуальному дешифруванню зображень. Проте за великої площі пошкоджень ефективність збору інформації в таких спосіб може поступатися супутниковій зйомці. Висока детальність зображень більше узгоджуються з вимогами контурного дешифрування, а не

визначення ступенів пошкоджень чи автоматизованого виявлення осередків поширення шкідливих організмів.

6.3. Огляд автоматизованих алгоритмів обробки даних ДЗЗ

До цього часу розроблено чимало алгоритмів аналізу даних ДЗЗ, які можливо застосовувати для лісопатологічного моніторингу лісових насаджень. Оскільки в більшості випадків під час визначення ступеня пошкодження деревостанів доводиться порівнювати знімки для двох періодів, дуже важливо забезпечити для них якісне радіометричне та геометричне калібрування. Лише в такому випадку можна очікувати, що зміна спектрального сигналу пов'язана з реальною зміною стану земної поверхні (рослинності), а не умовами зйомки (стан атмосфери, калібровка знімальної апаратури тощо). Радіометрична обробка даних ДЗЗ покликана мінімізувати вплив цих факторів на результати подальшого аналізу знімків. Відповідно, геометрична корекція виконується з метою виправлення геометричних спотворень зображень, зумовлених рельєфом місцевості, кутом нахилу знімальної апаратури чи помилок взаємної прив'язки знімків [20].

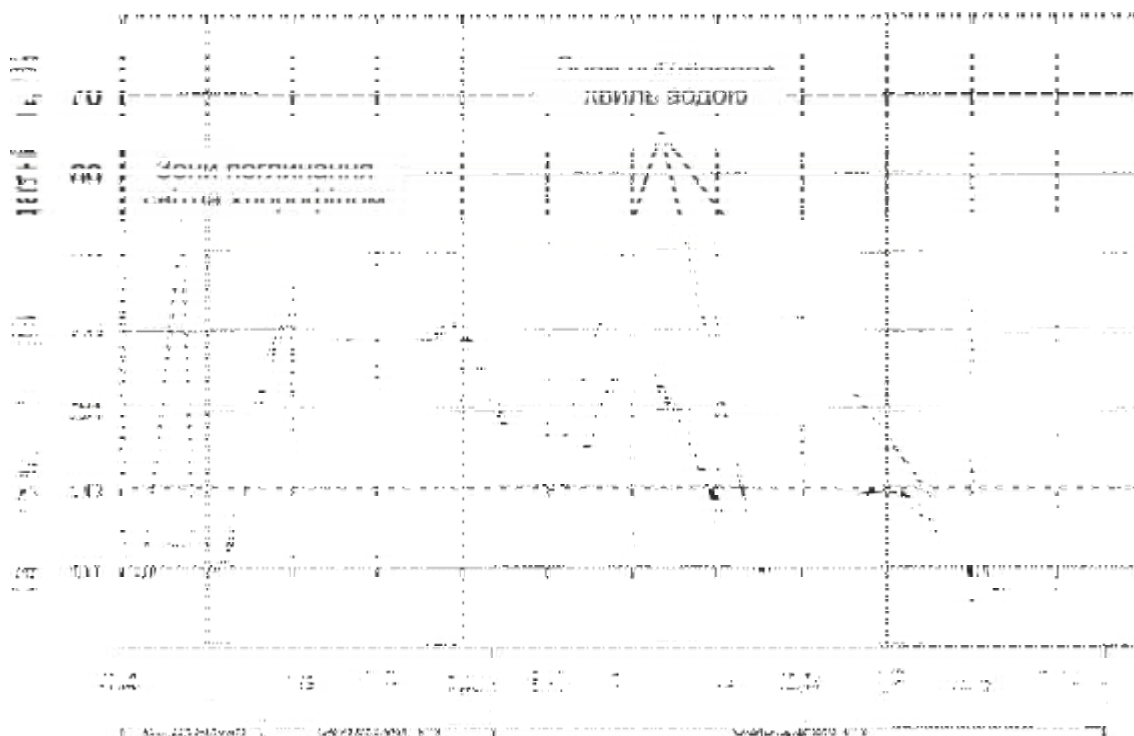
Найбільшу точність дешифрування пошкоджень лісових насаджень забезпечують орторектифіковані супутникові знімки, для яких коефіцієнти відбиття приведені до значень відбиття на земній поверхні. Постачальники цих даних зазвичай надають можливість вибору потрібного рівня обробки, який можна встановити на основі метаданих: наприклад, супутникові знімки Sentinel 2 рівня обробки Level-2A означають, що вони вже зазнали геометричної та радіометричної корекції та можуть використовуватися для аналізу часових змін. Інформацію про доступні рівні обробки можна отримати на web-сайтах постачальників даних ДЗЗ. Також треба розраховувати, що попередню підготовку знімків з БПЛА доведеться виконувати самотужки. Із загальними теоретичними ідеями радіометричної та геометричної корекції можна познайомитися в спеціалізованій літературі [20, 58, 69], що не входить до завдань цього посібника.

Спектральні властивості об'єктів земної поверхні надзвичайно різноманітні, але при цьому мають цілком визначені особливості, характерні для певного класу об'єктів: гірські

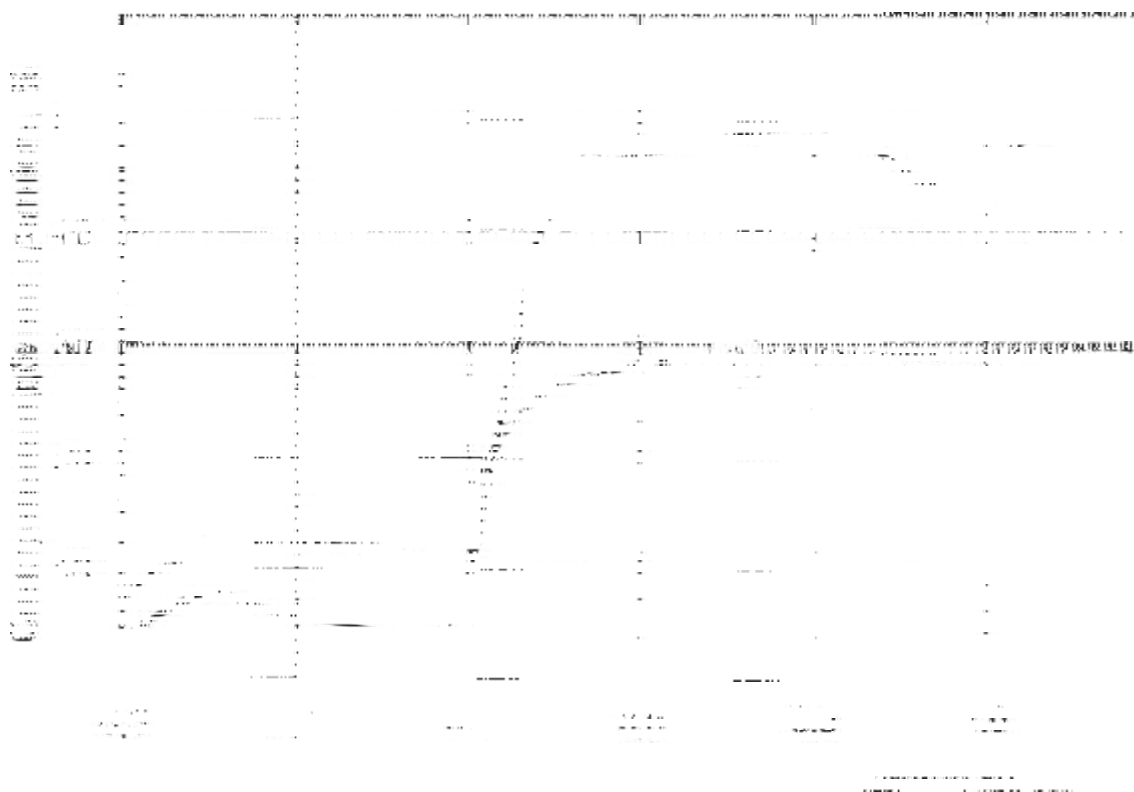
породи, ґрунти, рослинність, водні об'єкти, сніг і хмари тощо. У порівнянні з іншими об'єктами земної поверхні рослинності притаманна найбільша спектральна селективність. Відбивна здатність рослинного покриву переважно залежить від чотирьох факторів: 1) оптичних властивостей листя (хвої) залежно від їхнього стану; 2) геометрії рослин (особливо індексу листової поверхні LAI та кутового розподілу листя); 3) відбивної здатності поверхні ґрунту, якщо рослини не утворюють суцільного покриву; 4) структури рослинного покриву, тобто характеру просторового розподілу рослин.

Криві спектральної яскравості зелених рослин мають одну загальну закономірність: в оптичному діапазоні спектра у них існують два мінімуми – в синій (0,45–0,47 мкм) і червоній (0,68–0,69 мкм) ділянках довжин хвиль і два максимуми – в зеленому (0,54–0,58 мкм) і ближньому інфрачервоному (0,7–1,3 мкм) діапазоні спектра. Велика частка (70–90 %) сонячних променів синього та червоного діапазонів електромагнітного випромінювання поглинається пігментами листя рослин, насамперед хлорофілом, і перетворюється на енергію, необхідну для процесу фотосинтезу. На зелену зону припадає максимум відбиття поверхнею листя, саме тому сприймається зелений колір листя. Проте найбільш високе відбиття відбувається у ближній інфрачервоній частині спектра. Воно пов'язане з внутрішньою структурою листа. В середньому інфрачервоному діапазоні (за довжини хвиль 1,4, 1,9, 2,7 мкм) відчутним є ефект, пов'язаний із вікнами поглинання хвиль водою. Піки спектральної відбивної здатності в цьому діапазоні припадають на хвилі довжиною 1,6 і 2,2 мкм (рис. 6.1).

Рослинність є найбільш чутливим компонентом природних екосистем. На склад, фізіологічний стан і, відповідно, на спектральні характеристики значний вплив мають як постійні фізико-географічні фактори (клімат, рельєф, ґрунти), так і тимчасові (погодні умови, антропогенні, фітосанітарний стан тощо). Рослини реагують на зміну зовнішніх умов зміною хімічного складу листя, що відразу виявляється під дією екстремальних факторів. Наслідком цього є різке падіння відбивної здатності в ближній інфрачервоній зоні спектра (рис. 6.2).



6.1. Крива спектральної відбивної здатності зеленої рослинності [58]



6.2. Спектральна відбивна знатність здорової (1) і пошкодженої (2) рослинності [58]

Із зазначено випливає можливість використання описаних закономірностей не лише для ідентифікації різних типів земного покриву, але й для оцінювання стресових станів рослинності, які можуть бути зумовлені, наприклад, пошкодженням комахами й ураженими збудниками хвороб лісу.

Порогова класифікація. У порівнянні зі здоровими деревами пошкоджені мають чіткі ознаки, такі як зменшений вміст вологи в листі (хвої), зміна забарвлення або повна дефоліація крон. Порогова класифікація дає змогу підібрати на основі певних спектральних показників таке значення, яке відокремить пошкоджені та здорові рослини чи дасть змогу класифікувати окремі степені пошкодження. Незважаючи на те, що подібний підхід виглядає достатньо простим, його ефективність залежить від коректного обґрунтування прийнятого порогового значення для відповідних спектральних даних.

Характеристика пошкоджень за даними ДЗЗ переважно ґрунтується на спектральних індексах (вегетаційних індексах). Перевага вегетаційних індексів полягає у зменшенні мінливості спектрального сигналу, зумовленого різними умовами зйомки. Їхня ефективність залежить від того, наскільки вони узгоджуються з біофізичним явищем: оптимальний індекс має забезпечувати високу чутливість, лінійний зв'язок із характеристиками лісового покриву, мати достатні динамічний розмах і мінімальний ефект від насичення сигналу [81]. У цьому відношенні найбільш поширений індекс NDVI, який постає мірою «зеленої біомаси», однак для зімкненого намету деревостанів зазнає насичення, після якого неможливо точно охарактеризувати ступінь пошкодження. Загалом, методи виявлення пошкодження насаджень на основі даних ДЗЗ побудовані на відмінностях сигналу в червоному, ближньому та короткохвильовому інфрачервоному діапазонах. Оскільки пошкодження дерев позначається на зміні біофізичних показників намету, вони також виявляються в зміні відбивних властивостей здорової та пошкодженої рослинності в різних діапазонах електромагнітного випромінювання (див. рис. 6.1 і рис. 6.2). Саме тому завдяки різниці в значеннях до, під час і після пошкодження за вегетаційним індексом можливо ідентифікувати подібні природні порушення.

