

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ

Левченко В.Б., Шульга І.В., Романюк А.А.,
Немерицька Л. В., Вишневський А. В., Котков В.І.

ЛІСОПАТОЛОГІЯ
З ОСНОВАМИ
МОНІТОРИНГУ

*за редакцією кандидата сільськогосподарських наук,
доцента Валерія Борисовича Левченко*

Житомир
Вид-во ЖДУ ім. І. Франка
2020

УДК 630.2:504:574 (477.41/42)

ББК (4 Укр. - 4 Жит.) 43:28.081:28.693.32:28.591

Л-34

*Підручник друкується за рішенням методичної ради
Житомирського агротехнічного коледжу (м. Житомир),
протокол № 1 від 28.08.2019 р.*

Рецензенти:

О. Г. Болюх – головний лісопатолог Державного спеціалізованого
лісозахисного підприємства «Вінницялісозахист»;

О. О. Орлов – к. біол. н., старший науковий співробітник Поліського
філіалу Укр. НДІЛГА ім. В. Г. Висоцького.

Укладачі: кандидат с.-г. наук, доцент **Левченко Валерій Борисович**,
кандидат с.-г. наук, доцент **Шульга Ігор Володимирович**,
викладач вищої категорії, викладач-методист **Романюк Алла
Андріївна**,
кандидат біологічних наук, доцент **Немерицька Людмила
Вікторівна**,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Вишневський
Анатолій Васильович**,
кандидат технічних наук, доцент **Котков Володимир Іванович**.

Лісопатологія з основами моніторингу.

Л-34

Підручник / За ред. кандидата с.-г. наук, доцента
В. Б. Левченко: – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка,
2020, – 268 с.

В підручнику на основі багаторічних досліджень, узагальнення
літературних джерел та лісогосподарського виробничого досвіду
розкрито сучасні патологічні процеси, що проходять в лісах зони
Полісся України. Авторами проведена оцінка сучасного
лісопатологічного стану лісів зони Полісся України, а також описано
методологію проведення лісопатологічного моніторингу,
фітопатологічної експертизи в різних типах лісу.

Підручник розрахований на фахівців лісового господарства, охорони
навколишнього середовища, наукових працівників, викладачів і студентів
закладів вищої освіти спеціальності 205 «Лісове господарство»,
лісотехнічних коледжів, лісових технікумів, учителів біології, викладачів
екології, всіх тих, хто покликаний дбати, раціонально використовувати та
примножувати лісові ресурси нашої держави.

УДК 630.2:504:574 (477.41/42)

ББК (4 Укр. - 4 Жит) 43:28.081:28.693.32:28.591

©Левченко В. Б., 2020

©Шульга І. В., 2020

©Романюк А. А., 2020

©Немерицька Л. В., 2020

©Вишневський А. В., 2020

©Котков В.І., 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	7
1.1. Лісопатологічний моніторинг як складова частина лісового моніторингу	7
1.2. Основні поняття лісопатологічного моніторингу	9
1.3. Порядок організації лісопатологічного моніторингу	10
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ..	14
2.1. Визначення числа і величини об'єктів моніторингу	14
2.2. Лісозахисне районування території	15
2.3. Проектування мережі лісопатологічного моніторингу	17
2.4. Просторове розміщення точок обліку, пробних площ і модельних маршрутів	22
2.5. Проектування детального нагляду	24
2.6. Визначення затрат праці для організації та експлуатації натурної мережі лісового моніторингу	24
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	26
3.1. Джерела інформації для ГІС-технологій в лісозахисті	26
3.2. Застосування ГІС на державному, обласному і місцевому рівні	32
3.3. Вибір програмного забезпечення та апаратних засобів	34
3.4. Основні етапи і послідовність операцій при формуванні ГІС	36
3.5. Збір даних в ГІС	39
3.6. Підготовка та трансформація даних в цифрову форму	40
3.7. Географічна прив'язка даних	44
3.8. Аналітичні можливості ГІС	45
3.9. Етапи використання ГІС-технологій при організації і веденні лісопатологічного моніторингу	49
3.10. Нормативно-правові питання	50
3.11. Навчання персоналу	52
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО СТАНУ НАСАДЖЕНЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЗЙОМОК	54
4.1. Класифікація уражень лісу для проведення лісопатологічного дешифрування матеріалів дистанційних зйомок	55
4.2. Формування ознак дешифрування	59
4.3. Приклад оцінки лісопатологічного стану лісів Житомирської області з аерокосмічних знімків	63
4.4. Методичні рекомендації щодо оцінки лісопатологічного стану лісових насаджень за допомогою матеріалів аерокосмічних зйомок	74
РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ШКІДНИКІВ ЛІСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРОМОНІВ	77
5.1. Феромонні ловушки	78
5.2. Диспенсери	79
5.3. Сфери застосування синтетичних феромонів	79

5.4. Організація феромонного моніторингу	81
РОЗДІЛ 6. ЕКСПЕДИЦІЙНІ ЛІСОПАТОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	82
6.1. Авіадесантні експедиційні лісопатологічні обстеження	82
6.2. Наземні експедиційні лісопатологічні обстеження	86
6.3. Особливості обліків чисельності та організації моніторингу в комплексних осередках шкідників	87
РОЗДІЛ 7. МЕТОДИ ОБЛІКУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ХВОЄ- ТА ЛИСТОГРИЗУЧИХ КОМАХ	91
7.1. Розташування облікових одиниць за площею ділянок та їх число	92
7.2. Облік комах в кроні дерева	94
7.3. Окремі випадки обліку хвоє- та листогризучих комах в кроні дерева	96
7.4. Облік хвоє- і листогризучих комах на стовбурі дерева	98
7.5. Облік хвоє- і листогризучих комах, зимуючих або залялькованих в ґрунті ..	99
7.6. Плани послідовних обліків	100
7.7. Зворотний біноміальний облік	101
РОЗДІЛ 8. ОБЛІК СТОВБУРОВИХ ШКІДНИКІВ ЛІСУ	102
8.1. Загальний порядок аналізу модельного дерева	103
8.2. Вибірковий метод обліку на дереві	104
8.3. Спрощені методи обліку стовбурових шкідників	104
8.4. Облік стовбурових шкідників в насадженні	106
8.5. Облік специфічних видів стовбурових шкідників	107
8.6. Оцінка результатів обліку	108
РОЗДІЛ 9. ОРГАНІЗАЦІЯ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В ОСЕРЕДКАХ ХВОРОБ	109
9.1. Моніторинг хвороб в лісорозсадниках і молодниках	109
9.2. Моніторинг вогнищ хвороб в насадженнях	114
9.3. Методи моніторингу бактеріальних хвороб	122
РОЗДІЛ 10. МЕТОДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ ЛІСУ НА СТАН ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ	129
10.1. Наслідки пошкоджень лісу шкідниками	133
10.2. Методи інтегральної оцінки стану дерев і насаджень	143
РОЗДІЛ 11. АНАЛІЗ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	149
11.1. Основні принципи використання гідрометеорологічної інформації для лісопатологічного моніторингу	149
11.2. Метеорологічна інформація в лісопатологічному моніторингу	150
11.3. Метеорологічні характеристики температурного режиму	153
11.4. Прогноз теплозабезпечення за вегетаційний період	155
11.5. Оцінка умов зволоження вегетаційного періоду	157
11.6. Приклади прогнозування розвитку комах на основі метеорологічної інформації	159
11.7. Вплив стихійних явищ погоди на стан насаджень	162
РОЗДІЛ 12. ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОСНОВНИХ ВИДІВ ФІТОФАГІВ	168
12.1. Завдання і методи прогнозування	168

12.2. Закономірності динаміки популяцій-як основа програмування чисельності комах	170
12.3. Прогноз динаміки вогнищ фітофагів	173
12.4. Прогноз чисельності комах	182
12.5. Короткостроковий прогноз пошкодження асиміляційного апарату дерев хвоє- і листогризучими комахами	190
12.6. Автоматизована система прогнозування поширення вогнищ фітофагів. Адаптивний підхід	191
РОЗДІЛ 13. СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ЛІСОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ	194
13.1. Визначення наслідків знищення асиміляційного апарату дерев хвоє- та листогризучими комахами	194
13.2. Визначення втрат приросту	197
13.3. Прийняття рішень про доцільність господарських заходів в осередках хвороб	198
13.4. Еколого-економічне обґрунтування доцільності системи лісопатологічного моніторингу	199
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	205
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	254
ДОДАТКИ	257

ВСТУП

Загострення екологічної ситуації вимагає від кожної держави, в тому числі і від України у дусі співпраці й відповідно до норм міжнародного права, вжити заходів, щоб діяльність, яка ведеться на її території, не була причиною погіршення навколишнього середовища інших держав чи регіонів, що знаходяться поза межами національної юрисдикції. Подальшим розвитком цього принципу діяльності держави стало прийняття Загальноєвропейською нарадою з навколишнього середовища (Женева, 1979) 'Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великій відстані'. В рамках участі в цій програмі у 1990 р. лісове господарство України взяло на себе зобов'язання створити мережу постійних пунктів спостережень за станом лісів. Функції національного центру України за цією програмою були покладені на УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького (м. Харків). У 1991 році Держкомлісом України при Українському спеціалізованому лісозахисному підприємстві був створений центр лісопатологічного моніторингу. Основна функція центру-координація ведення моніторингу стану лісів за програмою ЄЕК ООН. Пізніше Українське спеціалізоване лісозахисне підприємство було перетворено в 'Укрлісозахист' – Український центр захисту лісу. У більшості європейських країн за цією програмою були організовані і розгорнуті національні системи моніторингу лісів, на пунктах обліків яких регулярно збирали відповідну інформацію. В Україні моніторинг стану лісів отримав досить обмежене поширення, його ведення здійснювалося тільки на території Харківської, Київської, Житомирської та Рівненської областей. На Конференції з навколишнього середовища в Ріо-де-Жанейро (червень 1992 г.) була підкреслена глобальна роль лісів для виживання і стійкого розвитку людства. Україна, підписавши основні документи цієї Конференції, взяла на себе зобов'язання на національному рівні керуватися принципами сталого розвитку лісів і збереження біологічного різноманіття. Відповідно до цих зобов'язань було підготовлено і прийнято постанову Кабінету міністрів України від 26 листопада 1993 "Про створення Єдиної державної системи екологічного моніторингу". У цьому документі була визнана необхідність розробки та впровадження системи моніторингу лісів, яка повинна стати складовою частиною загального екологічного моніторингу. Реалізація єдиної науково-технічної політики в галузі моніторингу лісів України практично почала здійснюватися з прийняттям постанови колегії Держкомлісу від 21 жовтня 1993 в редакції: "Основні положення по організації моніторингу лісів України". Згідно з постановою колегії Держкомлісу, впровадження лісового моніторингу було покладено на територіальні органи управління лісовим господарством, Головні управління лісового та мисливського господарства в областях, а також філії УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького. При цьому на УкрНДІЛГА було покладено створення методичного та програмного забезпечення лісового моніторингу, координація робіт по організації лісового моніторингу і його ведення на загальнодержавному рівні. Відповідно до Лісового кодексу України було намічено розвиток моніторингу лісів з метою організації системи спостережень, оцінки, прогнозу стану і динаміки лісового фонду для здійснення державного управління в галузі використання, охорони, захисту та відтворення лісів, а також посилення їх екологічних функцій.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

1.1. Лісопатологічний моніторинг як складова частина лісового моніторингу.

Провеення лісового моніторингу – одне з головних функціональних завдань органів управління лісовим господарством. Об'єкт лісового моніторингу – весь лісовий фонд України, незалежно від форм власності на землю та ліс. **Основна мета ведення лісового моніторингу** – інформаційне забезпечення органів управління лісовим господарством оперативною і точною інформацією про стан і зміни, що відбуваються в лісовому фонді, необхідної для підтримання сталого розвитку лісового сектора економіки як суттєвої складової розвитку українського суспільства в цілому. Відповідно до "Концепції лісовпорядкування" і "Основних положень лісового моніторингу в Україні", лісовий моніторинг розглядається як сучасна інформаційна технологія реєстрації поточних змін стану лісового фонду, викликаних природними і техногенними впливами на ліси, що використовує новітні методи збору та аналізу інформації і реалізується в рамках спеціалізованих структур, підвідомчих органам управління лісовим господарством. Лісовий моніторинг забезпечує реєстрацію і оцінку поточних змін стану лісів. В основі цієї оцінки лежать: дані державного обліку лісового фонду, державного лісового кадастру та базового лісовпорядкування; дані реєстрації лісогосподарської діяльності; відомості, отримані при веденні загального нагляду за станом лісів і при проведенні спеціальних обстежень і спостережень. З урахуванням цієї інформації та обґрунтованих на ній прогнозів органами управління лісовим господарством приймаються управлінські рішення про проведення лісогосподарських та/або лісозахисних заходів. Єдність системи інформаційного забезпечення лісового господарства забезпечується тим, що лісовий моніторинг спирається на подібні з іншими інформаційними системами лісогосподарської галузі методи і способи збору, обробки і передачі інформації. Система показників і структура інформаційних потоків лісового моніторингу будується з урахуванням вимог Єдиної державної системи екологічного моніторингу, підсистемою якої він є. Лісовий моніторинг відображає весь комплекс факторів, що впливають на стан лісів. В даному випадку мається на увазі не тільки санітарний та лісопатологічний стан, а й їх ресурсна, економічна та екологічна оцінка. Фактори, що впливають на стан лісу, як правило, взаємопов'язані. Тому поділ моніторингу на окремі напрямки носить досить умовний характер. Однак необхідність такого поділу обумовлена відмінностями в детальності, методах і засобах спостереження за станом лісів і факторами, що впливають на цей стан. За сукупністю цих ознак виділяють такі види лісового моніторингу, як: лісопожежний, ресурсний (облік лісового фонду), лісопатологічний, моніторинг лісогосподарської діяльності лісогосподарських підприємств та ін.

Лісопожежний моніторинг, як окремий напрямок, виділяють в зв'язку із значним впливом пожеж на стан лісового фонду. Завдання і методи його досить специфічні, він відрізняється високим, у порівнянні з іншими напрямками, рівнем організованості і відпрацьованості системи. Лісопожежний моніторинг є частиною системи інформаційного забезпечення служби охорони лісів від пожеж та забезпечує відстежування за виникненням пожеж, реєстрацію їх наслідків, аналіз даних і прогнозування пожежної небезпеки. Цей вид моніторингу ведеться службою охорони лісів від пожеж на території, де доцільно проведення боротьби з лісовими пожежами. Практично це територія, що знаходиться в сфері дії авіаційної та наземної служби охорони лісів від пожеж. Організація інформаційного забезпечення цієї служби покладена на Державну авіаційну охорону лісів. Ресурсний моніторинг (облік лісового фонду) проводиться органами управління лісовим господарством по щорічних статистичних і галузевих облікових формах. Один раз в 5 років ці дані узагальнюють на загальнодержавному рівні.

Моніторинг лісогосподарської діяльності проводять в лісах з інтенсивним режимом користування (господарського, рекреаційного), в лісових масивах, що мають високе природоохоронне і ресурсне значення, на особливо охоронних природних територіях. Цей вид моніторингу передбачає широкий вибір методів і засобів спостереження і аналізу даних про зміни стану лісів під впливом різноманітних факторів, але при цьому в будь-якому випадку забезпечується отримання певного мінімального набору показників з встановленою точністю; він також забезпечує отримання інформації про лісогосподарську діяльність, а також ведення системи спеціальних спостережень, які ведуться із застосуванням дистанційних методів, в тому числі великомасштабної аерофотозйомки, відеозйомки з малих висот і комплексу методів наземного спостереження, в який входять суцільні і вибіркові обстеження. Даний вид моніторингу здійснюється, в основному, на локальному та регіональному рівнях шляхом збору інформації для регулярної державної звітності та окремих запитів. Лісопатологічний моніторинг (ЛПМ) є найбільш складною і розвиненою частиною системи лісового моніторингу України. Як зазначено у вищесказаному положенні про «Про лісопатологічний моніторинг», метою лісопатологічного моніторингу є отримання і аналіз інформації про патологічні зміни в насадженнях для обґрунтування і прийняття рішень про необхідності проведення лісозахисних або інших лісогосподарських робіт, забезпечення раціональної господарської політики в галузі лісового господарства. З огляду на загальну сучасну деградацію лісових біоценозів, широке поширення лісопатологічних чинників, під лісовим моніторингом, особливо в екологічних програмах, часто мають на увазі лісопатологічний моніторинг, а тому в залежності від завдань, ЛПМ може розглядатися або як аналог загального лісового моніторингу, або як його складова частина. Звідси випливає, що при реалізації ЛПМ необхідно забезпечити можливість трансформації інформаційної мережі під різні завдання. Як і лісовий моніторинг в цілому, ЛПМ може мати кілька рівнів: глобальний,

регіональний, обласний, локальний. Прикладом глобального моніторингу може служити спостереження за впливом на ліси транскордонних переносів атмосферних забруднювачів за методикою ЄЕК ООН, в тому числі і парникових газів. В Україні в даний час він здійснюється на території Харківської області по сітці 4x4 км. Для глобального ЛПМ можуть з успіхом використовуватись і методи дистанційного зондування за допомогою різних видів зйомок, в тому числі і з використанням безпілотних літальних апаратів.

1.2. Основні поняття лісопатологічного моніторингу.

Під лісопатологічним моніторингом (ЛПМ) розуміється, як правило, спостереження за станом або "здоров'ям" лісу (health monitoring). Поняття "стан (здоров'я) лісу" близько до поняття "стійкість", але не ідентично йому. Оцінку стану можливо дати на фіксований момент часу з подальшою інтерпретацією її в різних цілях. Оцінка стійкості пов'язана з аналізом досить тривалого тимчасового інтервалу і спочатку передбачає конкретну цільову установку. Слід мати на увазі, що обидва ці поняття є суб'єктивними і завжди, в прямій або опосередкованій формі, супроводжуються вказівками на місце, час, або мету їх визначення. Наприклад: стан молодників; стан насаджень; пошкоджених промисловими викидами; стан заповідних лісів; стійкість рекреаційних лісів; стійкість сосняків до кореневої губки; стійкість екологічно цінних насаджень і т. п. Суб'єктивність в оцінці стану (стійкості) лісів є одним із слабких місць в побудові інформаційної системи ЛПМ, тому формалізація показників стану – це важливе завдання в даній проблемі. Згідно з Положенням «Про лісопатологічний моніторинг», **лісопатологічний моніторинг (ЛПМ)** – це система оперативного контролю за лісопатологічним станом лісів: порушенням їх стійкості, чисельністю (розповсюдженням), пошкодженням (ураженням) шкідниками, хворобами та іншими природними та антропогенними факторами; за динамікою цих процесів, що забезпечує виявлення патологічних змін стану насаджень, оцінку і прогноз розвитку ситуацій для своєчасного прийняття лісогосподарських рішень щодо здійснення лісозахисних або інших лісогосподарських заходів. Крім поняття моніторингу, як системи періодичних спостережень на постійних пунктах обліку (ППО), часто застосовується поняття "моніторинг", як сукупність всієї інформації по даному питанню. Основне завдання Лісопатологічного моніторингу полягає в організації системи, що дозволяє оперативно контролювати лісопатологічний стан усієї сукупності лісових насаджень з мінімальними силами, засобами та часом. Повний цикл моніторингу складається з спостереження (виявлення, обліку), аналізу (узагальнення), прогнозу ймовірного розвитку подій і прийнятті рішення. **Об'єктами ЛПМ** переважно є ліси, що знаходяться в стадії ослаблення, деградації або під впливом постійно діючого патологічного фактора, а також самі ці фактори. **Елементами лісопатологічного моніторингу** є рекогносцирувальні, детальні і експедиційні обстеження; нагляд за появою і поширенням шкідників і хвороб; листки сигналізації; повітряна таксація

насаджень при авіапатрулюванні; статистична та галузева звітність, матеріали фотозйомок і т. д. Окремі елементи лісопатологічного моніторингу, як правило, виконуються всюди, де присутня лісогосподарська діяльність. Однак лісопатологічний моніторинг може вважатися організованим тільки тоді, коли всі складові його елементи системно осмислені, їх обсяг і просторове розміщення детально обґрунтовані, роботи проводяться за єдиним планом, а отримана інформація має чіткі параметри, галузь застосування і достовірність.

1.3. Порядок організації лісопатологічного моніторингу.