Деякі вегетаційні індекси були безпосередньо обґрунтовані для виявлення пошкоджень лісових насаджень. Наприклад, канадські вчені запропонували використовувати відношення показників червоного і зеленого каналів супутникових знімків QuickBird для виявлення зміни забарвлення хвої унаслідок пошкодження соснових деревостанів комахами [68]. Їхні дослідження підтвердили потенціал використання порогового значення цього індексу для виявлення пошкоджених дерев на супутникових знімках. У багатьох інших дослідженнях використовували існуючі вегетаційні індекси, такі як NBR, LAI, MSI, EWDI тощо [84]. Широкий список вегетаційних індексів доступний за web-посиланням <https://www.indexdatabase.de/db/r.php>, а також у спеціалізованих публікаціях [59]. Зазвичай використання даних гіперспектральних систем, які ведуть зйомку у великій кількості вузьких діапазонів, має більший потенціал для дешифрування пошкоджень лісових насаджень на основі вегетаційних індексів. Особливу увагу вчені приділяють так званому «краю червоного» діапазону для ранньої ідентифікації ранніх стресових станів деревної рослинності, пов'язаних із втратою хлорофілу [70].

Література щодо практичного застосування вегетаційних індексів для виявлення пошкоджень, зумовлених шкідниками та хворобами лісу, достатньо обширна та переважно стосується закордонних досліджень [65, 72, 83-85]. Хоча деякі з запропонованих підходів придатні лише для великих за площею країн, значна частина методів може ефективно працювати на території України. При цьому треба усвідомлювати, що будь-які підходи потребують уважного використання та доповнюватися даними натурних обстежень лісових насаджень.

Тематична класифікація. Серед великої кількості алгоритмів керованої класифікації на початкових етапах моніторингу пошкоджень лісових насаджень за даними ДЗЗ широко застосовували параметричні методи, зокрема метод максимальної вірогідності. Згідно з нещодавно проведеними дослідженнями європейських учених [84] на цей метод та логістичну регресію припадає четверта частина всіх опублікованих досліджень, які б стосувалися моніторингу пошкоджень лісів планети, зумовлених комахами та хворобами.

Хоча параметричні підходи досі залишаються популярними, все ж почали поступатися новим методам машинного навчання, які займають свою нішу з середини 1990-х років. Метод опорних векторів (Support Vector Machine) нині вважається одним із найбільш ефективних для дешифрування пошкоджень лісових насаджень, оскільки на його точність не мають особливого впливу помилкові спостереження [71]. Останніми роками доволі широко почали застосовувати (близько 20 % випадків [84]) інший непараметричний метод – випадковий ліс (Random Forest). Обидва методи вирізняються простотою, невибагливістю до забезпечення нормальності розподілу показників навчальної вибірки та демонструють приблизно однаково високу точність класифікації. Наразі накопичився також достатній практичний досвід використання нейронних мереж для класифікації пошкоджень деревостанів.

Дешифрування пошкоджень деревостанів на основі спектрально-темпоральних траєкторій. Упродовж останнього десятиріччя загальноприйнятим стандартом аналізу змін лісового покриття стало використання часових рядів супутникових знімків Landsat та Sentinel. Завдяки відкритому доступу до цих даних розроблено спеціальні алгоритми, що виконують темпоральну сегментацію спектральних даних, використовуючи лінійну чи гармонічну регресію. Найбільшого поширення здобули такі методи сегментації як TimeSync [66], LandTrendr [74], CCDC (Continuous Change Detection and Classification) [90], C2C (Composite-to-Change) [73], COLD (COntinuous monitoring of Land Disturbance) [91].

Алгоритм TimeSync дає змогу виконати візуальну сегментацію спектрального профілю, використовуючи часовий ряд супутникових знімків Landsat. Для цього потрібно проаналізувати зображення одночасно, звертаючи увагу на динаміку значень в обраному спектральному каналі. Часто для цього використовують вегетаційні індекси, наприклад NBR. Аналіз виконують для окремого пікселя або групи пікселів 30×30 м. В інтерфейсі програмі їхні значення відображаються у вигляді точкової діаграми (рис. 6.3). На рисунку потрібно обрати вузлові точки, через які програма проведе лінійні сегменти. Всі горизонтальні лінії відображають стабільний стан лісового покриття. Залежно від обраного індексу зростаючі та спадні

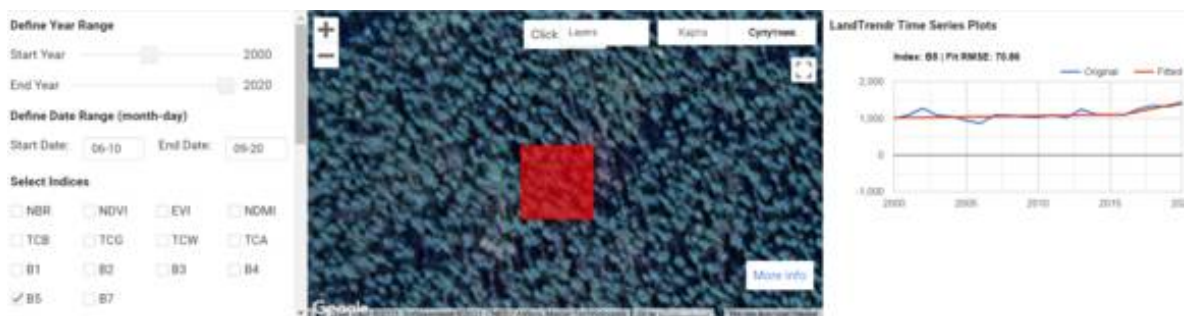
відрізки можуть інтерпретуватися як відновлення (приріст) або пошкодження деревостанів.

На зображеному рисунку для сегментації використано індекс NBR, значення якого вказують, що до початку 1990-х років (1987 р.) відбувався активний приріст, тобто накопичення зеленої біомаси. Після цього наступні три десятиріччя відбувався стабільний ріст деревостану. В період між 2015–2016 рр. та 2019 р. можна помітити різке зменшення значень NBR, пов'язане з пошкодженням деревостанів. Хоча для аналізу використовують безхмарні літні мозаїки знімків, все ж окремі спостереження можуть містити «шуми» (наприклад, 2009 р.). Їх не потрібно розглядати як вузлові точки під час сегментації зображень.



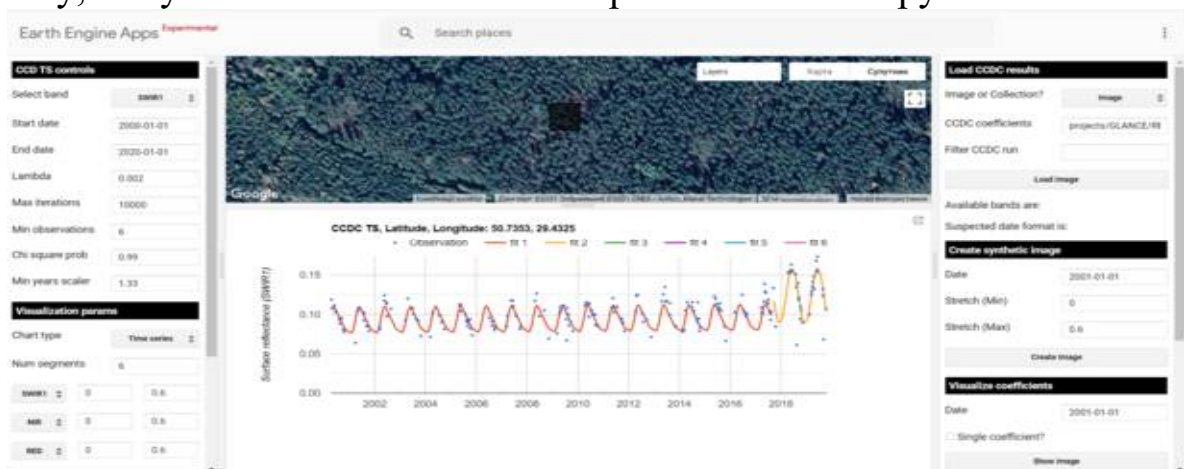
6.3. Темпоральна сегментація супутникових даних за допомогою програми TimeSync

Алгоритм LandTrendr побудований на аналогічному підході, однак сегментація виконується автоматично для кожного пікселя супутникового знімка. Для вдалої ідентифікації окремих сегментів використовується набір параметрів, які допомагають точніше виконати сегментацію зображень. На рис. 6.4 в сосновому деревостані помічено область інтересу, в якій у 2016 р. відбувся спалах масового розмноження верхівкового короїда. На графіку цей період позначається поступовим збільшенням значень відбиття в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні в зв'язку з всиханням деревостану.



6.4. Демонстрація алгоритму LandTrendr в межах ділянки соснового деревостану, пошкодженої верхівковим короїдом

На основі алгоритмів TimeSync і LandTrendr можна прослідкувати лише тривалі зміни, оскільки вони використовують річні (частіше літні) мозаїки супутникових знімків. Алгоритм CCDC на відміну від цього залучає всі доступні супутникові знімки, а для моделювання динаміки застосовує гармонічну регресію. Вона допомагає виділити окремі сегменти, при цьому зберігши інформацію про динаміку фенологічних фаз розвитку рослинності. На рис. 6.5 відображено, як відбувається ідентифікація пошкоджень для тієї ж зони інтересу за допомогою алгоритму CCDC. Можна поміти, що в цьому випадку за початок пошкодження модель CCDC обрала 2017 рік, а не 2016 рік, як це було зроблено в LandTrendr. Загалом несуттєві зміни відбиття внаслідок пошкодження деревостанів можуть бути пов'язані не тільки з початковими стадіями розвитку осередків комах і хвороб лісу, тому їхні автоматизовані алгоритми часто ігнорують.

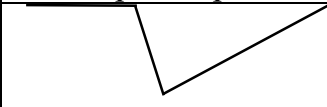
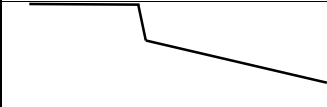
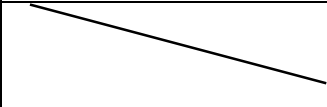
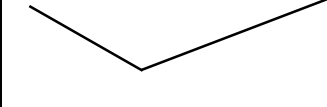
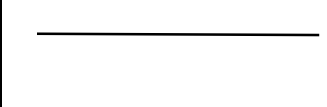
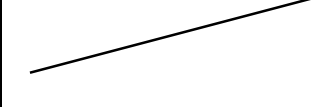


6.5. Виявлення пошкодження соснового деревостану верхівковим короїдом за допомогою алгоритму CCDC

Часові ряди супутникових знімків наразі широко застосовуються у різних програмах моніторингу лісів і будуть удосконалюватися в майбутньому. Наразі існують покращені версії розглянутих алгоритмів, які можуть виявляти навіть ранні фази розвитку осередків шкідників [89].

У роботі Meigs et al. [77] надано загальну характеристику типовим спектральним траєкторіям, пов'язаним із пошкодженням соснових деревостанів короїдом (табл. 6.4). Хоча дослідження стосуються хвойних лісів Орегону, США, варто очікувати на подібні закономірності в умовах України.

6.4. Концептуальні закономірності зміни спектральних траєкторій за різних умов росту деревостанів [77]

Спектральна траєкторія	Інтерпретація сегментів	Умови появи
	Стійкий лісовий покрив, швидке пошкодження, природне відновлення	Масове розмноження шкідників; відносно багаті умови росту, природні ліси
	Стійкий лісовий покрив, швидке пошкодження, поступова смертність	Всихання окремих дерев і поступова загибель деревостану
	Тривале поступове всихання деревостану	Тривала присутність різних факторів пошкоджень деревостану
	Незначне пошкодження, поступове відновлення життєздатності дерев	Пошкодження окремих дерев у відносно багатих умовах росту
	Стійкий лісовий покрив	Відсутність негативних факторів впливу
	Ріст або відновлення	Пов'язано з лісовідновленням; природне відновлення після пошкоджень

Наведені в табл. 6.4 спектральні траєкторії допомагають ідентифікувати різні типи динаміки деревостану та охарактеризувати процеси пошкодження різної інтенсивності. Якщо проаналізувати доволі тривалий часовий ряд супутникових знімків, можна помітити в різні періоди процеси відновлення, наявність стійкого лісового покриву і пошкоджень, що чергуються. Розуміння того, яким чином стресові стани лісових насаджень пов'язані зі зміною спектрально-відбивних властивостей намету деревостанів, допомагає успішно використовувати матеріали ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу лісів.

6.4. Інтеграція даних лісопатологічного моніторингу на основі геоінформаційних систем

У контексті дослідження стану лісів пошкодження насаджень можуть траплятися в будь-якому просторовому масштабі або часовому інтервалі. У зв'язку з цим для ефективного моніторингу необхідна чітка в просторовому відношенні інформація щодо впливу різних екологічних факторів на стан лісових насаджень.

Інтеграція даних ДЗЗ і геоінформаційних систем (ГІС) може відбуватися кількома способами:

- ГІС можуть використовуватися для зберігання геопросторових шарів із атрибутами лісових насаджень і показниками пошкоджень;
- на основі інструментів ГІС можуть виконуватися різні операції з растровими даними (наприклад, перекодування);
- інструментами ГІС може здійснюватися одночасний геопросторовий аналіз векторних і растрових шарів (розрахунок зональної статистики);
- окремі ГІС можуть мати готові інструменти для виявлення змін у стані лісових насаджень;
- ГІС може поставати он-лайн платформою для оперативного одержання даних ДЗЗ, аналізу та візуалізації різних типів пошкоджень.

Важливою рисою сучасних ГІС є можливість зберігання різнопланової тематичної інформації, одержаної з різних джерел. Наразі лісові ГІС частіше використовують для відображення у векторному форматі вже попередньо оброблених даних. При

цьому завдяки поєднанню векторних шарів та атрибутивної інформації з'являється потенціал для визначення ступеня впливу пошкоджень на лісові насадження та прийняття відповідних рішень щодо проведення господарських заходів. Глибше розуміння ситуації досягається завдяки ґрунтовному застосуванню інструментів геопросторового аналізу векторних і растрових даних. Наприклад, на основі растрової карти пошкоджень деревостанів можливо розрахувати статистичні показники в межах окремих таксаційних виділів. Далі вони можуть доповнювати існуючі карти пошкоджень.

Нині в багатьох ГІС стали доступними спеціальні модулі для аналізу змін земельного (зокрема лісового) покриття. Наприклад, на базі комерційної ГІС ESRI ArcGIS реалізовано деякі алгоритми темпоральної сегментації часових рядів супутникових знімків, які обговорювалися раніше (LandTrend, CCDC). У відкритій системі Quantum GIS існують спеціальні додатки, які дають змогу виконувати візуальний аналіз часових рядів супутникових знімків [82].

Найбільш сучасною ідеєю реалізації лісопатологічного моніторингу виявляється створення web-платформ, на яких розміщують потрібні геопросторові шари та надається доступ користувачам до цієї інформації. Перевагою таких ресурсів є можливість безперервного оновлення даних про пошкодження деревостанів завдяки постійному завантаженню нових даних ДЗЗ і їхній автоматизованій обробці. Найбільш виправданим у сучасних умовах є створення багатофункціонального ресурсу, де б поєднувалися різні завдання моніторингу лісових ресурсів (лісова інвентаризація, природні пошкодження, господарські заходи) [78].

Загалом, дані ДЗЗ прийнято розглядати як первинний ресурс для ГІС. Після їхнього дешифрування створюють відповідні тематичні шари, в яких поєднується атрибутивна інформація. Більше значення на початкових етапах має контурне дешифрування даних ДЗЗ. Для цього краще застосовувати дані високого просторового розрізнення та візуальні методи обробки.

Ще одна перевага інтеграції матеріалів моніторингу в ГІС полягає в можливості залучення додаткової кліматичної інформації, топографії, ґрунтового покриття тощо. На цій основі можна дослідити взаємозв'язок між пошкодженнями з різними

екологічними показниками: наприклад, просторові закономірності поширення осередків розмноження шкідників пов'язати з топографічним положенням лісових ділянок, типами лісорослинних умов, довгостроковими кліматичними змінами або близькістю до певних елементів ландшафту. Все це створює передумови для розробки довгострокових моделей прогнозування появи таких явищ у майбутньому.

6.5. Актуальні напрями розвитку лісопатологічного моніторингу на основі даних ДЗЗ

Удосконалення методів одержання та обробки даних ДЗЗ суттєво покращили можливості моніторингу стану лісових насаджень. Незважаючи на це, існує багато завдань, які треба вирішувати. Обговоримо такі, які мають актуальність для України.

Система раннього виявлення та попередження. Своєчасне виявлення початкових етапів масового розмноження шкідливих організмів дає змогу забезпечити ефективну систему захисту лісових насаджень. На цих етапах окремі дерева можуть зазнавати лише незначних пошкоджень, що позначається на зменшенні вмісту хлорофілу в хвої чи листі. Попередні дослідження вказують на можливість ідентифікації таких станів на основі спеціальних індексів, переважно розрахованих за гіперспектральними даними ДЗЗ. Зважаючи на потребу виявляти окремі дерева, зйомку слід виконувати з повітря, що робить процес одержання знімків дорогим. Реалізація ідеї раннього виявлення пошкоджень більш реалістична на основі супутникових систем моніторингу, що мають достатньо високе просторове розрізнення. Оскільки технології супутникової зйомки в майбутньому розвиватимуться та ставатимуть доступнішими, перспективи розробки системи ранньої ідентифікації пошкоджень виглядають доволі оптимістично. Проте вже зараз потрібно нарощувати науково-методичний потенціал у цьому напрямі.

Безперервний довгостроковий моніторинг. Оскільки багато систем супутникового моніторингу виконують зйомку впродовж тривалого часу, доцільно запроваджувати програми довгострокового аналізу змін стану лісових насаджень на основі

часових рядів супутникових знімків. Це питання має цілком реальне обґрунтування, оскільки останні дослідження свідчать, що завдяки виявленню темпоральної динаміки спектральних показників точність ідентифікації різних пошкоджень покращується. Основною проблемою, з якою доводиться мати справу зараз, є недостатнє просторове розрізнення безкоштовних супутникових даних (Landsat, Sentinel) для виявлення незначних за площею пошкоджених ділянок лісу.

Автоматизоване виявлення типів пошкоджень. Сучасні алгоритми автоматизованої класифікації зображень ще недостатньо чутливі до характерних рис пошкоджень, зумовлених різними шкідниками та хворобами лісу. Оскільки всихання деревостанів може зумовлюватися й іншими факторами, наявні методи часто мають низький рівень тематичної точності. В сучасній літературі існують свідчення того, що різні біотичні фактори можна ідентифікувати на ранніх стадіях або за специфічними особливими траєкторіями зміни спектральних властивостей деревної рослинності. Однозначно, це питання заслуговує на детальне дослідження в майбутньому.



Питання для самоперевірки

1. Чим зумовлено запровадження систем дистанційного моніторингу стану лісів у сучасних умовах?

2. Назвіть фактори, що перешкоджають використанню технологій ДЗЗ для виявлення типів пошкоджень лісових насаджень комахами та хворобами без достовірних наземних даних.

3. Надайте аргументоване пояснення більшому розвитку технологій лісопатологічного моніторингу за даними ДЗЗ в країнах Європи, США та Канаді.

4. Яким чином пов'язані просторові характеристики даних ДЗЗ із завданнями моніторингу пошкоджень лісових насаджень?

5. Наведіть приклади вегетаційних індексів, які застосовують під час аналізу спектральних даних ДЗЗ для виявлення пошкоджень лісових насаджень комахами і ураження збудниками хвороб.

6. Назвіть фактори вибору технологій ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу насаджень?

7. Як просторові характеристики даних ДЗЗ пов'язані із завданнями моніторингу пошкоджень лісових насаджень?

8. Охарактеризуйте, як співвідносяться між собою просторове розрізнення знімків, охопат території, обсяг інформації.

9. Наведіть приклади сенсорів ДЗЗ, що мають різне просторове розрізнення.

10. У чому полягає відмінність інтерпретації пошкоджень деревостанів на основі даних високого та низького просторового розрізнення?

11. Яке значення для моніторингу комах і хвороб лісу мають темпоральні характеристики даних ДЗЗ?

12. Що характеризує спектральне розрізнення даних ДЗЗ?

13. Як можна узагальнити принципи вибору технології ДЗЗ для лісопатологічного моніторингу лісів?

14. Наведіть переваги та недоліки зйомки з БПЛА для моніторингу пошкоджень лісових насаджень.

15. В якій частині електромагнітного спектра відбувається найбільше відбиття зеленої рослинності?

16. Як змінюється спектральне відбиття в різних діапазонах спектра після пошкодження та всихання рослин?

17. Як виконується порогова класифікація ступенів пошкодження деревостанів?

18. В чому полягає перевага гіперспектральних даних ДЗЗ для дешифрування пошкоджень лісових насаджень?

19. Наведіть приклади автоматизованих методів класифікації знімків.

20. Як часові ряди супутникових знімків сприяють класифікації різних типів пошкодження деревостанів?

21. Які методи темпоральної сегментації часових рядів Вам відомі?

22. Яким чином дані ДЗЗ інтегруються в ГІС?

23. Назвіть ключові напрями вдосконалення методів лісопатологічного моніторингу лісів на основі дистанційних технологій.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

Абіотичні фактори – сукупність умов зовнішнього неорганічного середовища, що впливають на організми. Їх поділяють на хімічні, фізичні, орографічні та едафічні.

Авірулентність – неспроможність певного *виду*, *штаму*, *раси* чи *біотипу* патогенного мікроорганізму спричинювати інфекційний процес або долати захисні реакції рослини.

Автотрофні організми (автотрофи) – організми, які синтезують усі необхідні для їхнього життя органічні речовини з неорганічних речовин повітря, води, ґрунту за допомогою енергії сонячного світла (*фотосинтез*) або енергії хімічних процесів (*хемосинтез*).

Агресивність – здатність мікроорганізмів спричиняти зараження рослин, переборювати їхні захисні реакції, живитися та розмножуватися за їхній рахунок.

Адаптація – здатність організму пристосовуватися до існування в нових умовах. У фітопатогенних грибів та бактерій відоме пристосування до ураження нових живителів (видів, сортів), до фунгіцидів (підвищення стійкості до них) тощо.

Активність збудника – здатність організму самостійно проникати у тканину живильної рослини через неушкоджені покривні тканини.

Антибіотики – речовини різної хімічної будови, що утворюються в результаті життєдіяльності мікроорганізмів і є токсичними для інших мікроорганізмів.

Антиоксиданти – речовини, що перешкоджають окислювальній дії кисню повітря на будь-які інші речовини, наприклад, отрути. Додаток А. до отрути дає змогу продовжити її токсичну дію.

Антифіданти - природні хімічні речовини, які впливають на контактні хеморецептори комах або інших тварин, знижують інтенсивність або унеможливають їхнє живлення.

Антракноз – спільна назва групи грибних хвороб, що уражують надземні органи рослин, утворюючи на них чітко окреслені плями та поглиблені виразки з темною облямівкою.

Антропічні (антропогенні) фактори – внесені у природу людською діяльністю зміни, що впливають на органічний світ. Розрізняють непрямі та прямі, позитивні й негативні *антропічні фактори*.

Ареал шкідливості – частина ареалу виду, де відбувається прояв його шкідливості.

Б

Бактерії – мікроскопічні, переважно одноклітинні організми, що не мають чітко відокремленого ядра. Для них характерна наявність клітинної стінки, цитоплазми з органелами, різних включень, відсутність мітохондрій і хлоропластів оформленого ядра.

Бактеріози – інфекційні хвороби, спричинені фітопатогенними бактеріями.

Бактерицид – речовина, що знищує бактерії.

Бар'єрні тканини – обумовлюють у рослин місцевий прояв стійкості до поширення збудника всередині організму. Часто виникають у рослині як відповідна реакція на проникнення збудника.

Безсимптомний період хвороби – див. *Інкубаційний період*.

Біогеоценоз – еволюційно сформований взаємозумовлений комплекс живих (*біоценоз*) і неживих (*біотоп*) компонентів певної ділянки земної поверхні, пов'язаних між собою обміном речовин і енергії.

Біозахист – полягає (у фітопатології) в застосуванні проти збудників хвороб мікроорганізмів-антогоністів, а також продуктів їхньої життєдіяльності або у використанні антогоністичних відношень між патогенними та сапрофітними організмами. До біозахисту належить також застосування фітонцидів.

Біом – сукупність різних груп організмів і середовища їхнього перебування в певній ландшафтно-географічній зоні.

Біомаса – кількість речовини живих організмів, яка накопичена в *популяції*, *біоценозі* або *біосфері* на будь-який момент часу.

Біосфера – оболонка Землі, склад, структура і енергетика якої визначаються сукупною діяльністю живих організмів.

Біота – сукупність живих організмів, що історично склалася, і яка об'єднана спільною територією розповсюдження. На відміну від *біоценозу*, до складу Б. входять види, які можуть і не мати екологічних зв'язків один із одним.

Біотип – сукупність особин у межах популяції, що мають подібні генотип і інші ознаки.

Біотичні фактори – сукупність різноманітних і опосередкованих впливів рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів один на одного. Б. ф. включають фітогенні, зоогенні і мікробіогенні дії, серед яких виникають прямі й опосередковані, антагоністичні і симбіотичні відносини, механічні й хімічні дії.

Біотоп – ділянка водойми чи суші з однаковими умовами рельєфу, клімату і ін. абіотичних факторів, яка зайнята певним *біоценозом*. Б. – це неорганічний компонент *біогеоценозу* (*екосистеми*).

Біоценоз – сукупність організмів, взаємопов'язаних і взаємообумовлених загальним обміном речовин і енергії. Залежно від умов їхнього знаходження розрізняють аеробіоценози, біогеоценози, гідробіоценози, галобіоценози. Структура Б. стійко підтримується в часі (*гомеостаз*) за рахунок взаємодії всіх його компонентів.

БПЛА – безпілотний літальний апарат.

В

Вірози, вірусні хвороби рослин – інфекційні хвороби, які спричиняють *віруси*.