Ідеальний лісопатологічний моніторинг – це регулярний за часом облік в кожному лісовому виділі через досить малі проміжки часу. Однак застосовуватися він може тільки в особливих випадках на малих площах, наприклад, для пам'яток природи або особливо цінних лісових насаджень, так як вимагає дуже великих трудовитрат. Для побудови оптимальної (з точки зору трудовитрат і обґрунтованості управлінських рішень) системи моніторингу необхідно передбачити як мінімум два етапи, виходячи з припущення, що всі ділянки лісу, де на момент обліку патологія не визначена, є здоровими. На першому етапі за допомогою досить наближених, але недорогих по затратах вибірових методів, необхідно отримати інформацію, яка дозволить визначити зразкове місце розташування "опорних точок моніторингу", а також тенденцію і (або) ймовірність зміни стану лісового фонду в них. Такі дані, як правило, мають відносну величину (наприклад, різниця в середніх категоріях стану, відсоткове співвідношення загиблих і ослаблених насаджень, ймовірна кількість уражених насаджень і т. д.), але вони дозволяють здійснити прогноз розвитку подій і прийняти рішення про призначення превентивних заходів. Основними методами отримання інформації про стан насаджень при моніторингу на цьому етапі є: вибіркові спостереження на модельних ділянках, космічне зондування, проведення феромонного нагляду за появою і поширенням шкідників і т. д. Вибір елементарної одиниці спостереження залежить від рівня об'єктивності інформації, рівня витрат і можливостей технічного забезпечення. За лісопатологічною оцінкою стану обраних модельних ділянок робиться висновок про стан всього лісового фонду. Отримані на цьому етапі відомості, як правило, є основою для прийняття управлінських рішень на регіональному рівні, тому порядок організації і проведення першого етапу моніторингу повинен визначатися регіональними структурами управління. Після виявлення "опорних точок" необхідно отримати про них більш точну інформацію для запобігання можливої шкоди в конкретних ділянках лісового фонду, тому переходять до наступного етапу лісопатологічного моніторингу – детальному огляду. Методи детального огляду до теперішнього часу досить добре розроблені і випробувані в практиці лісового господарства. Оскільки проведення детального огляду вимагає спеціальних навичок і знань, то здійснюватися він повинен, як правило, спеціалізованими лісозахисними підприємствами і організаціями. Перший етап моніторингу вибірковими методами може

здійснюватися або за допомогою регулярної мережі постійних майданчиків обліку різної густоти, або шляхом розподілу цих майданчиків по статистично обґрунтованих вибірках лісового фонду. Наприклад, моніторинг за впливом на ліси транскордонних переносів атмосферних забруднювачів і парникових газів, організований в країнах Європейського Союзу проводиться на основі регулярної мережі пунктів постійного обліку (ППО) різної густоти. При цьому ППО плануються двох типів:

- елементарного спостереження (збір даних по невеликій кількості простих параметрів, які дозволяють дати оцінку стану лісової рослинності, виявлення регіональних особливостей у розвитку фітоценозів, проведення статистичних досліджень);

- інтенсивного спостереження (детальні дослідження всіх компонентів екосистем з використанням аналітичних методів).

Основний недолік цієї методики полягає в тому, що деградація насаджень визначається тільки за зовнішніми ознаками стану окремих порід дерев. Крім того, по-перше, слід пам'ятати, що регулярна мережа моніторингу може здійснити спостереження тільки за умови транспортної доступності більшості лісових ділянок, тому дана методика не знайшла широкого поширення в лісах України; а, по-друге, виникають труднощі при статистичній обробці даних через нерівномірності вибірок. Моніторинг стану лісового фонду шляхом розподілу пунктів обліку по статистично обґрунтованим вибіркам був проведений на території Вінницької області. Сертифікація лісового фонду і вибіркові методи застосовувалися при організації фонових моніторингу за станом популяцій соснового пилющика в Київській і Житомирській областях. При детальному нагляді збір інформації відбувається як на плановій основі, так і одноразово, на підставі листків сигналізації, отриманих від працівників лісової і "Української державної бази авіаційної охорони лісів". Базовими інформаційними ланками системи детального нагляду є: повідільна лісопатологічна таксація лісів, здійснювана в процесі вибіркового, планового, експедиційного або інших видів обстежень (наприклад, для проектування лісозахисних заходів); дані нагляду за станом основних шкідливих факторів; повідільний банк таксаційних даних; картографічний банк даних; статистична звітність та інша документація по санітарному та лісопатологічному стані лісів. Технологічно і функціонально кожна ланка (елемент) системи моніторингу може бути в значній мірі незалежним. Організація ЛПМ вибірковими методами включає наступні послідовні етапи дій: вибір об'єктів ЛПМ; проектне обстеження, проектування ЛПМ; реалізація мережі ЛПМ; здійснення спостережень і отримання даних; аналіз отриманої інформації; прогноз розвитку в лісах патологічних процесів і явищ та оцінка їх можливих еколого-економічних наслідків; вибір оптимальних варіантів лісозахисних, а також інших лісогосподарських заходів і прийняття рішень по їх здійсненню. Перш ніж приступити до проектування або, іншими словами, техніко-економічному обґрунтуванню лісопатологічного моніторингу, необхідно якомога конкретніше визначити мету і завдання, які ставляться перед

проектувальниками. Бажано, щоб ця мета і завдання були зафіксовані в технічному завданні, яке затверджує замовник. Як правило, ним являється власник або орендар лісового фонду. Проведення етапу передпроектного обстеження можна виключити, якщо протягом декількох років здійснювались експедиційні лісопатологічні обстеження або існує достатньо повна інформація, зібрана підприємством Укрлісозахист. Збір цієї інформації найбільш доцільно організувати на основі лісопатологічного районування лісів. Проектування ЛПМ і наступні етапи детально викладені в розділі 2 цієї книги. Відповідно до місцевих особливостей динаміки стану лісів, обласні системи лісопатологічного моніторингу повинні мати свою спеціалізацію. При явній домінантності окремих патогенних факторів необхідно акцентувати увагу на інформації про їх динаміку, вплив на стан насаджень, минулу і поточну гідрометеорологічну обстановку. Наприклад, така тенденція дуже актуальна для регіонів з високою ймовірністю спалахів осередків комах-ксилофагов; в ареалах розповсюдження видів хвое- і листогризучих шкідників. Згідно принципів організації Єдиної державної системи екологічного моніторингу (ЕДСЕМ), одним із напрямків якої є ЛПМ, необхідна структурна диференціація інформаційних систем за рівнями державного управління. Очевидно, що різні рівні державного управління лісами пред'являють свої вимоги до інформаційного забезпечення, і структура інформаційних потоків повинна визначатись завданнями цих рівнів. Локальний рівень моніторингу необхідний органам управління лісами (лісгоспам), які володіють частиною лісового фонду будь-якого адміністративного суб'єкта України. У цьому випадку лісопатологічний моніторинг перш за все повинен вирішувати завдання оперативного управління лісовим фондом, а також служити базою для моніторингу вищого порядку. Структура інформації про динаміку стану лісів, необхідна для ефективного управління лісами на регіональному рівні, може бути визначена як просторова картина поточних змін в масштабі еколого-господарського поділу лісового фонду регіону (розподіл лісового фонду між суб'єктами лісокористування за основними типами насаджень і категоріям лісів). Елементарний об'єкт моніторингу на регіональному рівні – тип насаджень, виділених за певною методикою на основі аналізу структури лісового фонду, що перебуває у підпорядкуванні окремого суб'єкта лісовласності. Таким чином, зібрані дані залишаються такими ж, як і на локальному рівні, але при цьому збільшується масштаб спостережень. Перелік основних параметрів стану лісів, що відслідковуються на регіональному рівні повинен включати: площу ослаблення, всихання і структура основних причин деградації лісів, запаси деревини в загиблих деревостанах; поширення і динаміка стану популяцій комах-шкідників, хвороб лісу; обсяг і структура лісозахисних заходів. Відповідно щодо місцевих особливостей динаміки стану лісів, регіональні системи лісопатологічного моніторингу повинні мати свою спеціалізацію. За окремим важливим проблемами, такими, як динаміка чисельності найбільш небезпечних видів шкідників, можуть бути створені

міжрегіональні системи, що забезпечують вільний обмін інформацією. В склад регіональних систем лісопатологічного моніторингу по мірі необхідності повинні входити локальні підсистеми, орієнтовані на конкретні об'єкти місцевого масштаба (наприклад, осередки промислового забруднення). У цій ситуації поділу повноважень на різних рівнях державного устрою, на регіональному і обласному рівні управління лісами необхідна найбільш загальна, оглядова лісопатологічна інформація, що відображає якісні та кількісні характеристики стану лісів в масштабі адміністративно-територіального поділу. До складу цієї інформації повинні входити такі відомості, як: площа ослаблення, всихання і структура основних причин деградації лісів, запаси деревини в загинувших древостанах по групах і категоріям захисності; поширення і динаміка стану популяцій комах-шкідників, хвороб лісу, по еколого-економічних групах видів, груп і категорій захисності лісів; обсяг і структура лісозахисних заходів по групах і категоріям захисності лісів. Залежність стану лісів від різноманітних стихійних явищ і процесів різного походження безумовна. Час від часу виникає загроза або відбувається ураження лісів на великих площах, що супроводжується великим економічним і екологічним збитком. Найбільш яскравий приклад-масове всихання соснових насаджень і лісові пожежі в зоні Полісся України. Масові всихання лісів, крім того, пов'язані з погодними умовами і деякими видами комах. На регіональному рівні повинні вирішуватись проблеми масштабних пошкоджень лісів, для усунення наслідків яких вимагається залучення саме обласних та регіональних ресурсів. В цьому випадку шляхи зниження збитку лежать в напрямку оперативного перегляду плану рубок та освоєння запасів деревини в ушкоджених лісах на основі своєчасного обліку і прогнозу розвитку поточної ситуації.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Основна мета лісопатологічного моніторингу:

- своєчасне виявлення патологічного стану ділянок лісового фонду, оперативне виявлення та діагностика патологічних процесів в лісах України;
- отримання і аналіз інформації про патологічні зміни в лісових насадженнях для обґрунтування і прийняття рішень про необхідність проведення лісозахисних або інших лісогосподарських робіт, забезпеченні раціональної господарської політики в лісовому господарстві.

З точки зору інформаційної статистики, завданням фітопатологічного моніторингу є визначення двох основних закономірностей: поширення спостережуваних ознак на певній території і динаміка змін, що спостерігаються в часі. В ідеалі об'єктами лісопатологічного моніторингу повинні бути всі ліси України, а також чинники, що негативно впливають на лісопатологічний стан лісів. Однак на практиці господарюючий суб'єкт завжди обмежений фінансовими ресурсами, тому спочатку в об'єкти моніторингу та методику збору інформації доводиться вводити суттєві обмеження. Основними обмежувачами обсягу інформації, що збирається є:

- число і величина об'єктів моніторингу;
- кількість спостережуваних параметрів;
- періодичність спостережень;
- точність спостережень.

Звідси випливає, що якщо ми хочемо знати стан всього лісового фонду, то доведеться щось обирати: або величину цих знань, або час їх отримання, або достовірність (точність) інформації (див. Розділ 8 цієї книги). Якість проекту лісопатологічного моніторингу буде залежати від збалансованості вимушених обмежень. Проектування лісопатологічного моніторингу – складне і відповідальне завдання, тому при написанні техніко-економічного завдання необхідно стежити за тим, щоб всі висновки і прийняті рішення були логічно або математично обґрунтовані.

2.1. Визначення числа і величини об'єктів моніторингу.

Число об'єктів моніторингу і їх величина відіграють дуже істотну роль в його ефективності. Можливо заощадити значні ресурси, обмеживши об'єкти лісового фонду, за якими здійснюються спостереження. Наприклад, можливо зосередити моніторинг тільки в особливо цінних лісах або спостерігати за станом окремих лісоутворюючих порід, або тільки за певними віковими категоріями лісів (стиглі, молодники) і т. д. У ряді випадків об'єкти моніторингу обмежуються можливістю проведення в них спостережень за обраною технологією, що характерно для важкодоступних районів Північного Полісся та високогір'я Карпат і Криму. Однак, як правило, з метою прийняття державних управлінських рішень потрібно мати інформацію про стан всього лісового фонду. У цьому випадку доводиться вводити обмеження за іншими параметрами. Зрозуміло, що

фіксування поточного стану лісів не є самою метою, набагато важливіше – мати можливість ефективно управляти цим станом. Таку можливість можливо отримати, маючи завчасну інформацію про фактори, що визначають цей стан. Для різних регіонів цей набір чинників матиме свої особливості. Перелік об'єктів лісопатологічного моніторингу повинен бути заздалегідь складений і ретельно обґрунтований, в ньому повинні бути наведені основні показники лісового фонду (площа, породи, категорії захисності та ін.), а також статистика поширеності і ступеня впливу обраних лісопатологічних чинників. Для створення переліку об'єктів моніторингу доцільно передбачити етап попереднього обстеження, який може включати в себе проведення експедиційних лісопатологічних обстежень, збір даних про лісовий фонд, збір статистичних та літературних відомостей. До складу цих даних входить інформація про стан лісових насаджень: масове розмноження комах-фітофагів, наявність грибних, вірусних і бактеріальних хвороб дерев і чагарників; проведені заходи з метою підвищення стійкості насаджень, придушення осередків шкідників і хвороб. Умовно ці дані можна розбити на шість блоків:

- насаджень з підвищеною кількістю поточного відпаду;
- дані про вогнища хвое- і листогризучих шкідників лісу;
- інформація про вогнища інших шкідників лісу (крім хвое- і листогризучих);
- дані, що характеризують ураження лісів хворобами лісу;
- інформація про проведені винищувальні заходи в осередках хвої- і листогризучих шкідників;
- інформація про інші лісозахисних заходах.

Ці дані можуть бути використані як для вибору першочергових об'єктів моніторингу, так і для лісозахисного районування.

2.2. Лісозахисне районування територій.

Техніко-економічне обґрунтування слід починати з розробки схеми лісозахисного районування територій. Як правило, територія лісового фонду в межах великих адміністративних одиниць неоднорідна як по лісорослинним умовам, так і за поширеністю шкідників і хвороб. Лісопатологічне районування необхідно для оптимального розподілу затрат праці і фінансів, які направляються на лісозахисні цілі, тому основним критерієм для виділення лісопатологічного районування або зон служить ступінь шкоди, що наноситься лісовому господарству будь-яким одним фактором або їх комплексом. У випадку з хвоегризучими комахами ступінь шкідливості найчастіше визначається частотою виникнення спалахів масового розмноження і шкодою від їх реалізації. Найбільш вагомою частиною шкоди є кількість загинувших дерев в результаті цих спалахів в лісі. Організація і проведення будь-якого типу моніторингу – досить дорогий захід, тому, перш за все, слід проаналізувати економічну доцільність включення тієї чи іншої ділянки лісового фонду в систему ЛПМ. При цьому повинен обов'язково враховуватися такий показник, як тип лісу, так як він визначає основу цільову функцію, яка і впливає на прийняття рішень

щодо захисту. Районування території за програмними цілями, методами і засобами ведення лісового моніторингу ведеться на ландшафтно-екологічній основі. Це дозволяє отримати постійну, не залежну від тимчасових і випадкових змін основу для проектування розміщення мережі пунктів спостереження. Вирішальне значення при виборі методів і періодичності ведення спостережень має оцінка екологічного значення лісів, що також визначає економічну доцільність ведення моніторингу. При виборі методів і засобів ведення ЛПМ велику роль відіграють склад і рівень впливу патогенних факторів, а також ступінь схильності насаджень до їх впливу. Визначення цих факторів дозволяє оцінити ризик виникнення змін стану лісів і, відповідно, необхідність спостереження за їх станом. Комплексне районування, що враховує всі перераховані чинники, дозволяє створити основу для складання схеми розподілу насаджень по методам, засобам і періодичності ведення спостережень. Районування території за природними умовами, що визначає характер лісорослинних умов, проводиться також на основі комплексного підходу, що дозволяє врахувати весь спектр природних факторів – геологічних, гідрологічних, едаптичних умови, кліматичні параметри, лісорослинні умови. Таким комплексним підходом, що враховує основні взаємодіючі компоненти природного середовища, є ландшафтний метод, зокрема, метод ландшафтно-морфологічного аналізу лісів. Цей метод заснований на тому, що земна поверхня розглядається як система взаємопов'язаних природних територіальних комплексів (ПТК) різної складності і величини. У процесі аналізу послідовно виявляються ландшафтні країни, області, ландшафти, види місцевостей, урочищ, формацій. Узгоджене різномасштабне ландшафтне картографування дозволяє уникнути помилок визначення природних рубежів і типологічної приналежності ПТК. На відміну від інших відомих методів природного районування, цей метод спочатку створювався з розрахунком на потреби лісового господарства, він оперує близькими для фахівців лісового господарства поняттями і використовує існуючу в галузі доступну інформацію. Найбільш високий рівень детальності і періодичності спостережень при веденні моніторингу передбачається в лісах першої групи. При цьому пріоритет лісів тій чи іншій категорії захисності залежить від особливостей регіону. Додатковими факторами, що дозволяють оцінити значення даних лісів для регіону, є зайнята ними частка площі і оцінка рівня втрат, які спричинить за собою втрата лісами можливості виконання тих чи інших функцій. Прикладом можуть служити гірські ліси в селенебезпечних районах Передкарпаття та Закарпаття, що займають незначні площі, але визначають ступінь безпеки для великих територій. При районуванні території по методам і засобам ведення моніторингу також необхідно оцінити практичну застосовність отриманих результатів. Так, недоцільно організовувати детальне спостереження за станом насаджень, в яких проведення лісозахисних і лісогосподарських заходів неможливо протягом 2 - 3 років після виявлення їх необхідності.

Наступним етапом при створенні схеми районування є розподіл лісів по рівню їх стійкості і ступеню схильності до негативних впливів. Облік цих характеристик дозволяє оцінити ймовірність виникнення змін стану лісів і характер можливих наслідків, а в залежності від цього обирати методи, засоби і періодичність спостережень. В рамках поставленого завдання стійкість лісів – це збереження їх життєздатності під впливом різних природних і антропогенних факторів або їх відповідність умовам, в яких вони ростуть. Рівень стійкості лісів визначається їх реакцією на однакову по силі і характеру впливу дію одного або декількох несприятливих факторів навколишнього середовища. Іншими словами, лісові екосистеми зі схожими характеристиками будуть подібним чином реагувати на вплив будь-якого чинника в залежності від сили його дії. Основою для поділу лісових масивів за ступенем їх стійкості являється ландшафтно-екологічне районування. Одиниці районування, в межах яких виявляються лісові екосистеми з різним рівнем стійкості, можливо розглядати як сукупність лісових екосистем, що володіють різним ступенем стійкості. Виходячи з умови рівного за силою і характером впливу фактора в межах лісорослинної зони, пропонується наступний алгоритм визначення рівня стійкості лісової формації.

1. Фіксація наявності патогенних процесів і чинників, що виникають в межах конкретного регіону. Визначення просторових меж території з наявністю патогенного процесу.

2. Виявлення показників лісорослинних умов в межах географічного контуру ураження: місце розташування на рельєфі, тип ґрунтів і умови зволоження.

3. Визначення лісівничих та лісотаксаційних показників: склад, вікова структура, класи бонітету, повнота, висота, діаметр на висоті 1,3 метри, наявність підросту, підліску, характеристика надґрунтового покриву.

4. Виявлення положення ураженого насадження в ряду динамічних змін: корінні, умовно-корінні, похідні ліси і водоохоронні ліси.

Лісові культури являються окремою категорією. Співставлення та оцінка лісопатологічного стану з зазначеними показниками дозволяє виявити типи лісових екосистем зі зниженою стійкістю до будь-якого лісопатологічного фактору. Межі лісозахисних районів по можливості повинні збігатися з адміністративними або лісгосподарськими межами. Якщо ЛПМ проектується як частина ЕДСЕМ, то межі районів повинні відповідати і екологічним критеріям. В екологічному моніторингу межами районів (дільниць, урочищ), як правило, служать вододіли, а самі ділянки співпадають з басейнами великих чи малих річок.

2.3. Проектування мережі лісопатологічного моніторингу.

Мережа постійних пунктів обліку орієнтована на отримання інформації про поточний стан лісових порід. Це особливо важливо, коли на ліси впливає комплекс негативних факторів, з яких складно виділити головний, або коли модифікаційні чинники невідомі. Постійні пункти обліку (ППО) по території можна розташувати 4-ма способами:

- випадковий відбір,
- систематичний спосіб,
- метод пошарової вибірки,
- комбінації цих методів (див. Розділ 7).

Як правило, на практиці застосовують два з них – регулярну мережу постійних пунктів обліку (систематичний спосіб) і метод пошарової вибірки. Найбільш поширений варіант моніторингу на регулярній мережі ППО викладено в "Методиці організації та проведення моніторингу лісів зони Полісся та Лісостепу України". Відповідно до даної методики, підготовчий етап починають з підбору картографічного матеріалу. Зазвичай використовують плани лісонасаджень масштабу 1:25 000. Потім переходять до проектування біоіндикаторної мережі. Біоіндикаторна мережа являє собою квадрати зі сторонами від 10 до 0,5 км. На території ДП "Малинське лісове господарство", наприклад, біоіндикаторна мережа має розмір осередків 2х2 км. Точки перетину мережі наносять на плани лісонасаджень. ППО повинні підбиратися не далі 500 м від намічених точок і не ближче 55 - 40 м від краю таксаційного виділу та узлісся. ППО прив'язують до добре помітних орієнтирів в природі – кварталних смуг, трас, каналів і дорожньої мережі. Відстань до цих орієнтирів вимірюють мірною стрічкою або кроками, а місце на орієнтир, від якого починається вимір відстані, позначають фарбою на деревах з вказівкою напрямку або забивають стовпчик, роблячи невеликий насип. Прив'язку фіксують на обліковій картці, де вказують азимут і відстань до центру ППО. Якщо в центрі ППО відсутнє дерево, то в землю вкопують стовпчик з таким розрахунком, щоб його можна було легко виявити при повторному обстеженні. У кожному ППО закладають 4 точки обліку (ТО) за напрямками сторін світу на відстані 25 м від центрального (по відношенню до всієї ділянки) дерева. ТО нумерують: від 1 до 4. У центрі точки обліку забивають стовп висотою 0,5 – 0,7 м. Від центру ТО вимірюють точну відстань до 1-го і 6-го облікових дерев. Відстань міряють рулеткою з точністю в 10 см до середини діаметра стовбура. Крім того, додатково на кожній ТО від центру закладають кругові майданчики радіусом 8,92 м або 12,62 м (відповідно площі 250 м²; 500 м²) з розрахуванням взяття в перелік 6-ти дерев постійного моніторингу. При цьому на кожному майданчику повинно бути не менше 19 дерев. Таким чином, на кожному ППО буде враховано близько 100 дерев, що дає можливість використовувати ППО як звичайні пробні площі. У кожній точці обліку підбирають по 6 живих дерев з першого ярусу, I - III класів розвитку по Крафту. Всього на кожному ППО оцінці підлягають 24 дерева. На кожне враховане дерево на висоті 1,6 м білою олійною фарбою (на березі краще червоною фарбою) наносять номери: в чисельнику черговий номер врахованого дерева (від 1 до 6), а в знаменнику – номер ТО (1-С, 2-В, 3-Ю, 4-З). На висоті 1,3 м від шийки кореня наносять суцільну лінію по колу стовбура. Вона служить місцем вимірювання діаметра дерева при обліках. Основні показники облікових дерев наступні: порода, діаметр дерева (в см) на висоті 1,3 м клас Крафта,

стан вершини, наявність сухих гілок (% загальної кількості), ступінь плодоношення, вік хвої, дефоліація крони (%), в тому числі у верхній частині, дехромація крони (в %), категорія стану, пошкодження дерев (%) шкідниками і хворобами, іншими факторами з градацією в 10%. Оцінка стану крон включає визначення ступеня дефоліації (втрати хвої або листя) і ступеня дехромації (зміна кольору – пожовтіння, побуріння) врахованих дерев (в %) з градацією 10%. Дехромацію слід визначати в основному в сонячну погоду. Забороняється визначати дехромацію проти сонця і без біноклів. Роботи по визначенню дефоліації і дехромації проводять в липні – першій половині серпня, тобто в період повного розвитку листя, пагонів цього року і припинення побічного впливу цвітіння хвойних порід. Категорія стану дерева оцінюється за критеріями, наведеними в розділі 10. На кожній точці обліку додатково обміряють модельне дерево. Для цього серед основних лісоутворюючих порід підбирають середнє по діаметру, з нормальною (не зламанною) верхівкою дерево. У кожного модельного дерева встановлюють такі показники:

- діаметр крони – середній за двома напрямками, м;
- висота дерева, м;
- висота до перших зелених гілок, м;
- висота до перших сухих гілок, що мають гілочки 2-го і 3-го порядку, м;
- вік хвої, років (зазвичай, в нормальних здорових насадженнях сосни становить 2 - 5 років, у ялини – 4 - 7 років).

У хвойних порід візуально, за допомогою бінокля, визначають стан річного приросту стовбура у висоту і річного приросту бічних гілок. Оцінюються ті гілки, у яких найбільший великий приріст. Записуються такі моніторингові шифри:

- дерева без чітко вираженого центрального пагона – 0;
- здорові насадження – 1;

Позначення на місцевості постійного пункту обліку здійснюються за методикою на регулярній основі:

- слабоуражене насадження – 2;
- середньоуражене насадження – 3;
- сильноуражене насадження – 4.

У листяних порід подібні вимірювання не проводять. Висота покриття стовбура модельного дерева мохами, починаючи від кореневої шийки, виражається в дециметрах. Висота покриття мохами від 0 до 5 м оцінюється з точністю в 1 дм, вище 5 м – з точністю 1 м; в знаменнику вказується відсоток охоплення стовбура мохами на відрізок до висоти їх підняття. Дані записують в графу "Мохи". Покриття стовбура модельного дерева лишайниками на висоті 1,3 м вказують у відсотках. Для цього на висоті 1,3 м по колу стовбура прикріплюють швейний сантиметр і проводять підрахунок покритої лишайниками поверхні. Дані записують в графу "Лишайники". Для дерев другого ярусу вказують тільки стан. При обліку підросту і підліску вказується його наявність на ППО (є, немає) і стан (життєздатний, пригноблений). Під час проведення польових робіт в точках моніторингу буравом беруть зразки на приріст. Зразки беруть у

дерев основних лісоутворюючих порід (ялини, сосни, дуба, берези, ясена, липи) з основного пологую насадження (I, Ia і II класів Крафта). Буріння роблять на висоті 1,3 м від кореневої шийки за двома напрямками (північ і південь). Щоб організувати спостереження, що задовольняють умовам вибіркового методу досліджень (оцінки), доцільно провести розшарування сукупності на дрібніші одиниці. Для біологічних систем і лісових в тому числі, за одиничний об'єкт часто приймається біогеоценоз, який виділяють по ряду характерних для нього ознак. Для лісових біогеоценозів такими вважаються однорідність (однотипність) вікової структури, склад порід деревостану, походження, динаміка біологічних процесів і т. д. Ці основні ознаки біогеоценозу з тим або іншим ступенем об'єктивності та точності так само як і його межі, фіксуються лісовпорядкуванням для кожного лісового насадження. Оскільки поняття "Лісове насадження" або "Таксаційний виділ" певною мірою відповідає поняттю "Біогеоценоз", для завдань лісопатологічного моніторингу за одиничний об'єкт приймається лісотаксаційний виділ. Реальний зв'язок зі станом насадження мають основні таксаційні характеристики, відомі для кожного виділу – породний склад, походження, вік, тип лісу (або тип умов зростання), клас бонітету, повнота. При сертифікації лісів на типи насаджень пропонується використовувати саме ці показники. При цьому можливо укрупнення типів насаджень (наприклад, насаджень 16, 1a і 1 класів бонітету – в групу високобонітетних насаджень, а 5a і 5b класів – в групу низкобонітетних). Подібне укрупнення типів насаджень в групи допустимо і для породного складу, повноти і віку. Наприклад, для сертифікації лісів Житомирської області за типами насаджень, що проводиться при організації лісопатологічного моніторингу, були прийняті наступні об'єднання:

- за походженням головної породи в насадженні – лісові культури або природні насадження;
- за місцем головної породи в структурі насадження – перший або другий ярус (за матеріалами таксації для регіону встановлено близько 30 варіантів поєднань груп цих ознак);
- за часткою участі головної породи в складі деревостану – чисті (8- 10 одиниць складу), з переважанням головної породи (5-7 одиниць) і змішані (менше 5 одиниць);
- за типами лісу – 11 груп (встановлено лісовпорядкування для Житомирської області);
- за віком – прийнятий розподіл на класи віку;
- за повнотою – високоповнотні (з відносною повнотою від 0,8 до 1,0), середньоповнотні (0,6-0,7), низкоповнотні (0,4-0,5) і незімкнуті (менш 0,4 і зрізжені). Найбільш великий поділ лісів регіону при проектуванні мережі лісопатологічного моніторингу виконується відповідно до лісорослинного районування. В середині лісорослинного району для кожної групи лісів, сформованої відповідно до перерахованих вище ознак, повинне бути визначене представництво втрати в загальній групі насаджень. Найбільш раціональне розміщення мережі вибірових спостережень пов'язане з

оцінкою вартості кожної групи лісів. Однак подібна оцінка складна через неможливості точного визначення сировинної складової в умовах незбалансованості цін і внаслідок низької точності існуючих методів вартісної оцінки не деревної продукції лісу. Розподіл насаджень зручно здійснювати за допомогою комп'ютерних технологій. З цією метою державне підприємство "Укрлісопроект" розробило і успішно впровадило у виробництво комплекс програм, що дозволяють швидко і точно проводити цю операцію.

Одна з умов успішного здійснення моніторингу та його відмінна риса – регулярність спостережень. При спостереженні за параметрами стану деревостану досить проводити спостереження один раз в 1-5 років, виходячи із завдань моніторингу, класу стійкості насаджень і фінансових можливостей. Оптимальний термін спостережень – закінчення вегетаційного періоду (липень-серпень). Стан насаджень – це інтегральний показник впливу на стійкість дерев цілого комплексу факторів. Якщо достовірно відомо, що велика частина цього впливу визначається одним або двома факторами, то з'являється можливість передбачити стан деревостану, спостерігаючи за динамікою тільки даного чинника (або чинників). В цьому випадку ми отримуємо не тільки виграш за часом, але і значну економію трудовитрат. Наприклад, відомо, що стан хвойних деревостанів в деяких областях України визначається, в основному, динамікою чисельності соснового пильщика. Таким чином, організувавши фоновий моніторинг за цим шкідником, отримуємо можливість контролювати стан цих лісів. Алгоритм організації фонового ЛПМ за сосновим пильщиком може бути використаний і для інших несприятливих факторів впливу на ліси. Як і в попередньому випадку, почати слід з аналізу лісового фонду. Проаналізувавши дані лісового фонду, отримуємо площі насаджень, що підлягають моніторингу, в розрізі порід. Так як далеко не всі типи лісу заселяються сосновим пильщиком, виключаємо непридатні типи лісу і отримуємо площі, які необхідно включити в ЛПМ. Якщо площа однієї з порід становить 5-10% лісового фонду, ділянки можна об'єднати. При розрахунку кількості постійних пунктів обліку враховують наступні фактори:

- кількість виділених лісотипологічних різниць;
- задану достовірність і точність результатів;
- коефіцієнти варіації щільності популяції соснового пильщика.

Кількість постійних пунктів обліку залежать від необхідної кількості модельних дерев, або облікових майданчиків, тобто постійних точок обліку (ПТО). Кількість ПТО залежить, в свою чергу, від рівня вимог до якості одержуваних даних і ступеня варіації (мінливості) самих даних. Якість даних характеризується перш за все точністю та достовірністю. **Точністю (або помилкою) називається** величина відхилень від середнього значення. Вона обчислюється як помилка середньої при статистичній обробці даних обліку. Зазвичай при таксаційних і лісовпорядних роботах вважається необхідною і достатньою помилка в 20%. **Достовірністю називається** величина відхилень від істинного середнього значення щільності популяції

при заданому рівні ймовірності. Рівень ймовірності виражається у відсотках або в частках від одиниці. Наприклад, якщо ми задаємося ймовірністю 0,9; то це означає, що наші дані повинні бути достовірними, тобто перебувати в межах помилки визначення середньої, в 90% випадків. Ймовірність 0,9 вважається високою і застосовується у випадках, коли помилка в прийнятті рішення не допускається. Такою ймовірністю слід оперувати в особливо цінних лісових масивах. Наступна загальноприйнята ступінь ймовірності – 0,68; і вона цілком прийнятна для експлуатаційних і резервних лісів. Застосування ймовірності 0,99 в лісовому господарстві недоцільно, так як для її забезпечення потрібні колосальні трудовитрати. Коефіцієнти варіації щільності популяцій соснового пильщика зазвичай різняться в залежності від поступового циклу. Найбільші значення коефіцієнтів варіації притаманні саме фазі наростання чисельності, тому кількість ППО для моніторингу повинно бути максимальним. Лісопатологічний моніторинг за сосновим пильщиком на підібраних ділянках здійснюється за маршрутними ходами. Закладка постійного маршрутного ходу проводиться, як правило, по візирах з їх прорубування і проміром. Протяжність маршрутів в середньому становить 6-10 км (в середньому 8 км). На початку кожного ходу ставлять стовп, на якому роблять позначки про номер маршруту та рік його закладки. Проводиться прив'язка маршрутного ходу до квартальної лінії, дороги, річки або іншого об'єкта, зазначеного на картографічних матеріалах. Хід наносять на схему постійного пункту обліку. В кінці маршрутного ходу ставлять стовп, на який наносять ті ж написи, і вказують протяжність ходу. На кожному маршрутному ході підбирають постійні точки обліку шкідника (з розрахунку 1 точка на 1,5 км ходу). Їх закладають в насадженнях, яким надають перевагу пильщик. В залежності від довжини маршрутного ходу кількість точок обліку має становити 5-7 шт., їх необхідно нанести на схему постійного пункту обліку. Способи обліку вибирають в залежності від термінів обстеження з урахуванням фенології соснового пильщика. Для пильщика обліку проводять у фазі гусениці під час її харчування в кроні або зимівлі в підстилці. При організації робіт з нагляду за сосновим пильщиком необхідно враховувати екологічні умови території і особливості розвитку шкідника в конкретній зоні. Кількість ППО визначається оптимальним співвідношенням затрат праці на переміщення між ними і нормами виробітку облікових робіт на кожному ППО.

2.4. Просторове розміщення точок обліку, пробних площ і модельних маршрутів.

Ділянки для розміщення натурної мережі лісопатологічного моніторингу підбирають згідно пропорційних показників основних типів насаджень і їх поширення. При цьому потрібно прагнути до випадкового розподілу ППО всередині насадження. Для організації та експлуатації мережі моніторингу істотне значення мають доступність і компактність обраних ділянок, що безумовно доводиться враховувати. Відповідно до вимог, для кожного лісництва підбирають 1 - 2 ділянки площею 300 - 400 га

кожен. Підбір кварталів здійснюють за картографічними матеріалами: топографічним картам масштабу 1: 200 000 і 1: 100 000, загальним схемами лісогосподарського підприємства, планам лісонасаджень. Для прокладки модельного маршруту всередині кварталів вибирають виділа з урахуванням можливості їх точної прив'язки і надійної ідентифікації при проходженні маршруту. Площа виділу для модельного маршруту повинна становити не менше 1 га. За протяжністю маршрут не повинен перевищувати середнього денного переходу. Слід надавати перевагу маршрутам, прив'язаним до існуючих лінійних орієнтирів і дорожньої мережі, особливо кільцеві маршрути з надійними орієнтирами на місцевості. Підібрані для модельного маршруту ділянки лісу фіксують на плані лісонасаджень як проектні. Для закладки ППО вибирають насадження з числа найбільш типових, з наявністю декількох порід в складі, зі стиглим або пристигаючим середньовіковим деревостаном. Площа виділу під ППО повинна становити не менше 2 - 5 га. В ідеальному випадку ділянку під ППО розташовується на модельному маршруті. Після закладки ППО даний виділ повинен бути виключений з господарського використання в установленому порядку. У таксаційних описах при переході до відповідних кварталів (в розділі "Господарські розпорядження") проводиться запис про ведення даних робіт. Для деяких видів шкідників принцип розташування ППО може бути скоректований в відповідності до їх екологічних та біологічних особливостей. Наприклад, відомо, що дубова листовійка заселяє південні узлісся, тому там і слід закладати ППО. У будь-якому випадку ППО слід розташовувати в місцях, де спостерігається найбільша чисельність шкідника, так як тут проявляється найбільша варіація ознаки, і відповідно саме тут існує максимальна можливість виявити закономірності динаміки його чисельності. З огляду на той факт, що спостереження при моніторингу проводять тривалий час на місцевості постійної точки обліку, модельне дерево на постійному маршрутному ході помічають білою фарбою на фіксованих ділянках. На сьогоднішній день важливого значення набуває проблема спотворення даних в результаті здійснення самого спостереження. У тому випадку, коли попередній облік на постійних пунктах обліку спотворює повторний облік, необхідно обов'язково мати резервний ППО, бажано в цьому ж виділ. Це особливо актуально для обліків методом оббивання для соснового пильщика або обліків яйцекладки шовкопряда монашки. При повторному обліку на цих деревах чистота спостережень буде вже порушена, тому слід передбачити резервні облікові дерева з аналогічними таксаційними характеристиками. Це стосується обліків соснового клопа і розкопок пильщика, так як личинки останніх накопичуються в ґрунті за ряд років. Кількісний та якісний склад інформації, що надходить від мережі ЛПМ, диктує певні умови до програмно-технічних комплексів, які забезпечують ведення банків даних регіонального рівня і контроль за рухом інформації: можливість роботи в мережі; ГІС-технології; відкрита архітектура; широкий доступ до зовнішніх баз даних. Технічне оснащення та інші умови роботи тісно пов'язані з індивідуальними можливостями конкретного фахівця. Однак сучасні

вимоги і характер визначають необхідність застосування ГІС-технологій і електронних програмних систем. В даний час існує безліч програм ведення баз даних, які можна використовувати для зберігання інформації ЛПМ. На даному етапі ми рекомендуємо використовувати пакет програм "Лісопатологічний моніторинг", розроблений фірмою "Консультант" і впроваджений в Укрлісозахисті.

2.5. Проектування детального нагляду.

Порядок ведення детального нагляду докладно викладено в "Настанові з організації та ведення лісопатологічного моніторингу в лісах України" (2001). Його відрізняють конкретні показники (площа, запас і т. д.) інформації і точна прив'язка до лісогосподарських одиниць (лісгосп, лісництво, квартал, виділ). Проектування детального нагляду зводиться до завдань швидше організаційних, ніж технологічних. Однак і в цьому випадку попередньо необхідно провести відповідне лісозахисне районування.

2.6. Визначення затрат праці для організації та експлуатації натурної мережі лісового моніторингу.

В процесі проведення робіт по організації і експлуатації мережі моніторингу в Житомирській і Рівненській областях були визначені раціональні склади дослідних груп і приблизні норми виробітку на польові роботи зі створення мережі маршрутів лісопатологічного моніторингу і збору необхідної інформації. Закладка натурної мережі маршрутних ходів і постійних пунктів обліку (ППО) проводилась силами Обласних управлінь лісового та мисливського господарства. Всі роботи виконувалися постійними групами, які працюють повний сезон. Найбільш зручно працювати в групі з 3 чоловік (інженер-лісопатолог з додатковою підготовкою і два техніки). Керівник групи - підготовлений фахівець, який має досвід практичної роботи і знає об'єкт спостережень. На цьому етапі вирішувалися організаційні питання, пов'язані з розміщенням робочих груп, транспортним забезпеченням робіт, а також проводилося навчання керівників груп методам і прийомам робіт. Нормативи затрат праці по організації мережі наведені в таблиці 1. Для робіт по експлуатації мережі в кожному лісогосподарському підприємстві організовується група, очолювана фахівцем-лісопатологом. При проведенні робіт, чисельний склад робочих груп може бути скорочений до одного інженера-керівника і одного техника. Орієнтовні затрати праці по даному етапу наведені в таблиці 2.

Таблиця 1.

Затрати праці при організації лісопатологічного моніторингу

Види робіт	Норма виробітку	Необхідна кількість фахівців	
		інженер	технік
Підготовчі роботи, діб	по виконанню робіт	1	-
Закладання натурної мережі маршрутних ходів, км	4,5	1	2
Лісопатологічна таксація на маршрутних ходах, км	8	1	2
Закладка постійних пунктів обліку (модельних дерев), шт	18	1	2
Переїзди та переходи в районі проведення робіт, діб	по виконанню робіт	1	2

Таблиця 2.