Віроїдози – інфекційні хвороби, які спричиняють віроїди. Вони є низькомолекулярною одноланцюговою кільцевою РНК, що не кодує власні білки. Передбачається, що віроїди в клітинах рослин індукують синтез віроїдних РНК, використовуючи ферменти живильних рослин.

Вірулентність – ступінь *патогенності* збудника захворювання. Залежить від властивостей *патогена* та сприйнятливості рослин.

Віруси – субмікроскопічні інфекційні частки, що здатні розмножуватися лише в живих клітинах.

Вид – сукупність особин, подібних за особливостями будови тіла, біології, вимогами до умов навколишнього середовища, мають свій ареал і під час парування дають плодюче потомство, подібне до батьківського.

Виразки – різні за величиною рани на стовбурах, гілках дерев, що заглиблені в деревину, часто оточені напливами.

Причиною утворення В. можуть бути кліщі, комахи, гриби, бактерії, низькі температури, механічні пошкодження.

Г

Гали – утворення різної форми на рослинах, спричинені *комахами, бактеріями, грибами* тощо.

Гемолімфа – кров комах.

Гетеротрофи – організми, які на відміну від *автотрофів* синтезують необхідні для їхнього життя речовини за рахунок готових органічних сполук.

Гідрохорія – поширення інфекційного початку за допомогою води.

Гіменофор – частина плодового тіла *гіменоміцетів*, на якій розташований гіменіальний шар (гіменій).

Гіперпаразити – див. *Надпаразити*.

Гіперплазія – одна з форм анатомічних змін в уражених рослинах. Характеризується локальним розростанням уражених тканин у результаті поділу їхніх клітин (збільшенням кількості клітин).

Гіпертрофія – одна з форм анатомічних змін в уражених рослинах. Характеризується надмірним, хворобливим розростанням уражених тканин унаслідок збільшення розмірів їхніх клітин.

Гіпоплазія – недорозвинення, зменшення кількості клітин або їхнього вмісту.

Гниль – симптом захворювання рослин, за якого під впливом мікроорганізмів та їхніх ферментів розчиняються міжклітинні речовини, а часто й клітинні стінки, внаслідок чого уражена тканина набуває кашоподібного вигляду.

Гомоз – виявляється у вигляді розтріскування кори з виділенням тягучої клейкої жовтуватої рідини – *камеді*, що швидко застигає на повітрі.

Грибниця, або **міцелій** – вегетативне тіло грибів, яке складається з *гіфів*.

Д

Джерела інфекції – розрізняють Д. і. первинні, в яких відбувається перезимівля збудників і від яких відбувається первинне зараження рослин, і вторинні, що є спороношеннями

збудника на вегетуючих рослинах і за допомогою яких відбувається ураження рослин під час вегетації.

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі.

Діагностика – процес розпізнавання хвороби, наука про методи встановлення *діагнозу*.

Діапауза – тимчасова затримка розвитку комах.

Е

Екзогенна грибниця (міцелій) – грибниця (*міцелій*), що поширюється на поверхні органів і добре помітна у вигляді пухкого чи ущільненого тонкого нальоту. Найбільш типовим прикладом екзогенної грибниці (міцелію) є грибниця (міцелій) борошнисторосяних грибів.

Екзопаразити – патогенні мікроорганізми, що оселяються на поверхні уражуваного органу рослини.

Екзофітні паразити – живуть лише на поверхні органів рослини (більшість борошнисто-росяних грибів, омелові тощо).

Екологічна ніша – місце і структурно-функціональна роль *популяції* певного виду в *екосистемі*.

Екологія – розділ біології, що вивчає закономірності взаємовідносин організмів і їхніх угруповань із навколишнім середовищем, а також організацію і функціонування надорганізмових систем (*популяцій, видів, біоценозів, біосфери*).

Екологічні фактори – елементи середовища, що здійснюють той чи інший вплив на певні організми.

Екосистема — сукупність організмів і умов навколишнього середовища, що знаходяться у закономірних взаємозв'язках і утворюють систему.

Ексудат – різної природи виділення, що утворюються у деяких видів рослин у разі пошкодження їхніх тканин під час ураження збудниками хвороб.

Ендопаразити, ендofіти – організми, що оселяються всередині рослини, речовинами якої вони живляться.

Ендofітні паразити – живуть усередині тканин рослин.

Ентомохорія – поширення комахами насіння рослин, спор збудників хвороб тощо.

Епізоохорія – поширення збудників на поверхні тіла тварини.

Епіфіти – організми, які використовують інші організми як субстрат.

Епіфітотія – масове захворювання рослин, зумовлене агресивністю і вірулентністю патогена.

Етіологія – причина виникнення хвороб.

Ж

Життєва форма – морфологічна будова організму, що склалася в процесі еволюції і відображає у зовнішньому вигляді пристосування його до умов життя.

Життєвий цикл – сукупність стадій розвитку організму між першим етапом його життя і таким самим етапом життя організму наступного покоління.

З

Збудник – мікроорганізм, який викликає хворобу.

Загальний (стандартний) моніторинг – це оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінки та прогнозу стану навколишнього середовища регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях.

І

Імунітет – несприйнятливість організмів до інфекційних збудників хвороб за наявності необхідних для зараження умов.

Імунність – ступінь прояву стійкості рослин до хвороби.

Інгібітори – речовини, які пригнічують і затримують ріст рослин, активність мікроорганізмів тощо.

Інкубаційний, безсимптомний, або латентний період – час від зараження рослини до появи перших *симптомів* її ураження.

Інокуляція – нанесення інфекційного матеріалу на поверхню або всередину певних органів рослини, що спричиняє інфекційний процес.

Інтенсивність ураження рослин – ступінь ураження, що виражається у відсотках поверхні листків чи стебел, вкритої пустулами, плямами чи нальотом. Ураженість листків чи стебел рослин, що аналізується, порівнюють зі шкалою обліку і встановлюють ступінь ураження.

Інфекційне навантаження – кількість *інокулюму* з розрахунку на одиницю поверхні рослини чи маси насіння або одиницю об'єму суспензії *інокулюму* (спор грибів, бактеріальних або вірусних часток тощо), за якої відбувається зараження рослин.

Інфекційний фон – наявність оптимального *інфекційного навантаження*, що здатне спричинювати зараження рослин за сприятливих для цього умов.

Інфекція – проникнення збудника в рослину, що призводить до захворювання останньої. І. – також розвиток хвороби як результат взаємодії між збудником і рослиною.

Іржа – група хвороб рослин, за яких на уражених органах утворюються здебільшого невеликі іржасто-бурі, жовто-помаранчеві чи чорні подушечки-пустули, в яких містяться спори іржастих грибів – збудників цих хвороб.

Іржасті гриби одноживильні – види іржастих грибів зі складним чи скороченим циклом розвитку, які утворюють усі стадії спороношення на одному виді рослини.

Іржасті гриби різноживильні – види іржастих грибів зі складним чи скороченим циклом розвитку, які утворюють різні типи спороношення на двох (чи декількох) видах рослин.

К

Камедетеча – див. *Гомоз*.

Камедь – тягуча клейка речовина, яка за хімічним складом є полісахаридами, і виділяється під час ураження або пошкодження дерев. На повітрі вона швидко твердіє і перетворюється на склоподібну масу.

Капи – див. *Нарости*.

Карантин рослин – система державних заходів, що запобігають проникненню або поширенню нових (карантинних) хвороб, шкідників та бур'янів у країну або її окремі регіони.

Коло живильних рослин – видовий склад рослин, який уражується певним збудником хвороби.

Л

Латентні хвороби – приховані хвороби, перебіг яких відбувається без зовні помітних *симптомів*. Характерні для багатьох вірусних та деяких бактеріальних захворювань.

Лісова ентомологія – наука про лісових *комах*, як невід’ємної частини лісових біоценозів (зокрема фітофагів і ентомофагів), причини їхніх масових розмножень, шкоду і користь, особливості динаміки популяцій, заходи захисту лісу.

Лісова фітопатологія – наука про хвороби рослин і заходи захисту від них.

Лісопатологічний моніторинг – система оперативного контролю лісопатологічного стану лісів: фактів порушення їхньої стійкості; поширення шкідливих організмів, прояву їхньої шкідливості; явищ і процесів пошкодження лісів природними та антропогенними чинниками; виявлення патологічних змін стану насаджень, оцінювання та прогнозування поширення й розвитку патологічних процесів для своєчасного прийняття рішень щодо здійснення лісозахисних або інших лісогосподарських заходів

М

Мікози – найбільш поширена група інфекційних хвороб рослин, збудником яких є гриби.

Міцелій – див. *Грибниця*.

Монофаги – організми, які пристосувалися до певного джерела живлення, комахи-монофаги – до живлення рослинами одного виду.

Муміфікація – тип захворювання рослин, за якого гіфи гриба пронизують певну частину рослини, переважно плоди та насіння, внаслідок чого вони зсихаються і зморщуються, але інколи зберігають нормальні розміри і форму. Муміфіковані плоди та насіння не загнивають, а зберігаються на деревах або в ґрунті і є джерелом інфекції на наступний рік.

Н

Надпаразити, гіперпаразити, паразити 2-го порядку – патогенні організми, що оселяються і живляться за рахунок квіткових паразитів або грибів – збудників хвороб.

Надчутливість – це підвищена чутливість, яка проявляється у швидкій загибелі клітин живителя, розташованих поблизу місця зараження.

Нарости, капи – напівшароподібні напливи на стовбурах і гілках деревних видів, що викликані бактеріями, вірусами і комахами в результаті збільшення кількості клітин (*гіперплазія*) чи їх об’єму (*гіпертрофія*).

О

Об'єкти нагляду – комахи, кліщі, молюски, хребетні тварини та збудники хвороб, які живляться різними органами рослин або в них розмножуються, є об'єктами лісопатологічного нагляду у випадку, якщо вони поширилися або розмножилися до такого рівня, що є небезпечними для стану дерев або спричиняють зниження якості та зменшення приросту деревини до економічно значущого рівня.

Оперативний (кризовий) моніторинг – це спостереження спеціальних показників на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації.

П

Паразит облігатний – патоген, який росте і розвивається на живих органах деревної рослини.

Паразит факультативний – організм, що здатний рости і розвиватись не лише на живих органах деревної рослини, але й на мертвому субстраті.

Паразити – організми, які живуть на поверхні тіла (ектопаразити) або в тілі (ендопаразити) інших живих організмів-живителів, живляться за їхній рахунок і здебільшого завдають їм шкоди.

Паразитизм – специфічна форма співіснування організмів різних видів, із яких один (*паразит*) перебуває у більш або менш тривалому безпосередньому зв'язку з іншим *живителем*, використовуючи його як життєве середовище (паразити 1-го порядку) або як джерело живлення, покладаючи на нього регулювання своїх відносин із зовнішнім середовищем (паразити 2-го порядку).

Паразитоїд – організм, який проводить значну частину свого життя (в личинковій стадії) на поверхні або всередині свого єдиного живителя, якого він поступово вбиває у процесі свого живлення. Дорослі стадії паразитоїдів (імаго) – живуть вільно.

Патоген – мікроорганізм, що спричиняє захворювання рослин.

Патогенез – історія розвитку хвороби.

Патогенність (хвороботворність) – здатність патогена спричинювати патологічні (хворобливі) зміни в уражуваному організмі. Залежить від агресивності патогена і стійкості уражуваного організму.

Патологічна анатомія рослин – наука про аномалії і порушення анатомічної будови рослин під час хвороб.

Патологічна морфологія рослин – наука про аномалії та порушення морфології рослин під час хвороб.

Патологічна фізіологія рослин – наука про аномалії і порушення фізіологічних функцій у рослин під час хвороб.

Патологічні явища – анатомічні, морфологічні, біохімічні і фізіологічні відхилення від норми під час хвороб.

Поліморфізм – наявність кількох форм дорослих особин, які відрізняються не лише за зовнішнім виглядом, але й за біологією, а також за тією функцією, яку вони виконують у популяції.

Популяція – сукупність особин одного виду, що мають подібну спадковість і займають певну територію.

Поширеність хвороби – кількість уражених рослин або окремих їхніх органів на одиниці площі.

Пухлина – збільшення об'єму органів рослини (гілок, стовбурів, коренів тощо) внаслідок *гіперплазії* або *гіпертрофії* клітин у місцях ураження.

Р

Рак – тип хвороб рослин, що характеризується надмірним розростанням окремих частин або органів, унаслідок чого утворюються *пухлини*, *нарости* тощо.

Резистентність – стійкість рослин до інфікування.

С

Сапротрофи – рослинні організми, які живляться органічними сполуками решток мертвих рослин і тварин або виділеннями живих.

Септоріоз – група захворювань, що спричинюються грибами роду *Septoria*.

Симбіоз – поширене в живій природі явище закономірного, не випадкового співіснування живих організмів, що належать до різних систематичних груп.