Затрати праці при проведенні лісопатологічного моніторингу

Види робіт	Норма виробітку	Необхідна кількість фахівців	
		інженер	технік
Повторна лісопатологічна таксація по маршрутному ходу, км.	8	1	1
Повторний облік модельних дерев на пробних площах, шт.	21	1	1
Повторний облік комах на площах в лісовій підстилці, шт.	32	1	1
Переїзди та переходи, км.	по виконанню робіт	1	1

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ СОПУТНИКОВИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

3.1. Джерела інформації для ГІС-технологій в лісозахисті

До теперішнього часу в багатьох країнах світу геоінформаційні системи (ГІС) і технології отримали визнання. Вони розвиваються і використовуються, в тому числі і як інструмент сталого управління лісами. Розвиток ГІС-технологій і впровадження їх в практику управління лісами обумовлено необхідністю оперативного використання великих обсягів даних, потребою їх точної адресації і просторового аналізу. Значення ГІС-технологій для лісозахисту, лісовпорядкування і лісового господарства в цілому загальноновизнане. Геоінформаційна система і географічна інформаційна система багато в чому споріднені, але це не еквівалентні поняття. Геоінформаційна система, на відміну від географічної, в загальному випадку є інтегрованою системою, спрямованою на підтримку прийняття рішень в різних предметних галузях, а не тільки в геодезії і географії. Далі ми будемо дотримуватися такого ж розуміння терміна, розглядаючи ГІС як геоінформаційну систему, або інформаційну систему з просторовою локалізацією даних. ГІС прийнято визначати як набір апаратно-програмних засобів, призначених для ефективного отримання, зберігання, оновлення, обробки, аналізу і відображення всіх видів географічно прив'язаної інформації. Таким чином, геоінформаційна система (ГІС) і ГІС-технологія розрізняються.

ГІС-технологія – це технологія обробки інформації, що включають застосування і інших систем, які не належать до ГІС, тобто сфера дії ГІС-технології ширше, ніж ГІС. Необхідність використання ГІС при організації і веденні лісопатологічного моніторингу зумовлена потребою ефективного збору, узагальнення та оцінки різноманітних джерел інформації, багато з яких мають просторову прив'язку. Прийняття рішень по захисту лісу від шкідників і хвороб, в тому числі і призначення лісозахисних заходів, будується на аналізі часових рядів біологічних, лісових, кліматичних та економічних даних. Прогноз виникнення вогнищ масового розмноження шкідників і хвороб ґрунтується на ретроспективному аналізі багаторічних спостережень, з прив'язкою до конкретних ділянок і територій. ГІС можна вважати оптимальною технологічною основою лісопатологічного моніторингу, так як вона дозволяє реєструвати, поєднувати, обробляти, оновлювати і видавати за запитом користувача в заданій формі (текст, тематичні карти, картосхеми, картограми, графіки, гістограми, таблиці та ін.) інформацію про чисельність шкідників і поширення хвороб лісу, про місцезнаходження вогнищ комах-шкідників і хвороб, проведених лісозахисних заходах. Не менш важливо мати просторово узагальнені дані про несприятливий стан лісів. Мета створення і використання ГІС при організації і веденні лісопатологічного моніторингу – інформаційна підтримка та прийняття обґрунтованих рішень щодо захисту лісів від

шкідників і хвороб, збереження їх стійкості та продуктивності, запобігання збиткам з урахуванням екологічної та економічної доцільності.

Для визначення місця і ролі ГІС при організації і веденні лісопатологічного моніторингу необхідно виходити із загальних принципів і досвіду їх створення в інших предметних галузях. У загальному випадку основні складові будь-якої ГІС – це масив статистичних даних, апаратно-програми засоби і навчений персонал. Тому для визначення місця і ролі ГІС в ході організації та ведення лісопатологічного моніторингу необхідно охарактеризувати: інформаційні потоки і джерела вихідної інформації, їх особливості та доступність; технічні та програмні засоби, необхідні для створення ГІС; загальні принципи та етапи створення ГІС – інформаційної системи з просторовою локалізацією даних; аналітичні можливості ГІС для просторового аналізу і прогнозування; досвід використання ГІС у вітчизняному лісовому господарстві не тільки з точки зору його запозичення, але і уникнення допущених помилок; технологію створення вихідних документів засобами ГІС та перелік цих документів. Найчастіше в лісовому господарстві ГІС розглядається однобічно, як зручний інструмент для створення тематичних карт програмними засобами. У цьому випадку використовується тільки один з аспектів ГІС. В країнах ЄС нові тенденції в прикладному використанні геоінформаційних технологій пов'язані з інтеграцією, поєднанням різних методів збору, обробки та інтерпретації даних. При цьому інтеграція розглядається в різних аспектах: і як комплексний аналіз різних інформаційних джерел, і як взаємне доповнення методів збору і обробки інформації, і як поєднання модулів комп'ютерних програм. ГІС-технологія спочатку включає інтеграційний аспект, оскільки ГІС пов'язує просторову, геометричну інформацію і описову, тематичну, числову. Так, наприклад, тісна інтеграція всіх етапів – від збору даних до створення карт, забезпечує ефективність інформаційної системи, впровадженої на захист лісу Міністерством природних ресурсів провінції Квебек (Канада), (Nature in Quebec, 2003). Часткова або повна автоматизація створення форм щорічної звітності спрощується завдяки структурній організації інформації. Банк даних по комах-шкідниках і хворобах зберігає всю вихідну інформацію, зібрану в польових умовах, а також різні похідні інформаційні продукти. Розширений доступ до інформації багатьох користувачів через локальні та глобальну мережі скорочує час її обробки. Збір вихідних лісопатологічних даних оптимізований за рахунок вибіркового методу. Вимірювання, зроблені в польових умовах, вводять в переносний комп'ютер і записують в стандартні цифрові форми. При аеровізуальних обстеженнях діджитайзер (відцифровщик), приєднаний до портативного комп'ютера, дозволяє використовуючи геоінформаційні технології, перевести в цифрову форму і отримати координатно прив'язані дані і передати їх по каналах зв'язку. Широка мережа метеорологічних станцій передає дані про погоду в режимі реального часу. Для лісозахисту важлива просторово-координатна прив'язка даних. Модуль WxScope™, пов'язаний з Web-браузером, і модуль метеорологічних даних WeatherScope™ призначені для

інтерактивного аналізу просторових даних безпосередньо в процесі картографування. Ці модулі побудовані на принципах геоінформатики та спеціально спроектовані для інтерактивного створення карт в процесі авіапатрулювання. Розробники інформаційної системи прагнули уникнути її ускладнення і зробити доступною як для користувачів початкового рівня, так і для аналітиків даних, досвідчених в галузі інформаційних технологій, які швидко оцінюють лісопатологічну ситуацію в цілому. Завдяки простоті в користуванні WxScopeTM і WeatherScopeTM володіють чудовим потенціалом для обміну інформацією, забезпечуючи широкий доступ до інформації в режимі он-лайн. Перспективи вдосконалення інформаційної системи пов'язують з нарощуванням функціональних можливостей кожного з модулів, включенням в експертний аналіз анімаційних зображень еволюції природних явищ, в тому числі динаміки осередків шкідників і хвороб лісу. Наведений приклад показує, наскільки ГІС-технології можуть мати попит для супроводу лісопатологічного моніторингу на всіх його етапах. Перспективи розвитку і впровадження подібних технологій в лісозахисті пов'язують з інтеграцією ГІС, інтернет і GPS (глобальних систем позиціонування) в єдину технологічний ланцюг для збору, обміну даними, їх обробки і надання користувачеві. За допомогою GPS-приймачів вирішується проблема прив'язки даних польових обстежень на місцевості та створення координатної основи цифрової карти в польових умовах. Досвід роботи з GPS свідчить, що такі приймачі придатні для розвитку і згущення геодезичних мереж при відсутності прямої видимості на залісненій території, в горах, містах і дозволяють істотно знизити витрати на проведення комплексу робіт зі створення координатної основи ГІС. Програмне забезпечення, яке може постачатись з GPS-приймачами, здійснює обробку вимірювань отриманих в польових умовах, трансформує їх у необхідну систему координат і перетворює вихідний файл в формат найбільш популярних ГІС. Для ведення лісопатологічного моніторингу в нашій країні перелічені технології – більш далека перспектива, хоча і не така вже і віддалена. У цьому необхідно зосередити зусилля на поетапне впровадження ГІС, визначити ключові ланки і рівні узагальнення інформації в системі спостережень, почати формування банків даних лісопатологічного моніторингу і баз даних картографічної інформації, їх поєднання.

Об'єктивні дані є найважливішою складовою частиною будь-якої ГІС. У загальному випадку ГІС обробляє будь-які дані, що мають просторову складову. Згідно "Настанови з організації та ведення лісопатологічного моніторингу та принципів організації ЛПМ", викладених в розділі 1, інформаційні потоки формуються за результатами загального моніторингу та детального нагляду. Для обробки інформації та стандартизації інформаційних потоків створена комп'ютерна програма "Лісопатологічний моніторинг", яка призначена для використання як на локальному рівні (АРМ інженера-лісопатолога), так і на державному (Укрлісозахист). Передбачається систематизація та аналіз лісопатологічної інформації, отриманої з різних джерел, підготовка документації на проведення

лісогосподарських і санітарно-оздоровчих заходів. По суті, створюється автоматизована система отримання статистичної відомчої та аналітичної звітності в табличній і текстовій формі. Характеристики первинних джерел інформації ЛПМ, показників, внесених в форми первинної звітності, і переліку вихідних документів представлені у відповідних посібниках. Ці дані і повинні лежати в основі ГІС лісопатологічного моніторингу. При організації лісопатологічного моніторингу з відомчих даних повинні використовуватися матеріали лісовпорядкування, лісопатологічних обстежень, статистичної звітності з лісового фонду, проекти лісозахисних заходів. На початковому етапі розробки проекту системи ЛПМ необхідні дані, що характеризують лісовий фонд регіону (див. розділ 2). Інформацію про структуру лісового фонду готують державні лісовпорядні підприємства за результатами базового лісовпорядкування. Облікові дані з лісового фонду країни в цілому узагальнюються і обробляються в державному підприємстві "Укрлісозахист". При веденні лісопатологічного моніторингу в формі первинної звітності, крім спеціальної лісопатологічної інформації, вносять таксаційну характеристику насаджень – породний склад, вік, типи лісу, повнота та ін. Тому при створенні ГІС в системі ЛПМ повинні прийматися в розрахунок лісотаксаційна і лісогосподарська інформація, її особливості, форма подання, формати зберігання. Таксаційні виділи – первинні лісогосподарські облікові одиниці. Таксаційні характеристики насаджень, це основна інформація за якими призначаються господарські заходи, за ними по виділах заносять в картку таксації. Кожен таксаційний виділ відображають на планшетах лісовпорядкування.

Картка таксації – первинне джерело, за яким формують тематичні бази даних лісовпорядної інформації. Для обробки цієї інформації в лісовому господарстві використовують свої професійні системи управління базами даних. У базі даних по кожному виділу та кварталу містяться такі показники: номер виділу, площа, характеристики рельєфу, склад порід, вік, висота, діаметр, повнота, запас, клас бонітету, тип лісу, тип лісорослинних умов, опис елементів лісу, клас товарності, ступінь пошкодження насаджень тощо. Особливість баз даних по об'єктах лісовпорядкування полягає в тому, що лісотаксаційна інформація в них зберігається в специфічних форматах, які безпосередньо не імпортуються в програмне середовище поширених ГІС-програм. Тому потрібно або створювати заново тематичні бази даних (атрибутивні таблиці) з лісотаксаційною інформацією, пов'язані з картографічною базою даних, безпосередньо шляхом введення числових значень в тій ГІС оболонці, в якій виконуються роботи по моніторингу, або використовувати конвертори, які здійснюють трансформацію, наприклад з формату СОЛІ в формат DBF. І тільки потім в програмному середовищі ГІС доводиться здійснювати приєднання таблиць по однаковим полям, наприклад ідентифікаторів з номерами кварталу і виділу. Картографічний матеріал – необхідне джерело просторової інформації для організації та ведення ЛПМ, який включає схематичні карти лісгоспів і плани лісонасаджень лісництв, де намічається формування мережі спостережень ЛПМ. Планово-картографічні матеріали

лісовпорядкування складають на основі натурних лісовпорядних робіт і камерального дешифрування аерофото і космічних знімків. Перелік планово-картографічних матеріалів, методи їх створення, масштаби, вимоги до змісту та оформлення, точності, якості виготовлення, системі застосовуваних умовних знаків і позначень регламентується галузевими нормативними документами (Інструкція про порядок створення і розмноження лісових карт, 1993 року). Впровадження ГІС-технологій в лісовому господарстві почалося з лісовпорядкування. Нові технології неминуче загострили проблеми точності і достовірності просторової прив'язки даних лісової таксації, створення планово-картографічної основи, складання лісових карт різних масштабів. Параметри лісових карт, вимоги до них, послідовність операцій зі складання оригіналів і виготовлення тиражу регламентовані "Інструкцією про порядок створення і розмноження лісових карт" (1993). Інструкція регламентує виготовляти планово-картографічні матеріали вручну на основі схем візуального дешифрування аерофотознімків, шляхом копіювання великомасштабних планшетів в оригінальному масштабі або подальшого монтажу зменшених копій планшетів до карт більш дрібного масштабу. Точні характеристики планово-картографічних матеріалів, як правило, на практиці не відповідають нормативним вимогам. Первинні документи (планшети лісовпорядкування і похідні від них) створюються в умовній системі координат. Щоб коректно використовувати їх поряд з іншими інформаційними джерелами в середовищі ГІС, наприклад в операціях аналізу і поєднання, потрібно перетворення планово-картографічних матеріалів лісовпорядкування в систему географічних або декартових координат. Таким чином, робота в середовищі ГІС з відомчими картографічними документами, які створюються як в традиційному, так і в електронному вигляді, обов'язково зажадає координатної прив'язки контурної (графічної) інформації. Лісовпорядний планшет є первинним документом лісовпорядкування і складається з використанням геодезичних даних або топографічної основи: Масштаб 1:10000 (по I, II розрядів лісовпорядкування) та 1:25 000 (по III розряду). Інструкцією передбачено, що картографічною основою для лісовпорядних планшетів служать топографічні карти масштабу, схожого з масштабом планшета. Як геодезичну основу використовують дані геодезичних вимірювань землеустрою, матеріали топографічних зйомок. Варто сказати, що планшети складають в тій же проекції Гаусса-Крюгера, що і великомасштабні топографічні карти. На рамках планшета дають виходи кілометрової сітки прямокутної системи координат. Інші похідні планово-картографічні матеріали складають, як правило, шляхом генералізації змісту планшетів і зменшення до потрібного масштабу. Оригінал лісовпорядного планшета містить наступну графічну інформацію, яка буде потрібно при організації і веденні лісопатологічного моніторингу: квартальні лінії і межі кварталів; кордони таксаційних виділів; лісорозсадники, лісонасінневі ділянки; особливо захисні ділянки лісу; межі смуг відчуження магістральних транспортних шляхів; проїжджі лісові

дороги, постійні стежки; струмки, річки, меліоративні канали, озера; бровки ярів і обривів; межі адміністративних районів; кордони категорій захисності лісів; площі, передані в довгострокове користування; контори лісгосподарських і лісозаготівельних підприємств, лісництв, лісопунктів і лісових ділянок.

План лісництва – карта, яка відображає просторове розміщення лісового фонду в межах лісництва. Її виготовляють шляхом монтажу зменшених планшетів з окремим додатковим інформаційним навантаженням. Тут приводять умовні знаки зріджених насаджень, горільників, рубок, сільськогосподарських угідь, боліт і заболочених ділянок лісу, а також написи класів віку, класів бонітету, запас експлуатаційних насаджень при можливості їх вільного розміщення в межах контуру виділу (масштаби: 1:25 000 (1:50 000) в залежності від розряду лісовпрядкування). В подальшому план лісництва використовують для виготовлення планів лісонасаджень, оглядових планів лісгосподарських заходів по лісництвам, а також створення схематичних карт лісгоспів.

План лісонасаджень – схематична карта, яка характеризує якісну структуру земель і насаджень лісового фонду по лісництвам. Вона виготовляється на основі плану леснічества в тому ж масштабі шляхом забарвлення кожного виділу по переважаючим породам і групам віку, а також забарвлення нелісових земель – болот, сіножатей, водойм та ін.

Карта-схема лісгоспу, призначена для отримання узагальнених характеристик лісового фонду і їх просторового розміщення. Основні елементи змісту: ділянки зімкнутих і незімкнутих лісових культур, лісопокриті землі, пофарбовані за переважаючими породами і групами віку; лісонепокриті лісові та нелісові землі. Оформлення карти регламентується інструкцією, колірна палітра повторює оформлення плану лісонасаджень. Крім того, на карті-схемі лісгоспу наведені: кордони областей; межі адміністративних районів, лісгоспів; кордони лісництв та суміжних землекористувачів; кордони груп і категорій захисності лісів; кордони лісосічного фонду; землі, передані в довгострокове користування; квартальні лінії і номери кварталів; населені пункти; контори лісгоспів, лісництв, підприємства по переробці деревини; річки, озера; шляхи сполучення, лісовозні та інші дороги; постійні стежки. Масштаб карти-схеми лісгоспу – 1:100 000 (1:200 000 або 1: 300 000).

Карта-схема лісів адміністративно-територіального устрою (області, району, лісгоспу, лісництва) відображає просторове розміщення лісових масивів і адміністративно-господарський розподіл лісового фонду по лісокористувачам. Вона складається в масштабах 1:500 000 і менше, залежно від площі лісокористування. Масштаб повинен відповідати ортофотоплану карти-схеми лісгоспу. Тематичний зміст карт і детальність навантаження узгоджуються з замовниками робіт. Всі планово-картографічні матеріали, які використовують в лісовому господарстві на сьогоднішній день, незалежно від способу виготовлення, передають користувачеві на паперових носіях або пластику. При кожному циклі

лісовпорядкування, через 10 років, планово-картографічні матеріали виготовляють заново, мережу таксаційних виділів змінюють. Ця обставина може викликати труднощі при аналізі ретроспективної ситуації з вогнищами шкідників і хвороб минулих років. Тому координатна прив'язка вогнищ, лісопатологічних виділів, пунктів спостережень ЛПМ в ГІС дозволить накопичувати і використовувати лісопатологічну інформацію незалежно від її адресної прив'язки до лісотаксаційного виділу. Така координатна прив'язка може здійснюватися в польових умовах за допомогою GPS-приймачів, що надійніше і точніше, або в камеральних умовах при обробці польових даних та введенні їх в картографічні бази даних.

3.2. Застосування ГІС на державному, обласному і місцевому рівні

Оскільки ГІС, як інформаційна система, здійснює інформаційне обслуговування певної території, це обумовлює диференціацію ГІС за цією ознакою. В нашому випадку можна виділити наступні територіальні рівні використання ГІС з метою ЛПМ: державний (національний), обласний, місцевий. На державному (національному) рівні вихідні картографічні документи можуть бути представлені в масштабах від 1: 2 500 000 до 1:20 000 000 (для оглядів про лісопатологічну ситуацію по країні в цілому); на обласному рівні – в масштабах від 1: 500 000 - 1: 1 000 000 до 1: 4000 000; на місцевому рівні – в масштабах, прийнятих для схематичних карт лісгоспів і планів лісонасаджень, – 1:25 000 - 1:50 000 – 1: 200 000. При створенні різнорівневих ГІС для ЛПМ повинна дотримуватися вимога сумісності інформації, отриманої на різних ієрархічних рівнях. Одне з важливих властивостей ГІС полягає в можливості узагальнення (генералізації) та деталізації інформації, що дозволяє розглядати явища і процеси в динаміці, зокрема в різних масштабних рядах, і пов'язувати різномасштабні дані між собою. Генералізація забезпечує узагальнення інформації при зменшенні масштабу досліджуваної території, а покрокова деталізація дозволяє виділяти необхідні подробиці при укрупненні масштабу. При цій операції з обробки дані стають прості і доступні широкому колу користувачів без поглиблених знань з картографії та інформатики. Це дозволяє скласти запити до бази даних і отримати результат як в картографічній формі – у вигляді тематичних карт, так і в табличному вигляді. Для користувача така можливість ГІС спрощує процес прийняття рішень. При цьому можна використовувати не тільки карти, але і різномасштабні дистанційні дані, зображення. Як пошукова система, ГІС дозволяє використовувати відомі методи пошуку в базі даних, а як інформаційна система, що зберігає графічні дані, – проводить пошук і запит шляхом графічної обробки даних. Технологічно проблема об'єднання різних об'єктів і їх властивостей, що зберігаються в ГІС, вирішується на основі позиціонування, тобто прив'язки об'єктів за координатами або географічному положенню. Це означає, що ГІС різних рівнів можуть обмінюватися інформацією, оскільки вона прив'язана до єдиній системи координат. При цьому використання різних картографічних проекцій на

картах різних масштабів не є перешкодою, так як в ГІС програмно вирішуються питання перетворення даних з однієї проекції в іншу. Поняття "масштаб карт" для вихідних документів ГІС не має принципового значення, його можна змінювати в залежності від визначеного рівня деталізації. Суттєве значення має масштаб вихідних джерел інформації. Оскільки кожному масштабу карт відповідає певний рівень генералізації змісту, його повнота і точність координатної прив'язки, то інформація, яка буде зберігатись і оброблятися в ГІС, матиме точність і детальність вихідного картографічного джерела. Таким чином, ГІС як інформаційна система ЛПМ зберігає інформацію певного рівня, але за рахунок універсальності підходу до просторової прив'язки може обмінюватися даними, які надходять з ГІС вищого або нижчого рівня. Незалежно від рівня використання ГІС результати запитів до баз даних можуть бути представлені узагальнено (на більш високому рівні) або деталізовано (на більш низькому рівні). Така властивість робить ГІС більш ефективним засобом пошуку і аналізу інформації в порівнянні з іншими інформаційними системами, розрахованими на зберігання і обробку текстових або цифрових даних. Завдяки властивостям універсальності та інтеграції ГІС дозволяє обробляти і пов'язувати дані різного рівня детальності, використовувати різні набори і поєднання як кількісних, так і якісних показників для характеристики об'єктів. За рівнями організації ЛПМ ГІС повинна відповідати кільком основним вимогам:

1. Забезпечувати централізоване зберігання і адміністрування великого обсягу даних в базах даних Укрлісозахисту.