Симптоми пошкодження чи ураження – це зміни або порушення дерева або його частини, що відбиваються на здатності виконання деревом (або його частиною) життєвих функцій (фотосинтезу, всмоктування вологи та поживних речовин, їх перенесення до крони) та призводить до ослаблення дерев, зменшення приросту, погіршення якості деревини, а іноді – до всихання.

Система моніторингу - система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки

Сніговал – повалені і викривлені снігом дерева.

Стійкість лісу до рекреаційного навантаження – це властивість лісостанів зберігати функції та життєздатність в умовах рекреаційного навантаження

Стійкість рослин проти хвороб – успадкована, природна або набута здатність рослин пригнічувати розвиток *патогена* чи нейтралізувати його *токсин*.

Суховершинність – всихання верхівки деревних видів.

Сухостій – відмерлі дерева, які стоять на корені.

Т

Токсини – отруйні речовини різного походження, які утворюються в результаті життєдіяльності збудника.

Трахеомікоз – закупорення водопровідних судин рослини, що спричиняється грибами.

Ф

Фасціація – потворне розростання стовбурів і гілок у вигляді широких плоских утворень.

Фітотоксини – це токсичні для рослини речовини, які синтезує живий організм. Ендотоксинами називають внутрішньоклітинні токсини бактеріальної клітини, які вивільняються тільки після її загибелі, а екзотоксинами – зовнішньоклітинні токсини, які виділяються з живої бактеріальної клітини.

Фітосанітарний моніторинг – система спостережень і контролю поширення, щільності, інтенсивності розвитку та

шкідливості шкідливих організмів. Основною метою фітосанітарного моніторингу є отримання необхідної інформації для складання прогнозів і сигналізації щодо появи, поширення, розвитку і збільшення чисельності шкідливих організмів та прийняття рішення щодо заходів лісозахисту.

Фітоценоз – рослинне угруповання, сукупність рослинних організмів на порівняно однорідній ділянці, які перебувають у складних взаємовідносинах між собою, з тваринами і навколишнім середовищем.

Феромонні пастки – це спеціальні пристрої для відловлювання комах із джерелом феромону (диспенсером), розташованим у цій пастці.

Фоновий (науковий) моніторинг – спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими навколишнього природного середовища, а також за характером, складом, колообігом та міграцією забруднюючих речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери загалом.

Х

Хвороба рослин – складний динамічний стан деревної рослини, який характеризується патологічним процесом, порушенням анатомічних, морфологічних, фізіологічних і біохімічних функцій, зниженням продуктивності та навіть відмиранням рослини і залежить від властивостей збудника захворювання, властивостей рослини і умов навколишнього середовища.

Ш

Шкідливі організми лісових екосистем – це види тварин, рослин, грибів, мікроорганізмів, які спроможні заподіяти шкоду під час вирощування садивного матеріалу лісових порід, незімкнених і зімкнених насаджень, а також негативно вплинути на якість деревної й недеревної лісової продукції.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология. Москва : Высшая школа, 1980. 416 с.
2. Белов С. В. Воздействие ветра на лес. *Лесоводство, лесные культуры и почвоведение*. Ленинград : ЛТА, 1976. С. 103–108.
3. Ведерников Н. М. Развитие гриба *Lophodermium pinastri* Chev. и вызываемой им болезни. *Сб. науч. тр.* Москва, 1984, С. 114-118.
4. Ведерников Н. М., Федоров Н. С. Рекомендации по технологии интегрированной борьбы с болезнями хвойных пород в питомниках. Москва : Агропромиздат, 1981. 29 с.
5. Воронцов А. И. Патология леса. Москва : Лесн. пром-сть, 1978. 270 с.
6. Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С. Технология защиты леса. Москва : Экология, 1991. 304 с.
7. Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 220 с.
8. Гойчук А. Ф., Гордієнко М. І., Гордієнко Н. М., Макаrchук Я. І., Гойчук Д. А. Патологія дібров. Київ : ННЦІАЕ, 2004. 470 с.
9. Гойчук А. Ф., Решетник Л. Л., Максимчук Н. В. Методи лісопатологічних обстежень. Навчальний посібник. Житомир : Полісся, 2012. 140 с.
10. Дмитриев И. Д., Мурахтанов Е. С., Сухих В. И. Лесная аэрофотосъемка и авиация: учебник для вузов. Москва: Лесная промышленность:1981. 344 с.
11. Дмитрик П. М. Фітопатологія. Конспект лекцій. Івано-Франківськ, 2015. 127с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1973. 336 с.
13. ДСТУ 4903:2007 Лісокористування рекреаційне. 2010. 44 с.
14. ДСТУ 8558:2015 Насіння дерев і кущів. Методи визначання посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). 2017. 35 с.
15. ДСТУ 7127:2009 Насіння дерев та кущів. Методи фітопатологічної та ентомологічної експертизи. 2011. 29 с.
16. Журавлев И. И. Диагностика болезней леса. Москва : Сельхозиздат, 1962. 192 с.
17. Журавлев И. И., Крангауз Р. А., Яковлев В. Г. Болезни лесных деревьев и кустарников. Москва : Лесн. пром.-сть, 1974. 160 с.
18. Завада М. М. Лісова ентомологія. Київ : Видавничий дім «Винниченко», 2017. 380 с.
19. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів. Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів № 323 від 01.12.2020

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text> (дата звернення 12.03.2021).

20. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник для студ. вищих навч. закладів. Київ : Вища школа, 2009. 512 с.

21. Краснов В. П., Ткачук В. І., Орлов О. О. Довідник із захисту лісу. Київ : Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. 528 с.

22. Левченко В. Б., Шульга І. В., Романюк А. А., Немерицька Л. В., Вишневський А. В., Котков В. І. Лісопатологія з основами моніторингу. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2020. 268 с.

23. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. Ленинград : Наука, 1967. 303 с.

24. Лялько В. И., Сахацкий А. И., Ходоровский А. Я. Экологический мониторинг окружающей среды по многозональным космическим снимкам *Космічна наука і технологія*. Київ : НАНУ, 1999. т. 5, №4. С.1-3.

25. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. Москва : Государственное лесотехническое издательство, 1948. 126 с.

26. Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України. Харків : Планета-принт, 2020. 90 с.

27. Методичні рекомендації щодо застосування феромонних пасток для виявлення регульованих та шкідливих організмів. Київ : Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, 2019. 110 с.

28. Методичні рекомендації щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу. відповід. укладач В. Л. Мешкова. Харків : УкрНДІЛГА, 2010. 27 с.

29. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Київ : Наукова думка, 1982. 551 с.

30. Методы мониторинга вредителей и болезней леса. Справочник. Москва : ВНИИЛМ, 2004. 200 с.

31. Мешкова В. Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых. Харків : Новое слово, 2009. 396 с.

32. Миклуш С. І., Гаврилюк С. А., Часковський О. Г. Дистанційне зондування землі в лісовому господарстві : навчальний посібник. Львів: ЗУКЦ, 2012. 324 с.

33. Мінухін В. В., Замазій Т. М., Коваленко Н. І. Патогенні гриби. Харків : ХНМУ, 2016. 76 с.

34. Мозолева Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. Москва : ВНИИЛМ, 1984. 152 с.

35. Морозов Г.Ф. Учение о типах насаждений. Москва-Ленинград : Гос. изд-во с.-х. и колхоз.-кооп. лит-ры, 1931. 419 с.

36. Негруцкая Г.М. Физиолого-биохимические процессы у сосны при воздействии вредных газов SO₂ и N₂O₅. Автореф. дисс. на соиск. учен. ст. канд. биол. наук. Киев, 1970. 21 с.
37. Нормативи кількісних показників впливу шкідливих комах на стан дерев сосни і дуба в деревостанах рівнинної частини України та гірського Криму. відповід. укладач В. Л. Мешкова. Харків :УкрНДІЛГА, 2014. 155 с.
38. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ : Аграрна освіта, 1993. 415 с.
39. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання: [СОУ 02.02-37-476:2006. Чинний від 2007-05-01]. Київ : Мінагрополітики України, 2006. 32 с.
40. Погребняк П. С. Основы лесной типологии. Київ : АН УССР, 1955. 456 с.
41. Попкова К. В. Общая фитопатология. Москва : Агропромиздат, 1989. 399 с.
42. Про затвердження Санітарних правил в лісах України : постанова Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756 (в редакції від 9 грудня 2020 р.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95%D0%B F#Text> (дата звернення: 12.01.2021).
43. Пузріна Н.В. Шкідники і збудники деревних декоративних ролин. Частина 1. Київ : редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2020. 527 с.
44. Рекомендації із комплексного захисту лісових культур від комах-шкідників коріння. Відпов. укладач В. Л. Мешкова. Методичні вказівки з вирощування лісових культур та захисту їх від шкідників і хвороб. Харків : УкрНДІЛГА, 2008. 12 с.
45. Рекомендації щодо визначення якісного та кількісного впливу шкідливих комах і збудників хвороб на стан лісових культур, створюваних на великих згарищах. Харків : УкрНДІЛГА, 2014. 32 с.
46. Рекомендації щодо комплексного лісопатологічного обстеження насаджень для виявлення нових інвазійних шкідливих організмів та їхнього впливу на стан насаджень. відповід. укладач В. Л. Мешкова. Харків : УкрНДІЛГА, 2020. 22 с.
47. Рекомендації щодо обстеження соснових культур на заселеність шкідливими комахами. Відпов. укладач В. Л. Мешкова. Методичні вказівки з вирощування лісових культур та захисту їх від шкідників і хвороб. Харків: УкрНДІЛГА, 2008. 9 с.
48. Рысин Л. П. Рекреационные леса и проблема оптимизации рекреационного лесопользования. *Рекреационное лесопользование в СССР*. Москва: Наука. 1983. С. 5-16.
49. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Москва : Мир, 2001. 486 с.
50. Семевский Ф. Н. Прогноз в защите леса. Москва : Лесн. пром-сть, 1971. 71 с.

51. Семенкова И. Г., Соколова Э. С. Фитопатология. Москва : Издат. центр «Академия», 2003. 480 с.
52. Старк В. Н. Вредные лесные насекомые. Москва-Ленинград : Сельхозгаз, 1931. 153 с.
53. Тимчасові рекомендації щодо проведення першочергових заходів у соснових лісах, пошкоджених короїдами. Харків : УкрНДІЛГА, 2017. 8 с.
54. Тихонов А.С. Классическое лесоводство в рекреационных лесах. Ленинград : ЛТА. 1983. 42 с.
55. Токарева О.В. Еколого-естетичні аспекти формування лісопаркових ландшафтів (на прикладі лісів зеленої зони м. Києва). Монографія. Київ : ЦП "КОМПРИНТ". 2012. 189 с.
56. Федоров Н. И. Лесная фитопатология. Минск : БГТУ, 2004. 462 с.
57. Цилюрик А. В., Шевченко С. В. Лісова фітопатологія. Київ : КВІЦ, 2008. 464 с.
58. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Москва: Техносфера:2008. 312 с.
59. Черепанов А. С. Вегетационные индексы. *Геоматика*. 2011. Вип. 2. С. 98–102.
60. Чижова В. П. Рекреационная нагрузка в зонах отдыха. Москва : Лесн. пром-сть. 1977. 48 с.
61. Чумакова А. Е., Минкевич И. И., Власов Ю. И., Гаврилова Е. А. Основные методы фитопатологических исследований. Москва : Колос, 1974. 190 с.
62. Шакірзанова Ж. Р. Довгострокові гідрологічні прогнози: Одеса : ОДЕКУ, 2010. 153 с.
63. Яворовський П. П., Сендонін С. Є., Токарева О. В. Рекреаційне лісівництво : підручник. Київ : Наукова столиця, 2019. 299 с.
64. Cardil A., Otsu K., Pla M., Silva C. A., Brotons L. Quantifying pine processionary moth defoliation in a pine-oak mixed forest using unmanned aerial systems and multispectral imagery. *Plos one*. 2019. Vol. 14, № 3. P. 21–27.
65. Chen G., Meentemeyer R. K. Remote Sensing of Forest Damage by Diseases and Insects. *Remote Sensing for Sustainability*. CRC Press, 2016. P. 145–162.
66. Cohen W. B., Yang Z., Kennedy R. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 2. TimeSync – Tools for calibration and validation. *Remote Sensing of Environment*. 2010. Vol. 114, 12. P. 2911–2924.
67. Cook S., Cherry S., Humes K., Guldin J., Williams C. Development of a Satellite-Based Hazard Rating System for *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) in the Ouachita Mountains of Arkansas. *Journal of Economic Entomology*. 2007. Vol. 100, № 2. P. 381–388.
68. Coops N. C., Johnson M., Wulder M. A., White J. C. Assessment of QuickBird high spatial resolution imagery to detect red attack damage due to

mountain pine beetle infestation. *Remote Sensing of Environment*. 2006. Vol. 103, № 1. C. 67–80.

69. ed. M. A. Wulder, ed. S. E. Franklin Understanding forest disturbance and spatial pattern: remote sensing and GIS approaches. Boca Raton, FL: CRC Taylor & Francis, 2007. 246 p.