2. Обов'язково дотримуватися вимог захисту інформації. Доступ до інформації повинен бути організований у формі користувача в режимі on-line серверної технології в локальній мережі, а також в мережі Інтернет для віддалених лісництв. Для здійснення інформаційного обміну необхідні сумісні програмні засоби.

2. Робота з даними повинна проводитися в єдиному координатному просторі.

3. Система повинна мати можливість автоматизованого контролю якості даних.

4. Повинна підтримувати можливість зв'язку з іншими інформаційними системами та ЄБД, прийнятими в лісовпорядкуванні.

При практичній реалізації цих вимог може виникнути ряд проблем. Перша з них полягає в поєднанні лесотаксаційної інформації різних рівнів, формуванні інформації в електронному вигляді, включення до бази даних ідентифікаційних кодів для зв'язку таксаційних даних і цифрових карт. Для ГІС лісгоспу необхідно зв'язувати цифрові планшети і бази лісотаксаційних даних. При цьому ідентифікаційний код – це складене значення, що характеризує "Лісництво-квартал-виділ" як для цифрових карт, так і для баз лісотаксаційних даних. Для державного рівня в базі даних Гулф повинні використовуватися ідентифікаційні коди "суб'єкт лісокористування-лісгосп". Труднощі виникають через те, що інформація різних баз даних, яку потрібно поєднати, створювалася в лісовому

господарстві незалежно один від одного і має різну систему кодування в різних базах даних. Наприклад, кодування лісгоспів в базах даних Гулф та СОЛІ-2 відрізняється. Друга проблема полягає в поєднанні картографічної інформації різних рівнів. В лісовому господарстві використовують як великомасштабні планшети, створені по топокартах, так і спрощені картосхеми, точність яких на практиці не завжди відповідає нормативним вимогам. При створенні ГІС виникає проблема уніфікації наведених даних про лісовий фонд, приведення просторових даних до єдиної системи координат з урахуванням точності карт і рівня генералізації. Беручи до уваги сформовані в галузі традиції, коли для збереження лісотаксаційної і лісопатологічної інформації вже створені бази даних, які управляються різними ЄБД, можливо роздільне зберігання картографічних і атрибутивних даних в незалежних інформаційних системах. У такому випадку необхідна розробка або адаптація комерційних програмних засобів для динамічного обміну даними між ними. При цьому ведення і підтримку тематичних баз даних, формування запитів до галузевої лісопатологічної і лісотаксаційної інформації відноситься за діючими СУБД, а картографічні бази даних будуть створюватися програмними засобами ГІС. При створенні програмно-апаратного комплексу ГІС для ЛПМ за основу необхідно прийняти наступні принципи: включення всіх необхідних апаратно-програмних засобів для введення, аналізу і контролю всіх типів даних; забезпечення довготривалого та надійного зберігання даних; відкритість системи, забезпечення зв'язку з усіма додатками; незалежність від апаратного забезпечення; використання сертифікованих програмних засобів, якісного програмного забезпечення, яке постійно розвивається розробниками і має більший потенціал для поновлення; відкритість і розширюваність системи відповідно до нових вимог та технології збору та обробки даних, забезпечення обробки, інтерпретації та аналізу всіх лісотаксаційних і спеціальних лісопатологічних даних.

3.3. Вибір програмного забезпечення та апаратних засобів.

Ключова ідея програмного забезпечення ГІС полягає в тому, що воно є системою управління базою просторово-локалізованих даних. Такі бази просторово прив'язаних даних, як правило, мають реляційну і об'єктно-реляційну структури. Програмне забезпечення для створення ГІС досить різноманітне – від систем з спрощеними функціями до складних багатофункціональних пакетів, які підтримують різні моделі даних. Вибір програмного забезпечення залежить від багатьох факторів, в тому числі завдання, даних, що використовуються, вартості системи і її ефективності, наявності апаратних засобів у розробників ГІС і користувачів на місцях. Наприклад, до часу появи ГІС на українському ринку інформаційних даних, лісове господарство вже мало свої професійні системи управління базами даних повидільної лісотаксаційної інформації (СУБД-Л, СОЛІ). Завдання полягало в поєднанні цих СУБД, встановленні їх в ГІС, які можна створити комерційними програмними засобами. На відміну від єдиних баз даних, які базуються на потужних і дорогих апаратних комплексах класу

робочих станцій, лісовпорядкування зупинилося на використанні більш дешевих і простих настільних ГІС для складання картографічних матеріалів і їх відтворення. Системи настільної картографії використовують картографічну інформацію для організації взаємодії користувача з даними. У таких системах все засновано на картах, карта є базою даних. Більшість таких систем мають обмежені можливості управління даними, просторового аналізу і налаштування. Таким чином, поки в лісовпорядкуванні використовується тільки та частина функціональних можливостей ГІС, яка дозволяє вирішувати завдання підготовки даних, їх зберігання, обробки та подання в картографічній формі. Дії з даними обмежуються вимогами лісовпорядної інструкції з визначення площинних характеристик об'єктів. У перспективі передбачається проводити просторовий аналіз, просторове моделювання та прогноз, використовуючи функціональні можливості ГІС. Розробка ГІС в лісовому господарстві здійснюється на базі різних програмних продуктів. На теперішній час в лісовпорядних підприємствах і організаціях галузі використовуються такі програмні продукти, як: Arc / Info-Arc / View, MapInfo, Geograf / Geodraw, WinGIS, TopoL. Кожна з цих систем має свої переваги і обмеження. Цікавим є аналіз ринку програмного забезпечення, проведений ГІС-асоціацією в 2019 р. Найбільше число організацій в Україні віддає перевагу таким програмним продуктам для створення ГІС: Arc / Info, ESRI (18%), MapInfo (13%) Geograph (9%). Число користувачів WinGIS невелика і складає 2% загального обсягу продажів на українському ринку. Серед програмних продуктів лідує Easy Trace (20%). Не тільки лісове господарство, а й багато інших відомств і організацій використовують широкий спектр ГІС-пакетів. Це пояснюється зручністю застосування тих чи інших програм для обробки різних типів даних, наявністю необхідних додатків і розроблених конверторів. Разом з тим, чим більше програмних засобів використовується при розробці ГІС-проектів, тим складніше технологія, і, можливо, тим менше вона продумана на етапі проектування. Тому для робіт зі створення карт, коли багатофункціональні програмні пакети занадто дорогі для розробників, можна використовувати так звані ГІС настільної картографії (наприклад: Arc / View, MapInfo, TopoL і ін.), які теж засновані на реляційній структурі даних. Вони доступні для освоєння широкого кола користувачів і мають зручний інтерфейс. Найчастіше для вирішення багатьох завдань у лісовому господарстві досить використання настільних ГІС (або комбінацій їх модулів). Однак слід зауважити, що професійні ГІС нового покоління, зокрема Arcinfo 8, більш перспективні, оскільки засновані на більш досконалій об'єктно-орієнтованій моделі даних, що істотно розширює можливості та мережі їх застосування. Крім того, нове покоління ГІС Arcinfo надає можливість самим користувачам нарощувати функціональність системи і її налаштовувати, підтримувати власні моделі даних. Хоча ці ГІС залишаються дорогими, а робота в їхньому середовищі вимагає високої кваліфікації і професійних навичок, проте вони мають більший потенціал для розвитку за рахунок використання більш

досконалого програмного забезпечення. При виборі програмного забезпечення слід мати на увазі ще одну особливість – робота з декількома ГІС пакетами. В результаті проведення конвертації числових даних супутникових ГІС-даних з одного робочого формату в інший, інколи відбувається часткова втрата або спотворення інформації. Користувачам різних ГІС нерідко потрібно створювати інформаційні продукти, які можна було б переносити з однієї програми в іншу, зберігаючи при цьому не тільки дані, але і всю супроводжуючу службову і допоміжну інформацію. Стандартний підхід, пропонований розробниками ГІС, зводиться до експорту - імпорту даних, а завдання перенесення службової інформації ними не вирішується. Проблема сумісності інформації, яка створюється в різних системах, дуже актуальна. Наприклад, в Arcinfo і Mapinfo реалізована різна об'єктна модель і модель даних, різні підходи до збереження і відображення інформації. Звідси виникають складнощі при перенесенні інформації з однієї системи в іншу. Більша частина цих проблем вирішується за допомогою спеціальних прикладних програм, які розробляються додатково, або із залученням оператора, коли потрібне кінцеве налаштування проекту. Виходячи з цього, одна з важливих вимог при створенні різнорівневих ГІС для лісопатологічного моніторингу – використання сумісних програмних засобів. При цьому перевагу необхідно віддавати досконалішому і якісному програмному забезпеченню, яке має більший потенціал для розвитку та оновлення.

3.4. Основні етапи і послідовність операцій при формуванні ГІС.

ГІС відносяться до класу інформаційних систем, що обробляють просторово-локалізовані дані. Під просторовою локалізацією розуміється співвідношення різних видів інформації з якоюсь просторовою певною системою. Такою системою може бути географічна система координат, декартова система координат (система координат карти) і т. п. Більшість сучасних ГІС використовують бази даних (БД), побудовані на основі реляційних моделей, що мають табличну форму. Створення бази даних для прикладних ГІС полягає в розробці її структури, тобто створення сукупності взаємозалежних таблиць. Проектування БД включає: визначення об'єктів, дані про які повинні міститися в базі; виявлення зв'язків між об'єктами; визначення основних властивостей об'єктів, які будуть зберігатися в БД; виявлення зв'язків між властивостями об'єкта; складання логічного запису загальної таблиці, що включає всі основні властивості об'єкта; створення декількох таблиць із загальної; визначення операцій при використанні таблиць і створення на їх основі запитів (приклад реалізації запитів представлений на рисунку 1); створення форм, введення інформації і форм звітності. Організація просторово-локалізованих (координатно прив'язаних) даних має свої особливості.

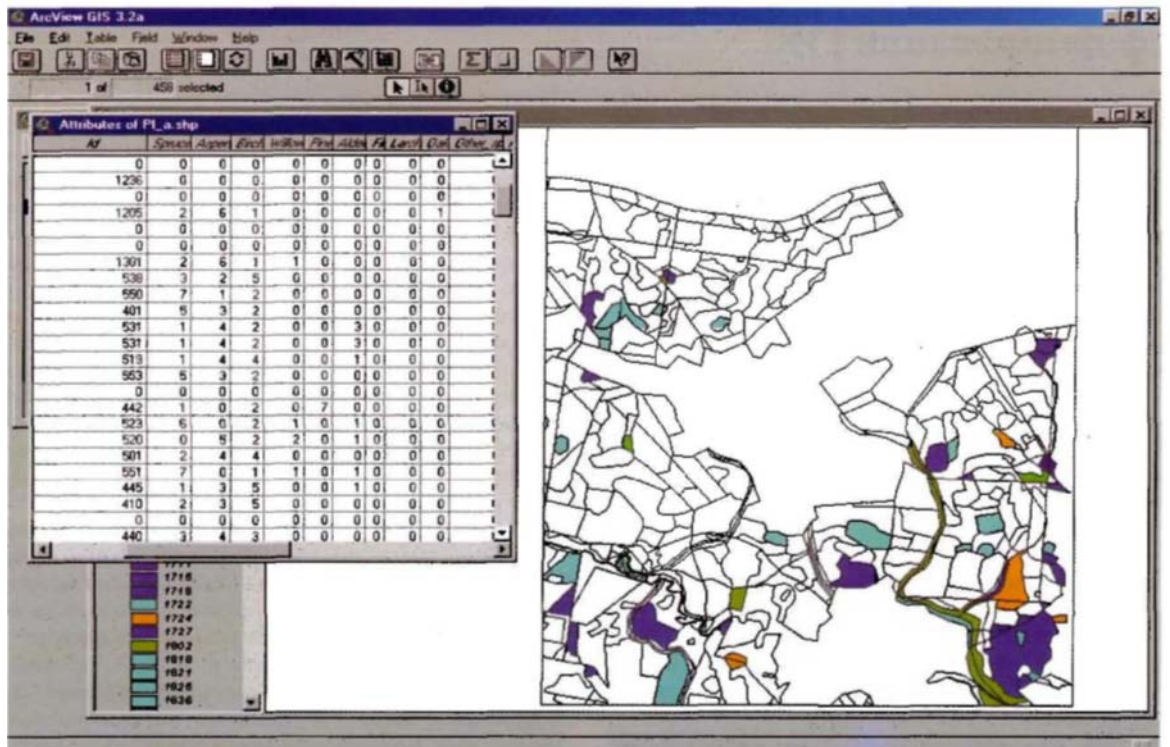
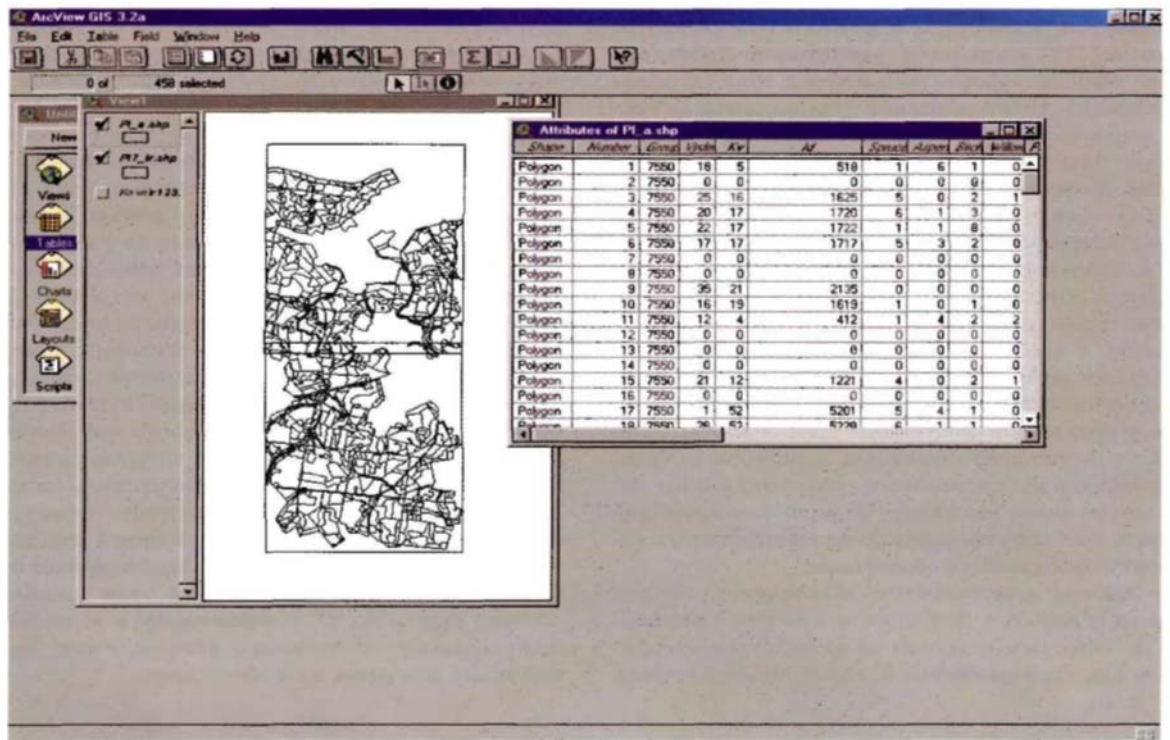


Рис. 1. Створення картографічної та атрибутної баз ГІС даних.

Одним з методів роботи з просторовими даними є використання індексів.

Індекс – форма посилання на дані, яка прискорює доступ до даних, впорядковуючи значення по полю. Індекс атрибуту допомагає швидше знайти певний запис в таблицях атрибутів. В реляційних базах даних для однозначного визначення (ідентифікації) будь-якого рядка, в таблицю додається стовбець з унікальним значенням для кожної з рядків таблиці, який називається внутрішнім ключем, ключовим стовпцем або ідентифікатором (ID). Атрибути – одне з ключових понять геоінформатики.

Це групи тематичних і тимчасових характеристик, що описують властивості об'єкта. Якщо метричні і геометричні характеристики описуються координатами і для їх відображення зазвичай використовують графічну форму подання, а рідше – табличну, то для атрибутивних даних використовують таблиці. Таблиця, що містить атрибути об'єктів, називається таблицею атрибутів. Кожному просторового об'єкту відповідає рядок таблиці, кожній тематичній ознаці – стовпець таблиці. Застосування атрибутів дозволяє здійснювати аналіз об'єктів бази даних з використанням стандартних форм запитів і різного роду фільтрів, а також виразів математичної логіки. Таким чином, атрибутивний опис доповнює координатний і спільно з ним створює повний опис моделей ГІС, вирішує завдання типізації вихідних даних, спрощує процеси класифікації та обробки. У загальному випадку, моделі просторових (координатних) даних можуть мати векторне або растрове уявлення, містити або не містити топологічні характеристики. Ці моделі взаємно перетворені. Векторні моделі використовують в якості елементарної складової послідовності координат, що утворюють лінію. Лінією називають кордон, сегмент, дугу. На відміну від звичайних векторів, в геометрії – дуги мають свої атрибути. Атрибути дуг позначають полігони по обидві сторони від них. При послідовному кодуванні дуги, ці полігони іменуються лівий і правий. Поняття дуги є фундаментальним для векторних ГІС. Векторні моделі отримують різними способами. Найбільш поширений – векторизація растрового зображення і цифрування (диджиталізація). Растрова модель даних визначається як цифрове уявлення об'єктів у вигляді сукупності осередків растра (пікселів або елементів зображення). У растрових моделях досліджувану територію відображають у вигляді дискретних просторових осередків, що утворюють регулярну мережу. При цьому, кожному осередку растрової моделі супутникового знімку відає однакова за розмірами, але різна за характеристиками ділянка земної поверхні. В елементарній комірці растрової моделі міститься одне значення, вираховується середнє характеристики ділянки поверхні. Порівнюючи можливості векторної і растрової моделей даних, необхідно відзначити зручність використання векторної моделі при роботі зі зв'язністю об'єктів, простоту обліку, їх типологію і більшу точність координатної прив'язки даних. У растрових моделях виникають труднощі при визначенні точного місця розташування об'єкта, так як в більшості випадків неясно, чи належать координати до центральної точки пікселя або до одного з його кутів. Тому точність прив'язки елемента растра визначають як $1/2$ ширини і висоти комірки. До переваг растрових моделей відносяться наступні: растр не вимагає попереднього знайомства з явищами, дані збираються з рівномірно розташованої мережі точок, що дозволяє в подальшому на основі статистичних методів обробки отримувати об'єктивні характеристики досліджуваних об'єктів; растрові моделі простіше для обробки по паралельним алгоритмам, і цим забезпечують більшу швидкодію в порівнянні з векторними; деякі завдання набагато простіше вирішуються в растровому вигляді, наприклад, створення буферної зони; растрові моделі

частіше застосовують при обробці даних дистанційного зондування. Істотною відмінністю ГІС від інших інформаційних систем з просторовою локалізацією даних є включення в опис просторових об'єктів типологічних характеристик і класифікація на цій основі просторових об'єктів на точкові, лінійні і площинні.

Точкові об'єкти. Найпростіший тип просторового об'єкта, до яких відносяться об'єкти, локалізовані в точках. Особливість точкових об'єктів полягає в тому, що вони зберігаються і у вигляді графічних файлів, як інші просторові об'єкти, і у вигляді таблиць, як атрибути. У таких таблицях кожен рядок відповідає точці – в ній зібрана вся інформація по даній точці. Кожен стовпець – це ознака, що містить типізовані дані: координати і атрибути.

Лінійні об'єкти. Широко застосовуються для опису мереж, для яких, на відміну від точкових об'єктів, характерні типологічні ознаки. Будь-яка мережа складається з вузлів (вершин) – з'єднань, решт відокремлених ліній і ланок (дуг) – ланцюгів в моделі бази даних. Лінійні об'єкти зберігаються в окремих таблицях, а з мережею пов'язані шляхом зазначення номера ланки (дуги) і відстані від його початку. Для точкових об'єктів необхідно вказати одне значення координат, для лінійних – два (для початкової та кінцевої точок). Полігони - групи примикають один до одного замкнутих ділянок. Вони утворюють замкнуті лінії (послідовністю дуг) і ідентифікуються внутрішньою міткою, з якою зв'язуються значення атрибутів. Наявність і зберігання таких сукупностей взаємозв'язків, як з'єднаність дуг на перетинах, суміжність і зв'язаність полігонів і т. п., свідчить про те, що модель даних містить і топографічні характеристики. Використання типологічної моделі даних істотно відрізняє ГІС від інших систем і дозволяє провести просторовий аналіз і ряд інших аналітичних операцій. Типологічні характеристики обчислюються в ході кількісних перетворень моделей об'єктів ГІС, а потім зберігаються в базі даних спільно з координатами. Основні типологічні характеристики моделей: зв'язаність векторів; зв'язаність і примикання полігонів; перетин - інформація про типи перетинів; близькість - показник просторової близькості лінійних або полігональних об'єктів.

3.5. Зберігання даних в ГІС.

Тематичні дані зберігаються в ГІС у вигляді таблиць, тому проблем з їх зберіганням не виникає. Відповідна атрибутивна інформація про властивості цих даних, набір характеристик об'єктів – в безлічі таблиць, пов'язаних з об'єктами. Найбільші проблеми представляє зберігання і візуалізація графічних даних. Просторові дані можуть бути організовані тематично у вигляді сукупності шарів (рівнів) або тем. Одна тема включає безліч просторових об'єктів або явищ, об'єднаних за певними загальними ознаками. Концепція пошарового подання графічної інформації – одна з основних особливостей організації даних в ГІС. Технологічно організація шарів заснована на типізації даних. Безліч різноманітних даних має різні характеристики, і в процесі обробки ця безліч може бути інформаційно

перевантаженою. Типізація та об'єднання або розбиття на шари спрощує процес обробки і підвищує її якість. У ГІС векторні шари повинні мати одну з трьох характеристик векторних даних, тобто векторний шар повинен бути визначений як точковий, лінійний або площинний додатково до його тематичної спрямованості. Такий спосіб подачі інформації дозволяє при подальшій обробці враховувати типологічні властивості об'єктів і класифікувати їх з урахуванням цих властивостей. Це і є точкові, лінійні, майданні класи об'єктів. Використання типологічних властивостей дозволяє здійснювати операції як всередині даного класу – оверлей (операція накладення), так і поза – буферизація. Оверлей є операція накладення шарів одного типологічного класу і отримання нового шару цього ж класу. Буферизація полягає у побудові площинних об'єктів навколо або точкових, або лінійних або майданних. Це найбільш значущі і важливі аналітичні інструменти ГІС. Належність об'єктів до шару, дозволяє використовувати і додавати їх групові властивості, прискорюючи процес обробки даних. Об'єкти, що належать одному шару можуть бути одночасно масштабовані, переміщені, скопійовані, записані в базу даних. Шари можуть бути як реєстрового, так і векторного типу. Однак багато ГІС допускають роботу тільки з векторними шарами, використовуючи растр як підкладку. База даних ГІС містить тематичну інформацію в таблицях, пов'язану з графічними об'єктами. Цей зв'язок повинен бути двостороннім, тобто зміна табличних даних може призводити до зміни графічного представлення просторових об'єктів і навпаки.

3.6. Підготовка та трансформація даних в цифрову форму.

Вибір способу введення залежить від доступних технічних і програмних засобів і характеристик джерел даних. Для відцифровки спрощених розвантажених схематичних карт, планшетів лісовпорядкування з малим графічним навантаженням, окремих кордонів на паперових носіях тощо доцільно використовувати введення диджитайзером. В даний час переважаючим способом введення даних служить сканування. Цей метод більш універсальний, але для подальшої векторизації сканованих растрових зображень (образів) необхідно високу їх якість – виразні лінії і контури. Щоб забезпечити необхідну чіткість ліній, доводиться займатися корекцією сканованих інформаційних джерел, покращувати контрастність і яскравість растрових зображень програмними засобами. При скануванні можна задавати різний ступінь чутливості – від 150 до 1200 dpi (точок на дюйм). Вибір ступеня чутливості залежить від точності самих джерел інформації і подальшого використання даних. Оптимальним вважається чутливість від 150 до 300 dpi. Більша чутливість зазвичай перекриває точність вихідної інформації і зменшує швидкість операцій з даними, збільшує обсяг займаної пам'яті і місця на дисках в геометричній прогресії. Наприклад, при скануванні карти масштабу 1: 200 000, гранична точність якої становить 0,1 мм (20 м на місцевості) з чутливістю 300 dpi отримаємо лінію товщиною в 0,009 мм (Близько 17 м на

місцевості). Співвідношення масштабів топографічних карт і чутливості при скануванні і можуть бути обчислені за формулою:

$$P = (M / N_{dpi}) / 39,7$$

де:

M - масштаб вихідної карти (в нашому прикладі - 200 000);

N_{dpi} – роздільна здатність скануючого пристрою (в нашому прикладі - 300 dpi).

Після сканування картографічної інформації з необхідною чутливістю проводять векторизацію, виділення векторних об'єктів по растровому зображенню і запис їх в векторному форматі. Залежно від використовуваних програмних засобів, векторизація може бути ручною, шляхом цифрування обраних об'єктів "мишею" на екрані (моніторі), інтерактивною і автоматичною. Найбільш поширений спосіб – інтерактивна векторизація (рис. 2, 3), при якій використовуються переваги в точності ручного і в швидкості автоматичного введення даних. Цей спосіб векторизації може бути рекомендований для відцифровки чорно-білих (монохромних) середньозавантажених відсканованих інформаційних джерел.

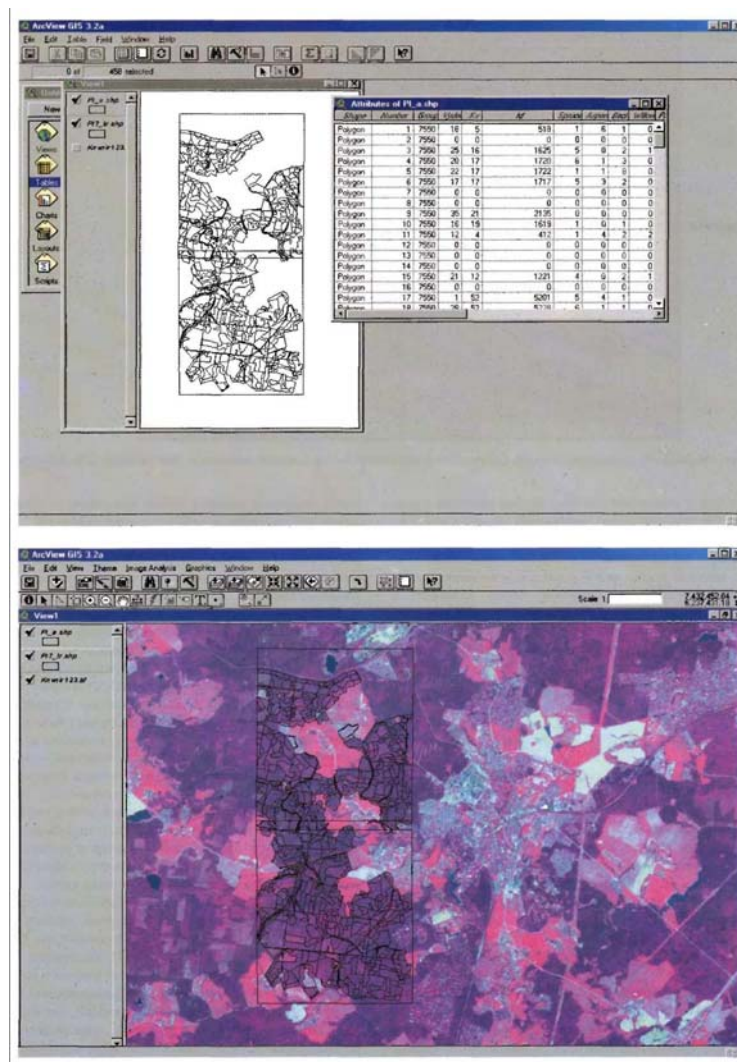


Рис. 2. Поєднання цифрових планшетів лісовпорядкування з космічним знімком програмними засобами Arc/View.

Якщо необхідно відцифровувати кольоровий і досить складний по графічному навантаженні картографічний растр, наприклад кольорові відскановані топокарти, краще використовувати ручний спосіб векторизації.



Рис. 3. Нанесення на план зони буферизації розповсюдження лісової пожежі з отриманого інфрачервоного супутникового знімку (за матеріалами «Вінницялісозахист»).

При введенні космічних або аерофотознімків шляхом сканування потрібно вибирати такі параметри сканування, які відповідають просторовій якості знімків. Для зберігання цифрових просторових даних застосовують растрові і векторні формати. У векторному форматі просторові об'єкти (точки, лінії, пробні площі) зберігаються у вигляді пар координат і унікального коду об'єкта. Векторне подання може бути топологічним і нетопологічним. Топологічне подання передбачає зберігання в базі даних не тільки координат об'єктів, але і характеристик їх зв'язності (дані про близькість, сусідство, перетин і ін.) У растровому форматі просторова інформація організована у вигляді матриці, де центру кожного осередку (пікселя) відповідає парі координат, номер стовпця і рядка, унікальне значення атрибута і код об'єкта. Атрибутивна інформація зберігається в реляційній базі даних у вигляді таблиць і зв'язується з просторовими даними по ідентифікаційним кодам. При виборі векторного або растрового формату даних необхідно враховувати тип вихідних даних, точність локалізації, потреби в обсязі пам'яті, необхідну швидкість аналітичної обробки даних, відображення характерних ознак явищ і об'єктів. Дані в растрових форматах обробляються швидше при вирішенні таких аналітичних задач, як накладення (оверлей), визначення примикання, виконання логічних запитів, просторове моделювання. Однак вони вимагають значно більшого обсягу пам'яті для збереження, ніж дані в

векторному форматі. Векторні формати забезпечують більшу точність координатної прив'язки елементів змісту, кращу поліграфічну якість при друці електронних карт. Картографічні джерела інформації – топокарти і планово-картографічні матеріали лісовпорядкування, як правило, зберігаються у векторних форматах, тематичні карти можуть бути представлені як у векторному, так і растровому форматі, а дані дистанційного зондування – в растровому форматі. При суміщенні і аналізі різних даних може знадобитися перетворення їх з растрового формату у векторний (векторизація) або з векторного в растровий формат (растеризація). Для введення і редагування векторної інформації рекомендується використовувати ГІС пакети, які підтримують топологічну структуру даних (наприклад: Arc/Info, TopoL), а також спеціалізовані програми векторизації і редагування даних (Easy Trace і Map Edit).

Для обміну цифровими даними в векторних і растрових форматах існують обмінні формати. Серед векторних форматів найбільш поширені – GEN (Arc/Info), MIF/MID (Map Info), DXF (САПР Auto CAD). З растрових форматів найпоширенішим є TIFF. Як правило, повнофункціональні ГІС підтримують, крім своїх власних форматів файлів, формати інших систем. Сучасне програмне забезпечення ГІС, що оперує растровими і/або векторними даними, має набір стандартних засобів для збереження, підтримки цифрового уявлення і відображення введених даних. Ці засоби підвищують можливість користувача виявити і виправити помилки, які можуть містити дані. Усунення можливих графічних помилок, які містять векторні дані після введення в систему (Arc/Info, MapInfo, TopoL), проводиться інтерактивно або автоматично стандартними командами. В ході цієї операції змінюються координати дуг при заданих допусках, усувається уривчастість ниток, видаляються короткі дуги. Допуски при усуненні уривчастості відповідають точності нанесення контурів на вихідному джерелі інформації. Для виявлення незамкнутих областей, помилок в положенні ліній і точок, створення полігонів в векторних системах потрібна побудова топології. Після введення координат точок при побудові лінійних і площинних об'єктів необхідно "створити" топологію. Цей процес включає обчислення і кодування зв'язків між точками, лініями і полігонами. Перетини і зв'язки мають векторне подання. Топологічні характеристики заносяться при кодуванні даних у вигляді додаткових атрибутів. Ця операція здійснюється автоматично в багатьох ГІС в ході відцифровки даних. Кожному об'єкту можна привласнити ознаку, який являє собою ідентифікатор найближчого до нього об'єкта того ж класу; таким чином кодуються зв'язки між парами об'єктів. У векторних ГІС (наприклад, Arc/Info) топологічні моделі даних містять топологічну інформацію в явному вигляді. Це забезпечується включенням в структуру даних інформації про суміжності, з'єднання вузлів, дуг і полігонів. В процесі побудови топології автоматично обчислюються площі полігонів і довжин ліній, які заносяться в таблиці атрибутів. При створенні атрибутивних таблиць об'єктів (ліній і полігонів) користувач задає кожному з них унікальні ідентифікатори. Далі проводиться додаткова

перевірка замкнутості контурів і редагування об'єктів шляхом підсумовування числових значень з однаковими ідентифікаторами (смысловими кодами) Вона здійснюється після введення і побудови топології дані, конвертуються в обмінні формати того програмного середовища, в якій будуть формуватися картографічні бази даних. Для Arc/Info - GEN, для MapInfo - MIF / MID, або інші широко поширені DXF, DBF.

3.7. Географічна прив'язка даних.

Наступний важливий крок при створенні ГІС – виконання операції географічної прив'язки різних за масштабом, точністю і проекцією картографічних документів або дистанційної інформації (якщо вона використовується) до єдиної топографічної основи. Ця процедура дозволяє в подальшому проводити порівняння покриттів, отриманих за різними джерелами, вимірювати довжини, периметри, площі. На сьогоднішній день створення спеціалізованих ГІС для лісового господарства ускладнюється тим, що часто графічні дані лісовпорядкування точно не відповідають заданим вимогам. ГІС-прив'язка контурних схематичних карт лісгоспів, ортофотопланів, планів лісокористувань (квартальної мережі, виділів і т.д.) до топографічної основи – завдання складне і трудомістське, але реально здійсненне. Географічна прив'язка проводиться шляхом трансформування фрагментів планово-картографічних матеріалів лісовпорядкування по опорних точках і приведення їх до масштабу цифрової топографічної основи. При розробці ГІС-проектів існують два варіанти отримання цифрової топооснови. Перший – придбання цифрових топокарт в Укркартографії, Військово-топографічній службі ЗС України або в інших організаціях, що мають сертифікат на їх виробництво. Цей варіант кращий для створення ГІС регіонального рівня. Готові цифрові топокарти масштабу 1: 1 000 000 - 1: 200 000 існують на всю територію України і ціни на них прийнятні. Для прикладних ГІС розробок часто не потрібно придбання всіх листів картографічної основи, які пропонують централізовані постачальники, досить мати лише основні. Тому простіше створити топооснову за наявними паперовим копіям, ніж відбирати і редагувати придбані листи. Другий варіант отримання цифрової топооснови – самостійне її створення за допомогою відцифровки або сканування топографічних карт. Такий варіант прийнятний для створення ГІС локального рівня, коли потрібна прив'язка планшетів лісовпорядкування до топокарт великого масштабу. Топооснова великого масштабу 1:50 000 - 1:25 000 у централізованих постачальників не завжди є. Такий варіант підготовки одночасно з лісотаксаційними дешифруваннями аерофотознімків і залученням геодезичних вимірювань для планового обґрунтування топооснови використовується в технології створення картографічних баз даних в Укрлісопроекті. Стримуючим фактором при виборі такого варіанту залишається режим секретності, існуючий для великомасштабних топокарт, тому створення великомасштабних топокарт проводиться або сертифікованими центрами, які мають право на виробництво таких продуктів, або потребує відповідної

ліцензії. Для координатної прив'язки відомчих картографічних джерел до топооснови використовують різні математичні перетворення координат ідентичних опорних точок, обраних на різних джерелах. В результаті процедури трансформування, параметри прив'язки зберігаються разом з файлом покриття або всередині нього. Після прив'язки тематичних шарів до топооснови і прив'язки об'єктів по межах аркушів окремих карт, формується коректна цифрова картографічна основа для ведення моніторингу. Основоютворюючим принципом створення будь-якої ГІС є можливість суміщення картографічної та тематичної баз даних. Придатність реляційних баз даних полягає в тому, що принцип їх побудови простий, дані зібрані в таблиці. При необхідності можна стикувати рядки однієї таблиці з відповідними рядками іншої, використовуючи сполучний механізм, що називається реляційним з'єднанням. З'єднання відбувається на підставі порівняння значень колонок (полів) і знаходження спільної колонки (поля) в таблицях. Це може бути пов'язано з будь-якою кількістю таблиць. Наприклад, при створенні ГІС за матеріалами лісовпорядкування, суміщення картографічної і таксаційних баз даних можна зробити за двома загальними полями – унікальним номером кварталу і виділу. За таким принципом можна приєднати до картографічної бази даних і статистичну інформацію, дані наземних обстежень, іншу лісопатологічну інформацію. ГІС для лісопатологічного моніторингу, створена за матеріалами лісовпорядкування буде складатися з ряду суміщених тематичних шарів (покриттів): полігональні покриття, наприклад: квартали, лісотаксаційних або лісопатологічних виділів, адміністративно-господарських кордонів і т. д.; лінійні об'єкти, наприклад: річкова і дорожня мережа, мережа маршрутних ходів при веденні нагляду в осередках шкідників і хвороб лісу та ін.; точкові об'єкти – місця розташування пробних площ, пунктів спостережень і т.д. ГІС може також включати шари растрової інформації – космічні і аерознімки, окремі кадри або фрагменти зображень. Приклад поєднання в ГІС різноманітних джерел інформації в векторній і растровій формі подання наведено на рисунку 4. Етап суміщення картографічної та тематичної баз даних, по суті, завершує технічну сторону створення ГІС. Подальша організація введених даних безпосередньо пов'язана з використанням методів просторового аналізу в ГІС.

3.8. Аналітичні можливості ГІС.