70. Eitel J. U. H., Vierling L. A., Litvak M. E., Long D. S., Schulthess U., Ager A. A., Krofcheck D. J., Stoscheck L. Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in a New Mexico conifer woodland. *Remote Sensing of Environment*. 2011. Vol. 115, № 12. P. 3640–3646.

71. Fassnacht F. E., Latifi H., Ghosh A., Joshi P. K., Koch B. Assessing the potential of hyperspectral imagery to map bark beetle-induced tree mortality. *Remote Sensing of Environment*. 2014. Vol. 140. P. 533–548.

72. Hall R. J., Castilla G., White J. C., Cooke B. J., Skakun R. S. Remote sensing of forest pest damage: a review and lessons learned from a Canadian perspective. *The Canadian Entomologist*. 2016. Vol. 148, № S1. P. S296–S356.

73. Hermosilla T., Wulder M. A., White J. C., Coops N. C., Hobart G. W. Regional detection, characterization, and attribution of annual forest change from 1984 to 2012 using Landsat-derived time-series metrics. *Remote Sensing of Environment*. 2015. Vol. 170. P. 121–132.

74. Kennedy R. E., Yang Z., Cohen W. B. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr – Temporal segmentation algorithms. *Remote Sensing of Environment*. 2010. Vol. 114, № 12. P. 2897–2910.

75. Klouček T., Komárek J., Surový P., Hrach K., Janata P., Vašíček B. The Use of UAV Mounted Sensors for Precise Detection of Bark Beetle Infestation. *Remote Sensing*. 2019. Vol. 11, № 13. P. 1561.

76. Liu D., Kelly M., Gong P. A spatial–temporal approach to monitoring forest disease spread using multi-temporal high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*. 2006. Vol. 101, № 2. P. 167–180.

77. Meigs G. W., Kennedy R. E., Cohen W. B. A Landsat time series approach to characterize bark beetle and defoliator impacts on tree mortality and surface fuels in conifer forests. *Remote Sensing of Environment*. 2011. Vol. 115, № 12. P. 3707–3718.

78. Myroniuk V., Zibtsev S., Bogomolov V., Soshenskyi O., Gumeniuk V., Vasylyshyn R. A web-based platform LANDSCAPE FIRES: regional-level fire management information system for Northern Ukraine. Online :European Association of Geoscientists & Engineers, 2021.

79. Näsi R., Honkavaara E., Blomqvist M., Lyytikäinen-Saarenmaa P., Hakala T., Viljanen N., Kantola T., Holopainen M. Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2018. Vol. 30. P. 72–83.

80. Otsu K., Pla M., Vayreda J., Brotons L. Calibrating the Severity of Forest Defoliation by Pine Processionary Moth with Landsat and UAV Imagery. *Sensors*. 2018. Vol.18, № 10. P. 3278.
81. Planet Team (2017). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA: 2017.
82. Rufin P., Rabe A., Nill L., Hostert P. Gee timeseries explorer for qgis – instant access to petabytes of earth observation data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2021. Vol. XLVI-4/W2-2021. P. 155–158.
83. Rullan-Silva C. D., Olthoff A. E., Delgado de la Mata J. A., Pajares-Alonso J. A. Remote Monitoring of Forest Insect Defoliation A Review. *Forest Systems*. 2013. Vol. 22, № 3. P. 377.
84. Senf C., Seidl R., Hostert P. Remote sensing of forest insect disturbances: Current state and future directions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2017. Vol. 60. P. 49–60.
85. Stone C., Mohammed C. Application of Remote Sensing Technologies for Assessing Planted Forests Damaged by Insect Pests and Fungal Pathogens: a Review. *Current Forestry Reports*. 2017. Vol. 3, № 2. P. 75–92.
86. Tobler W. Measuring Spatial Resolution. 1987. 256 p.
87. Verbesselt J., Robinson A., Stone C., Culvenor D. Forecasting tree mortality using change metrics derived from MODIS satellite data. *Forest Ecology and Management*. 2009. Vol. 258, № 7. P. 1166–1173.
88. Woodcock C. E., Allen R., Anderson M., Belward A., Bindschadler R., Cohen W., Gao F., Goward S. N., Helder D., Helmer E., Nemani R., Oreopoulos L., Schott J., Thenkabail P. S., Vermote E. F., Vogelmann J., Wulder M. A., Wynne R. Free Access to Landsat Imagery. *Science*. 2008. Vol. 320, № 5879. P. 1011a–1011a.
89. Ye S., Rogan J., Zhu Z., Hawbaker T. J., Hart S. J., Andrus R. A., Meddens A. J. H., Hicke J. A., Eastman J. R., Kulakowski D. Detecting subtle change from dense Landsat time series: Case studies of mountain pine beetle and spruce beetle disturbance. *Remote Sensing of Environment*. 2021. Vol. 263. P. 112-560.
90. Zhu Z., Woodcock C. E. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. *Remote Sensing of Environment*. 2014. Vol. 144. P. 152-171.
91. Zhu Z., Zhang J., Yang Z., Aljaddani A. H., Cohen W. B., Qiu S., Zhou C. Continuous monitoring of land disturbance based on Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 238. P. 111-116.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Вимоги до зберігання, препарування і колекціонування комах

В усіх лісництвах в найближчі роки мають бути створені куточки захисту лісу, в яких мають бути представлені колекції найбільш розповсюджених шкідників та їхніх ентомофагів. Тому студенти повинні вміти укомплектовувати та готувати для цього матеріал. Дорослих комах, зібраних у лісі, спочатку розміщують на декілька годин у морилки, використовуючи для цього різний скляний посуд із широкими горловинами, що щільно закривається корковими пробками. З нижньої сторони пробки булавкою приколюють ватний тампон, який змочують ефіром.

Зберігають заморених комах у висушеному стані на ваті або наколотими на булавки і вкладають етикетки. Матрацики в паперових обкладинках складають у коробки. На етикетках вказують час і місце збору, прізвище особи, яка збрала комах. У разі другого способу зберігання комах наколюють на ентомологічні булавки, які є різної товщини. Найтонкіші мають номер --, потім йдуть 0, 1, 2, 3, 4 і 5. Дрібних комах наколюють на найтонші короткі булавки. До кожної булавки прикріплюють маленьку етикетку.

Кохам наколюють булавками в середньогруді. При тому, жуків, клопів (крім щитівок), прямокрилих із складними крилами наколюють ледь правіше середньої лінії тіла, а інших – посередині. Дрібних комах (у т.ч. короїдів) наколюють на кінець трикутника із щільного паперу, а останній наколюють на булавку. На одну булавку для економії наколюють по 4–5 таких трикутників із однаковими видами комах.

Метеликів, перетинчастокрилих, двокрилих, часто і інших комах розправляють на розпрямилках. Розведені у сторони крила зверху притискають стрічками паперу, приколотими булавками до бокових дощечок розпрямилки. При цьому крила розводять, щоб задній край передніх крил утворював із лінією осі тіла прямий кут. Для того, щоб черевце не провисало, підкладають небагато вати. в такому вигляді комах залишають до тієї пори, доки вони не висохнуть і затверднуть покрови тіла (близько трьох днів).

Наколотих на булавки (в т.ч. розпрямлених) комах розміщують в ентомологічні коробки, які мають щільно закриватися, щоб у них не проникали шкіроїди. Для втикання булавок на дно коробок приклеюють тонкий шар пінопласту і закривають зверху папером.

Личинок (у т.ч. гусениць), а також дрібних комах можна зберігати в 70 %-ному спирті. Білих личинок (хрущів, вусачів і ін.) перед цим необхідно кип'ятити протягом 3–5 хвилин, інакше вони почорніють. Якщо потрібно зберігати багато невеликих партій дрібних комах, то їх поміщають у маленькі пробірки, туди ж кладуть етикетки, написані простим олівцем, ледь прикривши їх ватними тампонами і складають у банку із 70 %-им спиртом, яка закривається притертим корком.

Вимоги до збору та оформленню гербарних зразків уражень деревних рослин збудниками хвороб

Під час збору гербарного матеріалу необхідно користуватися такими правилами. Гербарні зразки повинні мати чітко виражені симптоми хвороби. Для гербарних зразків придатні ураження у вигляді нальотів, плямистостей, пустул, деформацій, в'янення, гнилей, а також плодові тіла дереворуйнівних і шапинкових грибів. Вказані зразки збирають протягом усього періоду вегетації рослин.

Свіжозібрані уражені листки і хвою слід негайно перекласти папером. З цією метою можна використати газети, старі журнали, книги. При цьому слід протягом перших 2–3 днів щоденно замінювати листки паперу на сухі. Це особливо важливо під час висушування соковитого листя. Для кращого розрівнювання уражених листків і хвої їх доцільно помістити під невеличкий прес. Для прискорення сушіння преси з ураженими зразками варто покласти у тепле, сухе місце, яке добре провітрюється. Для висушування і зберігання зразків не можна використовувати поліетиленову плівку, оскільки в ній утворюється підвищена вологість, а зразки швидко загнивають.

Уражені гілки, частини стовбурів, а також однорічні й багаторічні плодові тіла трутовиків висушують у підвішеному стані у затінених місцях, які добре провітрюються.

Шапинкові гриби слід швидко висушувати. Тому після збору їх необхідно помістити в термостати чи інші сушильні прилади, а в сільській місцевості досить придатна для цього є звичайна піч. В ній можна також сушити трутовики.

Якщо є можливість, свіжі плодові тіла шапинкових грибів краще зберігати в закритій скляній тарі за допомогою консервуючої рідини. Найбільш простий і зручний спосіб фіксації плодових тіл – 70 %-вий спирт, а також 5-8 %-вий водний розчин 40 %-вого формаліну. Водночас у цих консервантах пігментовані плодові тіла знебарвлюються. Для того, щоб зберегти забарвлення, слід використовувати такий рецепт фіксуєної рідини: на 1000 мл дистильованої води потрібно взяти 100 г гліцерину, 60 г формаліну, 15 г борної кислоти, 20 г солі (NaCl), 3 г мідного купоросу.

Кожен зразок повинен мати етикетку, в якій слід вказати дату, розгорнуту характеристику місця збору, вид збудника хвороби тощо.

Додаток 3

Перелік хвороб і шкідників, виявлених у насадженнях

№ п/п	Назви хвороб та їхніх збудників, комах		Симптоми прояву	Місце збору (квартал, виділ)
	українська	латинська		
1.				
2.				
3.				

Додаток 4

Перелікова відомість за категоріями стану дерев та видами хвороб

Вид деревної рослини	Категорії стану дерев, шт.								Всього дерев	
	здорові	ослаблені							шт.	%
		пошкодження коріння	пошкодження надземної частини	назва збудника хвороби та ступінь ураження						
				слабка	середня	сильна	дуже сильна	відмерлі		

Додаток 5

Відомість обліку шкідників ґрунту

ДП

Лісництво

№ проб	Квартал	Виділ	Площа виділу	Категорія площі, тип лісорослинних умов	№ пробних ям	Кількість знайдених в ямі комах								Всього
						травневий хрущ				інші				
						личинки			лялечок, жуків	личинки			Лялечок, жуків	
						1 вік	2 вік	3 вік		1 вік	2 вік	3 вік		

Додаток 6

Розміри головних капсул личинок та розмір імаго різних видів хрущів

Вид хруща	Ширина головної капсули (мм) та відповідний вік личинок		
	I-річки	II-річки	III-річки
Мармуровий хрущ <i>Polyphylla fullo</i>	2,8	5,3	8,5
Травневі хрущі <i>Melolontha</i> sp.	2,5	4,0	6,5
Сірий волохатий хрущ <i>Anoxia pilosa</i>	2,3	3,8	5,8
Червневий хрущ <i>Amphimallon solstitiale</i>	2,0	3,0	4,0
Металеві хрущики (квіткоїди) <i>Anthonomus</i> sp.	1,2	2,5	3,0
Рудий хрущик <i>Serica brunnea</i>	1,0	1,5	2,0

Додаток 7

**Загальні показники загрози для лісових культур від личинок
травневих хрущів третього віку (екз/м²) в різних зонах
України залежно від ґрунту**

Ґрунти	Полісся	Лісостеп	Степ
Піщані	3	2	1
Супіщані, суглинки	4	3	2
Чорноземи	5	4	3

Додаток 8

Ентомофітопатологічний журнал

ДП _____

Лісництво _____

№ кварталу	Виділ	Короткий таксаційний опис	Площа ділянки, га	Ентомопатологічна характеристика

Додаток 9

Рекогносцирувальне маршрутне обстеження насаджень

Квартал, виділ	Вид деревної рослини	Ураженість деревостану збудниками хворобам							
		здорові		пухлини		“Відьмині мітли”		виразки	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%

Розвиток хвороби

$$R = \frac{\sum (a \cdot b)}{n}$$

Розповсюдженість хвороби

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100$$

**Категорії санітарного стану соснових культур у період до
змикання**

Категорії стану, бал	Зовнішні ознаки
I – без ознак ослаблення	Хвоя блискуча, густа, домінує ріст верхівкового пагона. Дерев висаджені вертикально. У перший рік після садіння може виявлятися пожовтіння кінцівок хвоїнок (до 10 % довжини), поодинокі пожовтілі нижні хвоїнки внаслідок тривання адаптації рослин до нових умов після садіння.
II – ослаблені	Хвоя блідувато-зелена, середньої густоти, домінує ріст верхівкового пагону або набрякання верхівкової бруньки, багатoverхівковість центрального пагона. Наземна частина окремих дерев частково засипана ґрунтом. Під час адаптації після висаджування – пожовтіння кінцівок хвоїнок (11–30 % довжини), наявні поодинокі пожовтілі та буро-руді хвоїнки.
III – дуже ослаблені	Хвоя світло-зелена, матова, слабкої густоти, верхівкова брунька слабо виражена, але життєздатна. Верхня частинка хвоїнок (31–50 % довжини) жовто-бурого кольору, понад 50 % хвоїнок буро-рудого або коричневого кольору. Дерев часто відхилені від вертикалі або придавлені грудками ґрунту.
IV – засихаючі	Поодинокі хвоїнки світло-зеленого кольору, понад 50 % хвоїнок буро-рудого або коричневого кольору. Верхівка бруньок відмерла, але нижня частина дерев ще жива.
V – відмерлі	Хвоя суха, буро-рудого або коричневого кольору. Можливі погризи хвої, стовбурців або коріння. Деревце легко витягується з ґрунту.

Пробна площа №

1. Місцезнаходження пробної площі: _____ лісництво
_____ квартал _____ виділ _____
2. Розмір пробної площі _____
3. Таксаційна характеристика:
 - склад;
 - вік;
 - повнота;
 - бонітет;
 - ТЛУ;
 - підлісок;
 - підріст;
 - трав'яна рослинність;
 - середні: висота, діаметр
4. Видовий склад збудників хвороб та шкідників _____
5. Діагностичні ознаки _____

Модельне дерево №

Лісництво _____ квартал _____, виділ _____ № пр.пл. _____

1. Загальна характеристика дерева
 - вид
 - вік
 - діаметр
 - висота
2. Стан хвої або листя.
3. Стан гілок (зараженість патогенами та пошкодження шкідниками).
4. Стан стовбура (наявність водяних пагонів, ракових ран, пухлин, пошкоджень шкідниками, механічних пошкоджень, морозобійних тріщин тощо).
5. Стан коренів (наявність гнилі, ризоморф, плівок, витікання смоли, пошкоджень комахами).

Рекомендується зробити зарисовки розташування гнилі в стовбурі (стадію гнилі), місця ракових виразок або пухлин. Розрахувати об'єм гнилі у відсотках та м³, а також вплив гнилі на вихід ділових сортиментів.

Додаток 13

Картка обліку хвоє- і листогризних шкідників

ДП _____

Лісництво _____

№ проби	№ кварталу	Виділ	Розмір проб (площа, к-ть дерев)	Коротка таксаційна характеристика	Вид і фаза шкідника	Кількість особин шкідника на пробі					
						здорових	мертвих	паразитів	пошкоджених хижаками	всього	кількість здорових особин на 1м ² або на дерево

Додаток 14

Перерахункова відомість

ДП _____

Лісництво _____

№ пп	Вид	Ступені товщини	Всього	Кількість дерев, шт					Висота трьох дерев центрального ступеня товщини
				здорові	ослаблені, заселені шкідниками	всихаючі, заселені стовбуровими шкідниками	сухостійні	вітровальні	

Додаток 15

Стадії розвитку шкідливих комах, строки проведення моніторингу та обліку чисельності

Умовні позначення стадій розвитку в таблицях: + – імаго; • – яйця; - – личинки (гусениці); (-) – їх зимуючий період; ◇ – лялечки; Е – еонімфа; П – пронімфа



- строки нагляду,



- строки обліку чисельності

Сосновий шовкопряд *Dendrolimus pini*

Рік	Стадії розвитку																	
	IV			V			VI			VII			VIII			IX		
Перший									+	+	+	+						
										•	•	•	•					
										-	-	-	-	-	-	-	-	-
Другий	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-									
								◇	◇	◇								
									+	+	+	+						

Місце зимівлі – під підстилкою

Монашка *Lymantria (Ocneria) monacha*

Рік	Стадії розвитку																	
	IV			V			VI			VII			VIII			IX		
Перший										+	+	+	+					
										•	•	•	•	•		(-)	(-)	(-)
Другий	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-									
								◇	◇	◇								
									+	+	+	+						

Місце зимівлі - на корі

Соснова совка *Panolis flammea*

Рік	Стадії розвитку																	
	IV			V			VI			VII			VIII			IX		
Перший		+	+	+	+													
		•	•	•	•													
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
								◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
Другий	◇	◇	◇															
		+	+	+	+													

Місце зимівлі – під підстилкою

Сосновий п'ядун *Bupalus piniarius*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший						+	+	+	+												
							•	•	•	•											
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
																	◇	◇	◇	(◇) (◇) (◇)	
другий	◇	◇	◇	◇	◇	◇															
						+	+	+	+												

Місце зимівлі – під підстилкою

Звичайний сосновий пильщик *Diprion pini*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший		+	+	+	+																
		•	•	•	•																
					-	-	-	-	-												
									◇	◇											
										+	+	+									
										•	•	•									
												-	-	-	-	-	-				
																E	(E)	(E)	(E)		
																	(II)	(II)	(II)		
другий	E	E	E	діапауза																	
		◇	◇																		
		+	+	+	+																

Місце зимівлі – під підстилкою

Рудий сосновий пильщик *Neodiprion sertifer*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший													+	+	+	+					
													•	•	•	•	•	(•)	(•)	(•)	
другий	•	•	•	•																	
				-	-	-	-	-	-												
										◇	◇	◇	◇	◇	◇						
													+	+	+	+					

Місце зимівлі – хвоя

Ткач гуртовий *Acantholyda erythrocephala*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший			+	+	+																
			•	•	•																
				-	-	-	-	-													
								E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	(E)	(E)	(E)	
																	Π	Π	(Π)	(Π)	
	E	E	E																		
другий	Π	Π	Π																		
		◊	◊	◊																	
			+	+	+																

Місце зимівлі – ґрунт

Ткач зірчастий *Acantholyda posticalis*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший					+	+	+	+	+												
					•	•	•	•	•												
						-	-	-	-	-											
										E	E	E	E	E	E	E	E	E	(E)	(E)	(E)
																	Π	Π	(Π)	(Π)	(Π)
другий	E	E	E	E	діапауза																
	Π	Π	Π	Π																	
			◊	◊	◊																
					+	+	+	+	+												

Місце зимівлі – ґрунт

Модринова листовійка *Zeiraphera diniana*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший												+	+	+	+	+					
												•	•	•	•	•	•	•	(•)	(•)	(•)
другий	•	•	•	•	•																
					-	-	-	-	-	-											
										◊	◊	◊	◊								
												+	+	+	+	+					

Місце зимівлі – пагони

Зелена дубова листовійка *Tortrix viridana*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший								+	+	+											
								•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	(•)	(•)
другий	•	•	•																		
			-	-	-	-	-														
							◇	◇	◇												
								+	+	+											

Місце зимівлі – пагони

Непарний шовкопряд *Lymantria (Ocneria) dispar*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший										+	+	+	+								
										•	•	•	•	•	•	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
другий	(-)	(-)	(-)																		
			-	-	-	-	-	-	-												
								◇	◇	◇											
										+	+	+	+								

Місце зимівлі – стовбур

Зимовий п'ядун *Operophtera brumata*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X -III		
перший																+		+	+		
																		(•)	(•)	(•)	
другий	•	•	•	•																	
			-	-	-	-	-	-													
						◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	+	+	+		

Місце зимівлі – гілки

П'ядуни: жовтовусий, волосистий, обдирало

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший		+	+																		
		•	•																		
		-	-	-	-	-	-	-													
другий	◇	◇ +	◇ +					◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	(◇)	(◇)	(◇)	

Місце зимівлі – підстилка

Дубова широкомініюча міль *Acrocercops brongniardella*

Рік	Стадії розвитку														
	IV			V			VI			VII			VIII		
перший	(+)	(+)	(+)	+	+	+									
				•	•	•									
					-	-	-	-	-						
								◇	◇	◇	◇				
										+	+	+	+	+	+
другий	(+)	(+)	(+)												

Місце зимівлі – нежилі приміщення, під корою старого сухостою

Золотогуз *Euproctis chrysorroea*

Рік	Стадії розвитку														
	IV			V			VI			VII			VIII		
перший									+	+	+	+			
									•	•	•	•			
										-	-	-	-	-	-
другий	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-						
								◇	◇						
									+	+	+	+			

Місце зимівлі – гнізда в кроні

Американський білий метелик *Hyphantria cunea*

Рік	Стадії розвитку														
	IV			V			VI			VII			VIII		
перший				+	+	+	+								
				•	•	•	•	•							
							-	-	-	-	-	-			
										◇	◇	◇			
											+	+	+	+	
											•	•	•	•	
											-	-	-	-	-
														◇	(◇)
другий	◇	◇	◇	◇	+	+	+	+							

Місце зимівлі – тріщини кори

Вербова хвилівка *Leucoma salicis*

Рік	Стадії розвитку														
	IV			V			VI			VII			VIII		
перший									+	+	+	+			
									•	•	•	•			
									-	-	-	-	-	-	-
другий	-	-	-	-	-	-									
						◇	◇	◇	◇						
									+	+	+	+			

Місце зимівлі – стовбур

Дубовий похідний шовкопряд *Cnetocampa prokcessionea*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший										+	+	+	+	+							
												•	•	•	•	•	•	•	(•)	(•)	(•)
другий	•	•	•																		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-									
										◇	◇	◇	◇								
										+	+	+	+	+							

Місце зимівлі – гілки

Червонохвіст *Calliteara pudibunda*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший						+	+	+													
						•	•	•													
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
																		◇	◇	◇	
																			◇	◇	
другий	◇	◇	◇	◇	◇	◇															
						+	+	+													

Місце зимівлі – підстилка

Кільчастий шовкопряд *Malacosoma neustria*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший									+	+	+	+									
									•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	(•)	(•)
другий	•	•	•																		
				-	-	-	-	-	-												
									◇	◇											
									+	+	+	+									

Місце зимівлі – пагони

Лунка срібляста *Phalera bucephala*

	Стадії розвитку																				
Рік	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X-III		
перший							+	+	+	+	+	+									
							•	•	•	•	•	•									
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
														◇	◇	◇	◇	◇	(◇)	(◇)	(◇)
другий	◇	◇	◇	◇	◇	◇															
							+	+	+	+	+	+									

Місце зимівлі – ґрунт

Дубова чубатка *Peridea anceps*

	Стадії розвитку														
Рік	IV			V			VI			VII			VIII		
перший				+	+		+	+							
				•	•		•	•							
					-		-	-	-	-	-	-			
									◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
другий	◇	◇	◇	◇											
				+	+		+	+							

Місце зимівлі – ґрунт

Ільмовий ногохвіст *Exaereta ulmi*

	Стадії розвитку														
Рік	IV			V			VI			VII			VIII		
перший			+	+	+	+									
				•	•	•									
					-	-	-	-	-						
									◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
другий	◇	◇	◇	+	+	+	+								

Місце зимівлі – ґрунт

В'язовий строкатий п'ядун *Alsophila (Anisopteryx) aescularia*

	Стадії розвитку по місяцях														
Рік	IV			V			VI			VII			VIII		
перший							+	+		+	+				
									•	•	•	•			
										-	-	-	-	-	-
													◇	◇	◇
другий	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇								
								+	+	+	+				

Місце зимівлі - в ґрунті, під підстилкою

Ясеневий білокрапковий пильщик *Macrophya punctumalbum*

	Стадії розвитку по місяцях														
Рік	IV			V			VI			VII			VIII		
перший				+	+		+	+							
				•	•		•	•							
					-		-	-	-	-	-				
									E	E	E	E	E	E	E
другий	E	E	E	E	E		діапауза								
			Π	Π	Π										
			◇	◇	◇	◇									
				+	+	+	+								

Місце зимівлі – ґрунт

Додаток 16

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для комах-хвоєлистогризів [26]

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для зеленої дубової
листовійки

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	A ₁ –A ₃ , B ₁ –B ₃ , C ₁ – C ₃ , D ₁ –D ₃	B ₁ –B ₃	D ₃	C ₁ –C ₃	–	D ₁ –D ₂
Вік насаджень	<=20	–	21–30; >80	31–40	–	41–80
Повнота	>=0,8	–	–	–	0,7	<=0,6
Частка улюбленої породи	<=0,2	–	0,3–0,5	0,6	0,7–0,8	>=0,9
Походження	–	–	–	насіньове	–	порослеве