У лісовому господарстві ГІС поки розглядають як набір апаратно-програмних засобів для автоматизованого створення планово-картографічних матеріалів лісовпорядкування в цифровій формі (електронних карт) і виготовлення паперових копій цих електронних картографічних документів. Формується уявлення, що ГІС для галузевих програм рівноцінна за призначенням і використанням системи автоматизованого складання планово-картографічних матеріалів лісовпорядкування. Найбільш важливі і привабливі для користувача аналітичні властивості ГІС, як правило, недооцінюються розробниками ГІС-проектів. Можливість швидкого переходу від обробки галузевої

статистичної та лісотаксаційної інформації до виконання операцій моделювання та просторового аналізу і є відмінною рисою ГІС. Набір програмних засобів для аналізу просторово прив'язаних даних про ліси – це новий інструмент, яким інформаційні технології наділяють галузевого користувача. Об'єктами моделювання служать просторові графічні об'єкти та об'єкти атрибутивної бази даних ГІС, які прив'язані до єдиної просторової основи. Геоінформаційне моделювання в загальному випадку включає наступні процедури, які реалізуються в ГІС у вигляді стандартних функцій: угруповання просторово прив'язаних даних – побудова тимчасових динамічних моделей шляхом об'єднання сукупностей об'єктів в більш великі об'єкти; буферизація – процедура побудови полігональних об'єктів навколо заданих ареалів, лінійних і точкових об'єктів і за певними параметрами буферизації; генералізація – процедура узагальнення графічних об'єктів їх зміни при зміні масштабу і отримання відповідних нових атрибутивних даних; комбінування – об'єднання або роз'єднання графічних об'єктів на основі відносин між ними, в тому числі процедури об'єднання або віднімання об'єктів, виділення з декількох об'єктів одного і ін.; геокодування – процедура координатної прив'язки даних однієї таблиці до даних іншої, позиційно певної таблиці; узагальнення даних – процедура створення атрибутів нових об'єктів на основі відносно атрибутів вихідних об'єктів. Особливе значення аналітичний інструмент ГІС набуває для супроводу прогнозу при організації і веденні лісопатологічного моніторингу, доповнення його просторової складової. Технологія довгострокових, короткострокових і поточних прогнозів для лісопатологічного моніторингу включає аналіз погодної ситуації, специфічних показників, що характеризують біологію і динаміку розвитку популяції і особливості формування і розвитку вогнищ шкідників, умов місцязростання. Обов'язки складання довгострокових, короткострокових і поточних прогнозів покладені на Укрлісозахист, а також його філії в обласних центрах. За допомогою ГІС можна доповнити емпіричні розрахунки просторовим поданням прогнозів або змодельовати ймовірну приуроченість і поширення осередків шкідників і хвороб. Прикладом такого довгострокового прогнозу може бути складання оціночно-прогнозової карти потенційних вогнищ шкідників на основі врахування кліматичних і лісорослинних особливостей регіону (рисунки 4, 5).

Спираючись на існуючі закономірності виникнення вогнищ ураження лісових насаджень при певних лісотаксаційних і ландшафтних умовах, знаючи особливості біології шкідника, можна виявити, проаналізувати, оцінити комплекс чинників, що обумовлюють зміни просторової структури лісових земель і використовувати виявлені тенденції при прогнозуванні динаміки розвитку вогнищ ураження лісових насаджень у часі. Дослідження комплексу чинників може бути успішним при використанні аналітичних можливостей ГІС. Математична формалізація (розробка алгоритму) закономірностей, виявлених за різними просторово-прив'язаним джерелами інформації, – неодмінна умова розробки

прогнозних моделей, а втілення цих закономірностей в картографічній формі – результат дослідження.

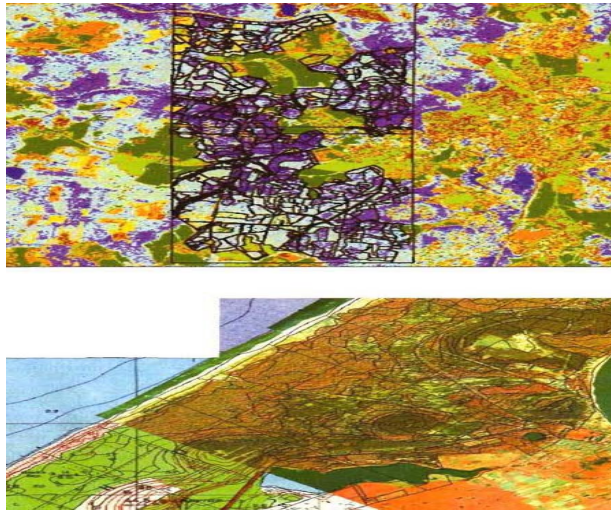


Рис. 4, 5. Поєднання ортофотопланів по різних координатних прив'язках з різними джерелами інформації (за матеріалами «Вінницялісозахист»):

- 1) планшетів лісовпорядкування, ортофотопланів і космічних знімків в процесі автоматизованого дешифрування;
- 2) топографічних карт, планшетів лісовпорядкування, аерофотознімків.

Таким чином, мета такого прогнозу полягає у виявленні і локалізації на основі стійких зв'язків між ландшафтними та лісотаксаційними характеристиками, від яких залежить динаміка чисельності шкідників, ділянок ймовірного виникнення вогнищ ураження. Пропоновані карти розраховані на довгостроковий прогноз, оскільки передбачається екстраполяція існуючого стану насаджень і прогнозованих тенденцій його зміни на майбутнє. Використання оціночно-прогнозних карт, створюваних в результаті аналізу і моделювання, доцільно як при організації ентомологічного моніторингу, так і в практичній діяльності центрів захисту лісу. Використання подібних карт на практиці дозволить: поліпшити планування лісопатологічного обстеження; здійснити проектування лісопатологічного моніторингу з оптимізацією просторового розташування постійних пунктів обліку. Пропоновані карти корисні для загального нагляду в зоні авіаційної охорони. Використання їх в якості польотних карт дозволить підвищити ефективність роботи льотчика-спостерігача при патрулюванні лісової території з повітря, заздалегідь прокласти маршрути для визначення місцезнаходження уражених ділянок лісу. При своєчасній актуалізації інформації про стан лісового фонду регіону за матеріалами дистанційних зйомок такі карти можна використовувати в якості патрульних, так як вони будуть повністю відповідати вимогам, що пред'являються інструктивними документами. При плануванні лісозахисних заходів на районному чи обласному рівнях застосування прогнозних карт полегшить вибір оптимальних варіантів лісозахисних заходів. Умовою успішного і коректного складання подібних карт є

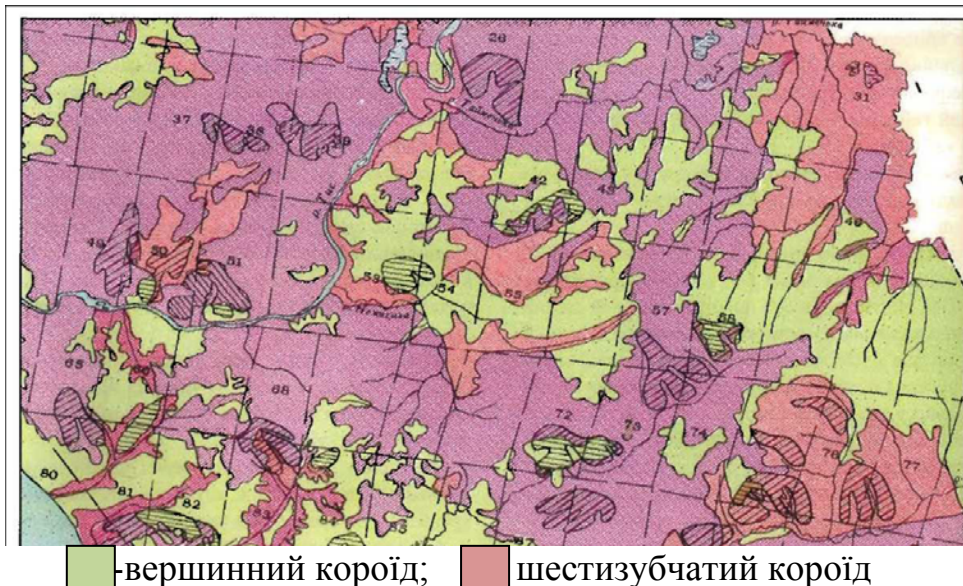


Рис. 6. Сопутниковий спектральний знімок потенційних вогнищ вершинного короїда та соснового пильшика в умовах ДП «Малинське лісове господарство» (за матеріалами «Вінницялісозахист»).

вивчення специфіки біології шкідника і визначення оптимальних екологічних умов для його розмноження (рисунок 6).

Для оцінки кормової бази шкідника використовують планово-картографічні матеріали лісовпорядкування (схеми лісгоспу та плани лісонасаджень) і матеріали дистанційних зйомок. Експозицію і крутизну схилів встановлюють шляхом аналізу топографічних карт в середовищі ГІС. Таким чином, джерелами вихідної інформації служать планово-картографічні матеріали лісовпорядкування; дистанційна інформація (космічні знімки з дозвільною здатністю на місцевості не гірше 10 - 15 м); топографічні карти; матеріали лісопатологічного обстеження минулих років. Послідовність створення карт така. За матеріалами лісовпорядкування все насадження ділять на ушкоджене і не ушкоджене шкідником. Далі, в межах виділів з насадженнями, які складають кормову базу шкідника, проводиться відбір ділянок з найбільш сприятливими мікрокліматичними умовами для його масового розмноження. Такі ділянки відбирають на основі оцінки комплексу показників рельєфу, крутизни нахилу, експозиції схилів і абсолютні висотні позначки. Аналіз цифрової моделі рельєфу, побудованої на основі топокарти, дозволяє відібрати ділянки з певними кутами нахилу і одночасно відкоригувати межі цих ділянок з урахуванням експозиції схилів. Операції побудови ізоліній, обчислення експозиції і кутів нахилу, затіненості схилів можуть бути реалізовані, наприклад, спеціальними програмними модулями Spatial, Analyst, Arc View 3.2. Таким чином, на топокарті формуються зони найбільш вірогідного виникнення вогнищ шкідника, відповідні сприятливим мікрокліматичним умовам. Шляхом накладення меж ареалу, виділеного з топокарт на план лісонасаджень стандартними засобами ГІС (операція оверлей) наносять межі насадження, складові кормової бази.

3.9. Етапи використання ГІС-технологій при організації і веденні лісопатологічного моніторингу.

Організація лісопатологічного моніторингу включає виконання декількох етапів, які потребують ГІС-підтримки. В ході підготовчих робіт визначають об'єкти ЛПМ. Для цього збирають і узагальнюють відомчі лісотаксаційні і планово-картографічні матеріали, архівні дані про лісопатологічну ситуацію для обстежуваної території, карти лісо-рослинних умов, лісогосподарського та лісопатологічного районування, дані обліку лісового фонду. Велика частина цих інформаційних джерел існує на паперових носіях та в текстовій і в табличній формі. За допомогою інструментарію ГІС, створеного за методикою, викладеною вище, експерт в ході підготовчих робіт аналізує інформаційні джерела. Результатом експертного аналізу можуть бути: цифрові карти потенційних вогнищ ентомошкідників і хвороб на обстежуваній території, які можна використовувати для рекогносцирувального і детального видів нагляду за найважливішими об'єктами ЛПМ; цифрові карти лісозахисних заходів минулих років; цифрові карти з відібраними за спеціальним запитом і виведеними на екран або принтер виділами, кварталами або ділянками лісового масиву лісгоспу, де буде спланована мережа постійних пунктів обліку. В процесі проектування ЛПМ, проводиться експертний аналіз суміщених в середовищі ГІС планово-картографічних матеріалів лісовпорядкування, карт дорожньої мережі, топографічних карт тощо. Мережа маршрутів і пробних площ за заданими умовами доступності можуть бути нанесені і виведені на цифрові карти. В окремих таблицях тематичної бази даних за спеціальним запитом можуть бути виведені координати постійних пунктів обліку. Мережа ППО може бути поєднана з будь-якою, що міститься в базі даних інформацією. Після проведення ЛПМ, на етапі узагальнення результатів, з використанням ГІС можуть бути створені такі картографічні, текстові і табличні документи: фактичні дані, отримані при веденні нагляду, лісопатологічні обстеження, інвентаризація осередків з характеристикою стану та чисельності популяцій; узагальнені в табличній і текстовій формі матеріали ЛПМ, що характеризують найважливіші види патології лісу, показники стану популяцій, що застосовуються лісозахисні заходи; інтегровані оціночні карти впливу окремих видів шкідників і хвороб на динаміку лісів на спостережуваних лісових територіях по урочищам, лісовим масивам, лісництвам, лісгоспам і по регіону в цілому; карти лісопатологічного стану лісів з генералізованими даними нагляду, отриманими за результатами моніторингу, для включення в огляди лісопатологічного стану лісів по лісгоспам і регіонах; прогнозні карти розвитку лісопатологічної ситуації з оцінкою потенційної екологічної та економічної шкоди; карти лісозахисних заходів, які призначають за результатами моніторингу на території обстежень, по лісгоспам і система таких заходів для регіону в цілому. Картографічні документи формуються в електронному вигляді в заданому масштабі, можуть бути візуалізовані і виведені у вигляді паперових копій на принтері або плоттері. На етапі прийняття рішень єдина база даних може

бути використана для оцінки економічної доцільності запланованих заходів з урахуванням просторового розташування пошкоджених ділянок лісу і їх доступності. Важливим моментом може виявитися аналіз просторового розташування загиблених деревостанів, що впливають на формування екологічної ситуації в регіоні. Відповідно нормативних вимог до галузевої звітності, карти доповнюються текстовою та табличною інформацією, яку формують за тематичним базами даних.

3.10. Нормативно-правові питання.

Прикладні ГІС в лісовому господарстві не можуть успішно розвиватися без співпраці з профільними підприємствами, в першу чергу Укркартографії. Згідно з чинним законодавством України, Укркартографія регулює розвиток ринку геоінформатики, розробляє нормативно-правові документи та здійснює контроль за їх виконанням, координує питання стандартизації. З цим відомством узгоджують умови передачі геоданих, поставки топооснови та іншої інформації. Ринок цифрових карт в нашій країні знаходиться на ранній стадії формування. Основний виробник цифрових карт – підприємства Укркартографії. Вироблена ними продукція випускається у відповідності зі специфікацією в форматі F1M, спеціальному міжнародному форматі для зберігання топографічних карт. Особливість цього формату полягає в тому, що він не підтримує топологію, тому без доопрацювання в проектах, які передбачають вирішення просторових задач, використовувати дані неможливо. Крім того, для використання топокарт в форматі F1M, потрібно конвертування в ті формати, котрі поширені і підтримуються безпосередньо комерційними ГІС-пакетами. В даний час цифрова картографічна продукція виробляється в ряді організацій, в тому числі комерційних. Незалежні постачальники цифрової просторової інформації поширюють її в форматах, популярних для ГІС. Необхідно відзначити, що на українському ринку геоінформаційних технологій та послуг понад 100 комерційних організацій пропонують технічні засоби, програмне забезпечення, ГІС-пакети, а також розробку ГІС-проектів. Більше половини розробників ГІС-проектів, за відомостями ГІС-асоціації, зазвичай купує цифрові топокарти. Найчастіше покупець, купуючи їх в Укркартографії, по суті отримує формальне право володіння топоосновами, а потім повністю її переробляє. Якість топографічної основи і контроль за ним, сертифікація послуг організацій постачальників цієї продукції – необхідна умова для успішного здійснення будь-яких ГІС-проектів. Вітчизняна картографічна інформація значно відрізняється від аналогічної закордонної в частині проекцій і систем координат. Однак багато сучасних комерційних програмних засобів підтримують поширені в нашій країні проекції. У галузі стандартизації обміну просторовими даними в Україні прийнятий один державний стандарт. У ньому встановлюються вимоги до побудови системи класифікацій і кодування, правил цифрового опису і форматів обміну просторовими даними, а також системи умовних знаків цифрових карт. Фактичною областю застосування ДСТ є цифрові топографічні карти. На

відміну від вітчизняного, зарубіжні стандарти сприяють вирішенню проблеми файлового обміну, описів структур даних, обміну даними. Доопрацювання ДСТУ триває Військово-топографічною службою МО України, оскільки критичні зауваження від користувачів, незважаючи на прийняття стандарту в 1995 р, все ще надходять. Цифрові карти, які виробляються підприємствами Укркартографії і підвідомчими їй ГІС-центрами, можна придбати за розумною ціною. Зараз існують цифрові карти і банки даних топокарт на всю територію України в масштабах 1:4000 000; 1:1 000 000; 1:200 000. Карти цих масштабів продаються споживачам без обмежень. Детальність цифрових топокарт така ж, як і першоджерел на паперових носіях. Так, наприклад, цифрові карти в масштабі 1:200 000 містять такі групи елементів і об'єкти місцевості: математичні елементи і елементи планової і висотної основи; рельєф; дорожню мережу; гідрографію і гідротехнічні споруди; населені пункти та промислові об'єкти; рослинний покрив і ґрунти; межі адміністративних утворень і об'єктів. Цифрові топографічні карти крупнішого масштабу, які виробляють підприємства військово-топографічної служби, мають обмеження по режиму використання та секретності. Розробники та користувачі ГІС постійно ставлять питання про зниження режиму секретності топографо-геодезичних і картографічних матеріалів, оскільки ця обставина не дає нормально розвиватися як Укркартографії, так і іншим відомствам. З цієї причини істотно обмежені можливості виробництва детальної інформації про місцевість організаціями, незалежними від Укркартографії, і її продажу широкому колу користувачів. Заявлена стратегія Укркартографії полягатиме в тому, щоб виробити таку схему секретності матеріалів, яка без шкоди інтересам національної безпеки дозволила б розвивати ринок геоінформаційних послуг. Приступаючи до розробки та впровадження ГІС в лісозахисті, слід звернути увагу на те, що цей вид діяльності підлягає ліцензуванню. Здійснення ліцензування також покладається на Укркартографію. На виконання закону "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" це відомство готує нормативно-правові акти, дотримання яких вимагає від розробників, і має право контролювати роботи по створенню і експлуатації ГІС. Зокрема, "Положення про ліцензування геодезичної і картографічної діяльності", передбачає ліцензування робіт по створенню ГІС. Крім того, заплановані роботи по створенню ГІС до початку виробництва повинні бути зареєстровані. Організації-виконавці повинні отримати в інспекціях держгеонагляду "Свідоцтво про реєстрацію робіт на створення геоінформаційних систем". При реєстрації в свідоцтво вносяться відомості про ліцензії Укркартографії на створення ГІС, відомості про використання картографічної основи (необхідно, щоб вона мала сертифікат відповідності), відомості про використовувані технічних і програмних засобів (передбачається, що вони теж повинні бути сертифікованими), відомості про ліцензування, атестати відповідності об'єктів інформатизації вимогам безпеки інформації та ін. Складності з оформленням ліцензії і обмеження доступу до цифрових просторових даних стримують розвиток

ринку геоінформатики в нашій країні. Згідно опитування ГІС-асоціації, гальмують практичне впровадження ГІС технологій дві основні причини:

- низька доступність цифрових просторових даних через надсекретність;
- нормативні та правові підходи до просторової інформації сформувались ще в традиційній пострадянській картографії та не зазнали змін при переході до цифрових технологій.

Сьогодні очевидна надмірність вимог щодо складу об'єктів, необхідний перегляд поняття масштабу карт і планів, оскільки для цифрових просторових даних існують тільки два ключових поняття: склад об'єктів і точність вимірювань. Відсутня і система поширення відкритих просторових даних. У зв'язку з цим дуже важко з'ясувати де, за якою вартістю, якої якості і в яких форматах можна придбати цифрові карти. Крім цього, спостерігається відсутність правової регламентації використання ГІС і цифрових карт. Це означає, що основна маса управлінського апарату не зобов'язана за існуючим нормативним законодавством створювати і використовувати в своїй роботі ГІС і цифрові карти, тому підтримка ГІС-проектів як і раніше лягає на плечі лісівників-ентузіастів.

3.11. Навчання персоналу.

Створення ГІС, підтримання її працездатності, формування звітної документації вимагає різних професійних навичок і рівня підготовки виконавців. Прийнято вважати, що група фахівців, що розробляють і використовують ГІС, повинна складатися з кількох людей. Користувачі систем і карт – в нашому випадку це фахівці-лісопатологи, що мають професійні знання для застосування карт в галузі лісозахисту і початкові навички користувача ГІС. Укладач карт – фахівець-картограф, який створює карти за різними джерелами інформації, використовуючи поширену структуру картографічної бази даних, додає інші дані для створення спеціальних карт. Оператор бази даних вводить географічні дані, використовує різні способи редагування, перетворення і вилучення інформації з бази даних. Адміністратор баз даних керує базою даних ГІС та забезпечує безперебійну роботу ГІС. Проектувальник баз даних будує логічні моделі і фізично реалізовує проекти баз даних. Розробник ГІС налаштовує програмне забезпечення ГІС для обслуговування конкретних потреб користувачів. Обов'язковою умовою успішної роботи з програмними забезпеченням ГІС при організації і веденні лісопатологічного моніторингу є спеціальна підготовка і навчання виконавців, фахівців лісового господарства, які не мають спеціальних знань і досвіду створення ГІС. Перед початком або під час розробки прикладних ГІС будь-якого рівня необхідно виконати ряд умов:

1. Провести курси обов'язкового навчання фахівців лісозахисту, які будуть залучені в роботи по лісопатологічному моніторингу з використанням ГІС; включити в програму навчання користувачів початкового рівня, в тому числі роботу в ОС Windows 10 і Інтернет.

2. Проводити навчання ГІС-користувачів різних рівнів лише в сертифікованих центрах (як правило, постачальники комерційного програмного забезпечення пропонують такі послуги) або запрошувати для навчання викладачів, що мають відповідний сертифікат.