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для зимового п'ядуна

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	A ₁ –A ₃ , B ₁ –B ₃ , C ₁ – C ₃ , D ₁ –D ₃	B ₁ –B ₃	C ₁ , C ₃ , D ₃	C ₂	–	D ₁ –D ₂
Вік насаджень	<20	21–30	31–40; >80	41–50	51–60, 71–80	61–70
Повнота	>=0,8	–	0,6–0,7	–	0,5	<=0,4
Частка улюбленої породи	–	–	0,2–0,6	>0,7	–	–
Походження	–	–	насіньове	–	–	порослеве

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для глодової листовійки

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	A ₁ –A ₃ , B ₁ –B ₃ , C ₁ – C ₃ , D ₁ –D ₃	B ₁ –B ₃ , C ₃	C ₁ , D ₃	C ₂	D ₂	D ₁
Вік насаджень	<=20	>80	21–30	31–40; 71– 80	41–50	51–70
Повнота	>=0,8	0,7	0,6	–	0,5	<=0,4
Частка улюбленої породи	–	<=0,2	0,3–0,6	0,7–0,8	>=0,9	–
Походження	–	–	насіньове	–	–	порослеве

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для непарного шовкопряда

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	A ₁ –A ₅ , B ₄ –B ₅ , C ₄ – C ₅ , D ₄ –D ₅	B ₁ –B ₃ , D ₃	–	C ₁ –C ₃	D ₂	D ₁
Вік насаджень	<20	21–30; >80	31–40; 71– 80	–	41–70	–
Повнота	>=0,8	–	–	0,7	0,5–0,6	<=0,4
Частка улюбленої породи	–	0,2	0,3–0,6	0,7–0,8	–	>=0,9
Походження	–	насі́ннєве	–	–	–	порослеве

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для золотогоуза

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	A ₁ –A ₅ , B ₄ –B ₅ , C ₄ – C ₅ , D ₄ –D ₅	B ₁ –B ₃ , D ₃	C ₁ –C ₃	–	D ₂	D ₁
Вік насаджень	<=20	>80	21–30; 71– 80	31–50	51–70	–
Повнота	>=0,8	–	–	0,7	0,5–0,6	<=0,4
Частка улюбленої породи	–	–	<=0,6	>=0,7	–	–
Походження	–	насі́ннєве	–	–	–	порослеве

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для рудого соснового пильщика

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	B ₄ –B ₅ , C ₃ – C ₅ , D ₁ –D ₅	A ₄ , B ₃	C ₁ –C ₂	A ₃	A ₂ , B ₁ –B ₂	A ₁
Вік насаджень	<=10, >80	71–80	11–20; 61– 70	–	21–40, 51– 60	41–50
Повнота	>=0,8	0,7	–	0,6	0,5	<=0,4
Частка улюбленої породи	<=0,5	0,6	–	0,7–0,8	–	>=0,9

**Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для звичайного соснового
пильщика**

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	B ₄ -B ₅ , C ₃ -C ₅ , D ₁ -D ₅	A ₄ , B ₃ , C ₂	C ₁	A ₃	B ₁ -B ₂	A ₁ , A ₂
Вік насаджень	<=10, >80	11-20; 71-80	21-30 61-70	51-60	31-40	41-50
Повнота	>=0,8	-	0,7	0,6	-	<=0,5
Частка улюбленої породи	<=0,5	0,6	-	0,7-0,8	-	>=0,9

**Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для соснового
шовкопряда**

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	B ₄ -B ₅ , C ₃ -C ₅ , D ₁ -D ₅	A ₄	B ₃ C ₁ -C ₂	A ₃	A ₂ , B ₁ -B ₂	A ₁
Вік насаджень	<=10 >=80	11-20	-	21-30	31-40 71-80	41-70
Повнота	>=0,8	0,7	-	0,6	0,5	<=0,4
Частка улюбленої породи	<=0,5	0,6	0,7-0,8		-	>=0,9

Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для соснової совки

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	B ₄ -B ₅ , C ₃ -C ₅ , D ₁ -D ₅	A ₄ , B ₃ , C ₂	A ₃ , C ₁ B ₂	B ₁	A ₂	A ₁
Вік насаджень	<=10, >80	11-20	21-30 71-80	31-40 61-70	41-60	-
Повнота	>=0,8	0,7	0,6	-	0,5	<=0,4
Частка улюбленої породи	<=0,5	0,6	0,7-0,8	-	-	>=0,9

**Бальна оцінка принадності ділянок насаджень для соснового
п'ядуна**

Показники	Значення показників, які відповідають балам:					
	0	1	2	3	4	5
ТЛУ	B ₄ -B ₅ , C ₃ -C ₅ , D ₁ -D ₅	-	A ₄ , B ₃ C ₁ -C ₂	A ₃ , B ₂	A ₁ , B ₁	A ₂
Вік насаджень	<=20	21-30 >80	31-40; 71-80	41-50	51-70	-
Повнота	>=0,8	-	-	0,6-0,7	<=0,5	-
Частка улюбленої породи	<=0,5	0,6	-	0,7-0,8	-	>=0,9

**Характеристика сезонного розвитку найбільш
поширених комах-хвоєлистогризів і періодів
пошкодження ними листя або хвої**

Види комах	Генерація	Зимуюча стадія	Період пошкодження листя або хвої
Сосновий шовкопряд	1–2-річна	Г	VIII–IX, III–VI
Шовкопряд-монашка	1-річна	Я(Г)	V–VI
Соснова совка	1-річна	Л	V–VI
Сосновий п'ядун	1-річна	Л	VI–IX
Звичайний сосновий пильщик	1 – 2 / рік	Е	V–VI, VIII–IX
Рудий сосновий пильщик	1-річна	Я, Е	V–VI
Глодова листовійка	1-річна	Я	IV–V
Зелена дубова листовійка	1-річна	Я	IV–V
Непарний шовкопряд	1-річна	Я(Г)	V–VII
Золотогуз	1-річна	Г	IV–VI, VII–IX
Червонохвіст	1-річна	Л	VI–X
Кільчастий шовкопряд	1-річна	Я	V–VII
Зимовий п'ядун	1-річна	Я	V
П'ядун-обдирало	1-річна	Я	V
Дубова чубатка	1-річна	Л	VI–VII
Лунка срібляста	1-річна	Л	VI–IX
Дубовий похідний шовкопряд	1-річна	Я	IV–VII

Примітки: Я – яйце; Я(Г) – гусениця в яйці; Г – гусениця; Л – лялечка; Е – еонімфа.

**Терміни й характерні ознаки нагляду за основними комахами-
листогризами**

Види комах	Терміни нагляду	Симптоми та ознаки нагляду
Зелена дубова листовійка <i>Tortrix viridana</i>	серединачервня	Пошкодження листя на верхівках дерев, скручене листя, зелені метелики на стовбурах, кущах, гілках
	жовтень – квітень	Яйця на гілках
Глодова листовійка <i>Archips crataegana</i>	Початок червня	Пошкодження листя на верхівках дерев, згорнуті листя, літ метеликів
	липень – квітень	Типові білі кладки яєць на стовбурі та гілках
Непарний шовкопряд <i>Lymantria (Ocneria) dispar</i>	кінець червня	Огризки листя та екскременти на землі, волохаті гусениці в кронах, на стовбурах
	кінець липня – початок серпня	Помітні метелики-самки та яйцекладки, вкриті жовтими волосками, на стовбурах
Золотогуз <i>Euproctis chrysorrhoea</i>	перша половина липня	Білі метелики на нижньому боці листків, іноді на стовбурах, яйцекладки на листках
	жовтень – квітень	Зимові гнізда з сухих листків у кронах
Кільчастий шовкопряд <i>Malacosoma neustria</i>	перша половина червня	Розгалуження гілок оплетені павутинням, велика скупченість гусениць всередині
	жовтень	Кладки яєць на гілках у вигляді кільця
П'ядуни - зимовий <i>Operophtera brumata</i> та обдирало <i>Erannis defoliaria</i>	травень	Пошкоджені та зв'язані шовковими нитями листки, гусениці
	жовтень – листопад	Ловлення самок клейовими кільцями на стовбурах
Дубовий похідний шовкопряд <i>Thaumetopoea processionea</i>	друга половина червня – липень	Павутинисті гнізда з гусеницями або лялечками, на стовбурах та гілках; павутинисті доріжки на стовбурах від гнізда до крони
Червонохвіст <i>Dasychira pudibunda</i>	вересень	Пошкодження крон, гусениці, огризки листя на землі
Дубова чубатка <i>Peridea anceps</i>	червень – липень	Гусениці та пошкодження крон
Лунка срібляста <i>Phalera bucephala</i>	друга половина серпня	Гусениці, пошкодження листя, екскременти в підстилці

Чисельність шкідливих комах у відповідній стадії розвитку, які можуть бути на одну облікову одиницю в лісостані з повнотою 1,0 і загрожують 100%-ому об'їданню хвої (листя)

Відкриття	А. Хвойні ліси										Б. Листопадні ліси			
	Кількість комах, дорослих, пролітків, шт.										Кількість комах на дереві			
	Сосновий лісостан, пс. шт.	Моховий, в пс. - сосновий, в пс. - сосновий	Дубовий сосновий лісостан	Рухливий сосновий лісостан	Сосновий лісостан	Сосновий лісостан	Тягучий сосновий лісостан	Рухливий лісостан	Моховий лісостан	Сосновий лісостан	Листопадний лісостан	Листопадний лісостан	Листопадний лісостан	Листопадний лісостан
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
100	50	-	20	30	-	-	20	3	15	2	100	300	40000	2000
200	500	2000	30	50	10	10	60	7	40	4	500	700	70000	4000
300	500	3000	50	70	15	20	70	13	60	6	800	1000	100000	6000
400	400	4000	60	90	30	30	100	25	80	8	1000	1500	150000	7500
500	500	5000	70	100	40	50	150	40	120	12	1500	2000	200000	10000
600	600	6000	80	150	50	60	200	50	150	18	1700	2500	-	12000
700	700	7000	110	200	60	70	250	60	200	20	2200	3400	-	14000
800	700	140000	150	250	70	80	-	-	-	22	2800	4600	-	18000
900	800	200000	200	300	80	90	-	-	-	25	3500	5500	-	20000
на 1м ²	40	-	15	20	7	10	30	3	40	6,3	-	-	-	-
на 1м ²	40	-	15	20	7	10	30	3	40	6,3	-	-	-	-

Вік насадження	Б. Листогиристі									
	Кількість личинок савок (маго) на дереві, які:							Долготерці, білий повільний, гнізд на дереві	Личинки пошкодів	Верба-павутина міль
	Дубова дубова гладка листоїдка, гала	П'ялун листої	П'ялун облізало	Червоноліст	Дубов срібляста	Дубова чубатка	Дубова шоркоподібна пуги міль			
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10	10/10	5	5	1	1	1	10	5/10	2	більше 1/4 крони дерева з павутиною
20	30/20	15	10	4	2	2	40	10/15	3	
30	50/30	30	20	7	4	3	70	15/20	4	
40	70/50	50	40	10	6	4	100	20/30	5	
50	100/70	60	50	12	9	6	120	25	6	
60	170/90	70	60	14	12	8	140	30	8	
70	250/120	80	70	16	16	10	160	40	10	
80	300/150	90	80	20	20	13	200			
90	350/180	100	90	24	22	16	240			

на 1м²

ліс-

станок

3

2

2

30

4

АБМ – карантинний об'єкт; проводити радикальні заходи за будь-якої чисельності.

Додаток 20

Зелена маса гілки (г) залежно від її діаметра за деревними видами

Порода	діаметр гілки, см																					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
сосна	15	21	28	36	45	56	67	78	91	104	119	135	151	169	187	206	320	440	590	760	960	1200
ялина	5	6	8	9,5	11	14	16	18	20	23	25	31	31	34	37	40	57	75	95	115	140	167
дуб	73	85	98	110	123	135	148	160	172	184	196	221	221	233	246	258	319	381	442	504	565	627
береза	53	66	80	94	107	121	134	148	162	175	189	230	215	230	243	257	356	424	492	560	628	696

Додаток 21

Опис пробних площ у осередках стовбурових шкідників _____ лісництва

№ проби	Квартал	Виділ	Площа	Склад	Вік	Зімкнутість	ТЛУ	Бонітет	Вид	Всього дерев, шт					стовбурові шкідники	причини розмноження стовбурових шкідників
										здорових	ослаблених	всихаючих	сухостій	вітровал		

Додаток 23

**Облікова відомість рекогносцирувального нагляду
в _____ лісництві**

Вид шкідника	Характеристика насаджень						Способи нагляду	Терміни нагляду	Прізвище відповідального за нагляд
	Квартал	Виділ	Склад	Вік	Повно та	Тип лісу			

Додаток 24

**Зведена відомість результатів рекогносцирувального нагляду
в ДП _____**

Лісництво	Квартал Виділ	Спосіб нагляду	Строки нагляду	Результати нагляду	Пошкодженість (ураженість) крон, % Розповсюдженість, %	Абсолютна заселеність	Ступінь загрози насадженням на наступний рік
Шкідливі комахи							
Збудники хвороб							