3. Підбирати навчальні програми з урахуванням рівня комп'ютерної грамотності кінцевого користувача. Спеціальні навчальні програми в сертифікованих комерційних центрах орієнтовані на слухачів різних рівнів підготовки. Вони проводять курс навчання ГІС-користувачів, створення спеціальних ГІС-додатків; курс навчання програмуванню в середовищі ГІС з використанням спеціальних вбудованих мов тощо.

4. Використовувати українофіковані програмні засоби при створенні ГІС. Розробити або адаптувати докладні керівництва для освоєння програмного забезпечення, зрозумілі користувачу початкового рівня.

5. Щоб в подальшому не витратити кошти на супровід і усунення "випадкових" збоїв, слід віддати перевагу якісним, добре налагодженим програмним комплексам для розробки ГІС-проектів, що пройшли експертизу.

6. Навчитися працювати в мережі Інтернет, щоб оперативно отримувати технічну підтримку і допомогу через канали зв'язку від постачальників програмного забезпечення.

7. Для кращого розуміння можливостей ГІС користувачами початкового рівня і освоєння програмного забезпечення необхідно використовувати при навчанні наявні в ГІС-пакетах імітаційні ігри з сюжетами з лісогосподарської практики.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО СТАНУ НАСАДЖЕНЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЗЙОМОК

Дистанційна оцінка лісопатологічного стану лісів – найменш розроблений розділ лісового дешифрування. Це пов'язано з нестійким проявом і діагностикою на матеріалах аерокосмічних зйомок ознак дешифрування дерев і насаджень різного ступеня ослаблення і всихання. **Лісовим дешифруванням матеріалів аерокосмічних знімків називається** процес впізнання зображених на них лісових об'єктів і встановлення їх кількісних і якісних характеристик. Лісове дешифрування може бути візуальним (окомірним, аналітичним), вимірювальним, автоматичним (машинним), а також комплексним – аналітико-вимірювальним або автоматизованим (інтерактивним). При візуальному дешифруванні досліджувані об'єкти характеризують на основі ознак дешифрування його зображення на аерофото або космічному знімку (на паперовому носії або екрані комп'ютера) неозброєним оком або за допомогою збільшувальних або стереоскопічних приладів. Іншими словами, інформація з аерокосмічного зображення зчитується і аналізується за допомогою зорового і логічного апаратів дешифровщика. Тому цей вид дешифрування називається також аналітичним, і його успішність залежить від ступеня підготовленості і досвіду дешифровщиків. При вимірювальному дешифруванні всі або деякі параметри і характеристики дешифруємих об'єктів вимірюють на знімках за допомогою механічних, оптико-механічних, оптико-електронних та інших вимірювальних інструментів, приладів, пристроїв і систем. При аналітико-вимірювальному дешифруванні поєднується візуально-логічний аналіз зображення з вимірюванням різних параметрів дешифруємих об'єктів. Автоматичне дешифрування базується на розпізнаванні по спектральним і морфометричним характеристикам дешифруємих об'єктів, їх кількісних і якісних показників. В цьому випадку процес дешифрування виконується за допомогою технічних засобів обробки зображень. Роль людини полягає в створенні системи, визначенні конкретного завдання і обробки знятої інформації за допомогою відповідних програм, а також підтримці нормального функціонування системи. Автоматизоване (інтерактивне) дешифрування поєднує в собі елементи аналітико-вимірювального, виконуваного дешифровщиком-оператором по зображенню на екрані комп'ютера, з автоматичним дешифруванням. В цьому випадку зібрану інформацію аналізують і обробляють за допомогою технічних засобів обробки зображень за активної участі оператора-дешифрувальника. Залежно від місця, проведення дешифрування може бути польовим, камеральним (лабораторним), аеровізуальні або комбінованим. Польове дешифрування проводять безпосередньо на місцевості шляхом зіставлення зображення на аеро- або космічних знімках з натурою. Метод польового дешифрування є найбільш простим і точним, але вимагає великих витрат часу і праці. Камеральне дешифрування проводять в лабораторних умовах, при цьому скорочуються витрати праці інженерно-технічного

персоналу і робітників, відбувається прискорення робіт і значне зниження їх вартості. Камеральне дешифрування завжди виконують із залученням додаткових картографічних, нормативно-довідкових та інших фондових матеріалів. Аеровізуальне дешифрування проводять шляхом зіставлення зображень ідентифікованих об'єктів на аеро- або космічних знімках з місцевістю при польотах на літаках або вертольотах. Аналіз інформативності знімальних матеріалів показує, що їх практичне застосування можливе, як правило, на основі раціонального поєднання методів наземних і дистанційних спостережень.

4.1. Класифікація уражень лісу для проведення лісопатологічного дешифрування матеріалів дистанційних зйомок.

Дистанційними методами неможливо безпосередньо виявити наявність шкідників і хвороб в насадженні. Однак їх присутність з великою часткою ймовірності визначається опосередковано, через пошкодження ними лісового полог. При наземному лісопатологічному обстеженні використовується шкала, відповідно до якої на основі зовнішніх ознак розрізняють 6 категорій санітарного стану дерев. В склад цих ознак входить: характеристика густоти крон дерев і стан приросту, ступінь пошкодження хвої або листя (обгризи, опіки), всихання хвої (листя) або гілок, наявність суховершності або сухокронності, зміна кольору хвої або листя і т.п. При лісопатологічному дешифруванні матеріалів зйомок для зручності використання ця шкала представлена у вигляді класифікації, в якій враховано ступінь вираженості лісових пошкоджень на матеріалах зйомок різної чутливої здатності. Відомо, що однакові типи лісових уражень можуть виникати під впливом різних факторів середовища (біотичних, абіотичних, антропічних), і навпаки – вплив на ліс одного і того ж фактора середовища може сприяти появі різних типів лісових пошкоджень. Зазвичай розрізняють 2 види ознак лісових ушкоджень: морфологічні та фізіологічні. Морфологічні ознаки пов'язані зі змінами в будові форми крон і стовбурів дерев. Прояв фізіологічних ознак зовні помітно по зміні колірного забарвлення асиміляційних пагонів дерев. Зміна нормального ходу кривих спектральної яскравості хвої (листя) дерев при відсутності ознак їх дехромації може бути ознакою ранньої стадії лісових уражень. Наведемо перелік найбільш поширених та ймовірних факторів, що викликають кожен вид ураження.

1. Пошкодження типу А об'єднують хвойні та листяні дерева свіжого і старого сухостою. Залежно від ступеня морфологічних змін крон виділено 2 групи необоротно пошкоджених дерев: сухостій без сучків і гілок і сухостій з сучками і гілками. Сухостій зустрічається в запоні у вигляді окремих дерев (куртин) або утворює загиблі насадження. На аерофотознімки великого масштабу дерева старого сухостою мають вигляд штрихів, тіні від них – вид різких чорних ліній. Тіні від сухостійних з прорідженою кроною дерев не щільні, як від крон здорових дерев, і мають неявно окреслені контури. Куртини і загиблі насадження у вигляді сухостою явно виділяються по світлим тонам крон, наявності різних за

величиною і неправильних за формою провалів в проекції положу насаджень, прозорості в стереоскоп земної поверхні, іноді помітного хмизу, особливо на аерофотознімки великого масштабу. Для загинув на великих площах насаджень характерна різка зміна кольору (тону) зображення, ці ділянки розпізнаються на аерокосмічних знімках дрібного масштабу.

2. Пошкодження типу В пов'язані з частковими змінами в будові крон і стовбурів у дерев хвойних і листяних порід. Залежно від того, яка частина крони дерева порушена пошкодженням, виділяють 2 групи: одна – суховершні і сухокронні дерева, інша – дерева з пошкодженням частини стовбура і окремих гілок в кронах, а також з відсутністю хвої поточного року або минулих років. Поява ушкоджень подібного типу зазвичай супроводжується появою колірних відтінків і деформацією форм крон дерев. Характер і кількість пошкоджених дерев в лісовому масиві визначають детальністю рекомендованих до використання матеріалів зйомок. Суховершності крони є ознакою сильно ослаблених або всихаючих дерев. У хвойних порід цей вид ушкоджень викликають, перш за все, коренева губка, рак-сірянка, ступінчастий рак, гриби-патогени, низові пожежі, полютанти, пилілишки, деякі види шовкопрядів, стовбурові шкідники. Відмирання крон листяних порід відбувається, як правило, в результаті ураження дерев голландською хворобою, чорним раком, гниллю стовбурів, а також при пошкодженні шовкопрядом, златогузкою, стовбуровими шкідниками. В іншій групі виділено 2 різновиди, пов'язані зі значним (до $2/3$ і більше) пошкодженням крон (сильно ослаблені і всихаючі дерева) і незначним (до $1/3$) пошкодженням крон (ослаблені дерева). При значному пошкодженні крон хвойних порід виділяють сильно ослаблені або всихаючі дерева. У числі основних причин, що викликають такий характер пошкоджень – сильне об'їдання хвої комахами-шкідниками (пиліщик, совка, п'ядун, молоді жуки), фізіологічні ознаки пошкодження насаджень, загибель лісових насаджень від грибних і ракових захворювань, механічних пошкоджень крон, в тому числі стихійними лихами-бурелом, сніголамом, ожеледдю. У листяних порід значні пошкодження крон викликають перш за все механічні пошкодження (сніголам, ожеледь, бурелом) і супутні їм гнилі стовбурів і гілок. При незначному пошкодженні хвойних (відсутність хвої поточного року) і листяних порід їх відносять до ослаблених дерев. Основними причинами таких ушкоджень можуть бути хвое- або листогризучі комахи, а також ґрунтова посуха. Більш різноманітні причини викликають у хвойних порід відсутність хвої минулих років. Виявлення такого виду лісових пошкоджень дозволяє відносити хвойні дерева до групи сильно ослаблених. До числа найімовірніших причин, що сприяють опаді або відсутності хвої минулих років, відносять грибні хвороби, об'їдання крон шовкопрядом і пилілищиком, вплив на ліс пропромислових викидів, а також нестача харчування і вплив посухи.

3. Для правильного дешифрування пошкоджень типу С який об'єднує дерева і насадження з зовні помітними відмінностями в кольорі пошкодженої і здорової хвої і листя, необхідне знання спектральної

відбивної здатності деревних рослин з різними ушкодженнями. Сучасна методика передбачає збір рослинних зразків (хвоя різних років, охоєння пагонів або гілок, листя і облистяні пагони) для подальшого їх оперативного спектрометрування в польових або лабораторних умовах. Ці ж зразки часто використовують для проведення пігментного аналізу, вивчення анатомічної будови клітин та ін. Існують рекомендації з організації відбору зразків, які включають вказівки по часу і місцях відбору зразків в кронах, а також визначення необхідного числа, стану і розміщення облікових дерев в залежності від їх віку, топографії місцевості і т.п. Зі збільшенням віку хвої, а також під впливом негативних факторів середовища в клітинних тканинах асиміляційних пагонів відбуваються біохімічні реакції, симптомами яких служать порушення клітинної структури мезофіла, супроводжувані змінами відбивної здатності і ходу спектральних кривих яскравості (СКЯ) хвої (листя), пагонів, гілок, крон або пологів насаджень. На спектральному відображенні в межах 400 - 700 нм переважний вплив надають листові пігменти (зелений – хлорофіл і жовті – каротин і ксантофіл). Мінімум поглинання радіації для всіх пігментів лежить, як відомо, в зоні зелених променів (520 - 600 нм), ця частина спектра часто позначається як "зелений пік". Поглинання пігментами світлової енергії відбувається, в основному, за рахунок радіації, що надходить у видимій частині спектру. Найбільш явно поглинання хлорофілу проявляється в червоній зоні спектру (600 - 700 нм), тут крива відбивної здатності здорових рослин сильно увігнута, цю частину спектра іноді називають "хлорофіловою ямою". Це явище пов'язане з тим, що до складу молекули хлорофілу входить магній, лінія поглинання якого розташована в червоній ділянці спектра. При старінні хлорофілу або стресовому стані деревних рослин відбувається руйнування хлорофілу, рослини набувають жовте забарвлення, відповідно до спектра поглинання каротиноїдів і ксантофілів. Сильне відображення світла відбувається в ближній інфрачервоній зоні спектра (приблизно в проміжку 750 - 800 нм). Тут вигляд кривої часто набуває плавний і злегка пологий характер (так зване ІК-плато). Вважається, що відображення випромінювання в цій зоні спектра пов'язано зі структурою і станом клітин хвої (листя), тобто падаюча радіація незначно поглинається пігментами і водою, а інтенсивність його відображення залежить від довжини оптичного шляху і багатократності заломлення в мезофільних тканинах. Наприклад, губчаста паренхіма листяних порід дерев з наявністю великих повітряних міжклітинних порожнин і оболонки клітин забезпечує меншу довжину оптичного шляху відображення радіації, ніж складчаста паренхіма хвойних порід. Іншими словами, інтенсивність відбиття радіації листяними породами вища, ніж хвойними. Аналогічно змінюється інтенсивність відбитого випромінювання у здорових дерев і дерев різного ступеня ослаблення і всихання. Перехід від хлорофілової ями до ІК-плато (приблизно на ділянці кривої 680 - 720 нм) характеризується різким підйомом кривої спектрального відображення, цю частину спектра іноді називають "червоний край". Для ушкоджень типу С характерні фізіологічні

ознаки, які пов'язані з зовні помітними відмінностями в кольорі пошкодженої і здорової хвої або листя деревних рослин. Залежно від кольору пошкоджених вегетуючих органів виділяють дерева і насадження з жовтої, блідо-зеленої, червоно-бурої або бурої хвої (листя). Пожовтіння листя або хвої поточного року може зачіпати незначну частину крони (до 1/3) у ослаблених дерев або значну частину крони (більш 2/3) у сильно ослаблених і всихаючих дерев. Цей тип пошкодження у листяних порід пов'язаний з впливом грибкових захворювань, посухи, голландської хвороби, низових і підземних пожеж, промислових викидів (наприклад, двоокису сірки) або з недостатністю харчування. Причинами появи у ослаблених хвойних дерев жовтої або блідо-зеленої хвої можуть бути судинні захворювання, гнилі стовбурів, посуха, а також вплив комах: п'ядунів, совок, пильщиків, вусачів (молоді жуки). Більш інтенсивний вплив перерахованих факторів, а також стовбурових шкідників або кореневої губки призводить до переходу хвойних дерев в категорію сильно ослаблених або усихаючих. Червоно-буре або буре листя з'являється у листяних порід під впливом попелиці, голландської хвороби, посухи, диких тварин. Червоно-бурий або бурий колір може бути у хвої поточного року або у хвої минулих років (хвоя поточного року при цьому залишається зеленою). Найбільш численна перша група лісових уражень. При відсутності хвої минулих років і побурінні хвої поточного року дерева можна впевнено відносити до категорії усихаючих і свіжого сухостою, причинами чого часто є коренева губка, гриб-опеньок, промислові викиди. Аналогічно до всихаючих дерев і свіжого сухостою слід відносити хвойні дерева, у яких бурий колір хвої минулих років а також поточного року року може бути пов'язаний з градобоем, наслідками суворих зим, низових або підземних пожеж, тривалого затоплення, впливом промислових викидів, живленням молодих жуків-вусанів, розвитком кореневої губки. При наявності червоно-бурого або бурого забарвлення хвої поточного року і нормальної хвої минулих років можна припускати вплив морозів або листокрутки, а дерева відносять до категорії ослаблених. При розташуванні червоно-бурої або бурої хвої поточного року на вершині дерев їх відносять до категорії ослаблених, а основними причинами, що викликають цей вид ушкоджень, вважають вплив пагонов'юна, раку-серянки. Поява червоно-бурого або бурого кольору у хвої минулих років і збереження зеленої хвої поточного року може бути пов'язане з впливом пильщиків, шовкопряда-монашки, стовбурових і корневих гнилей, а також з періодичним сезонним скиданням старої хвої. Для реєстрації зміни кольору хвої або листя в лісовому масиві використовується зйомка на кольорову і спектрально-фотоплівку або багатоспектральна сканерна зйомка з літаків та космічних апаратів.

4. Пошкодження типу D об'єднують хвойні та листяні дерева, патологічні зміни яких ще не мають зовні помітних відмінностей, тому сучасний етап вивчення пошкоджень цього типу пов'язаний переважно з оцінкою на основі різноманітних показників морфології кривих спектральних коефіцієнтів яскравості, отриманих також при дистанційному

зондуванні. Співвідношення різних спектральних характеристик, що характеризують особливості відбивної здатності хвої або листя різних древних порід і вмісту в них хлорофілу, можуть бути індикатором ранніх стадій погіршення стану дерев. В цьому випадку використовуються характерні ділянки спектру, в яких зелена рослинність має різну відбивну здатність. Одна з ділянок (зелений пік), розташований в зоні найбільшого відображення у видимій зоні спектра, інший (хлорофілова яма) – в зоні найбільшого поглинання світла хлорофілом, третій (червоний край) – на ділянці переходу від видимої до інфрачервоної зони спектру. Крім того, використовуються похідні ознаки, які враховують особливості морфології в різних ділянках спектру. Найбільш характерним є виникнення ефекту "блакитного зсуву", тобто симптоматичного зсуву схилю червоного краю спектру в сторону короткохвильової частини спектра через негативний вплив на деревну рослинність факторів середовища. Технічне рішення при виявленні пошкоджень типу D пов'язано з появою спектрометрів, що володіють високою спектральною чутливістю. Прикладом може бути відчизняний акустооптичний спектрометр "Кварц 4". Реалізований в приладі принцип розкладання випромінювання в спектр полягає в зміщенні оптичних променів з різними довжинами хвиль фазової гами, сформованої в кристалі кварцу під впливом ультразвукової хвилі, що забезпечує спектральну межу від 0,3 – 0,8 нм в діапазоні довжин хвиль 415 - 850 нм. При дистанційному зондуванні бажано отримувати інформацію про стан лісової рослинності одночасно в 30 вузьких зонах спектру, тобто зі спектральним наближенням не нижче 25 нм. Технічна реалізація цієї умови можлива шляхом створення і застосування відеоспектрометрів.

4.2. Формування ознак дешифрування.

Наведена класифікація лісових уражень необхідна при виборі матеріалів дистанційного зондування, а також при виявленні і подальшому визначенні по ним ступеня пошкодження або всихання дерев і насаджень. Розпізнавання за матеріалами зйомок, отриманих в оптичному діапазоні електромагнітного спектра лісових уражень і визначення категорій санітарного стану дерев і насаджень проводиться на основі ознак дешифрування, які формуються в залежності від розмірів лісопатологічного обстеження об'єктів і спектральних властивостей відбитої від крон дерев або лісового пологую сонячної радіації. Найбільш інформативними є прямі ознаки, до яких відноситься тон (колір) зображення, і ознаки, що характеризують зовнішній вигляд об'єктів дешифрування, – форму, розміри, тіні, малюнок (структуру та текстуру) зображення. Використовуються також непрямі ознаки дешифрування, з допомогою яких за одними добре розпізнаваними ознаками на матеріалах зйомок об'єктів, можна впізнати і дати характеристику інших, погано або зовсім не розпізнаваних об'єктів.

При різних видах лісового дешифрування потрібно знати, які мінімальні об'єкти можуть бути виявлені і розпізнані на матеріалах зйомок того чи іншого масштабу. Згрупувавши раніше перераховані типи лісових

уражень на основі розмірів структурних деталей, можна провести вибір виду і масштабу матеріалів дистанційних зйомок, які забезпечують розпізнавання найбільш характерних об'єктів лісопатологічного дешифрування (табл. 3).

Таблица 3

Типові розміри об'єктів лісопатологічного дешифрування

Об'єкти дешифрування	Розпізнавані структурні деталі зображень	Мінімальні розміри об'єктів на місцевості	Необхідні матеріали зйомок
Незначні ураження (до 1/3 крони) окремих дерев (ослаблені дерева) і куртини	гілки	0,1 - 0,3 м	Надкрупномаштабні (крупніші 1:1000) і крупномаштабні аерофотознімки масштабу 1:1000-1:3000
Значні ураження (до 2/3 крони і більше) окремих дерев (сильно ослаблені, всихаючі та всохлі дерева) і куртини	гілки крони	0,3 – 0,5 м 2-4 м	Крупномаштабні аерофотознімки: масштаб 1:3000 - 1:5000; масштаб 1:5000 - 1:7000 (конверсійні знімки)
Насадження різного ступеня ураження: слабе та середньосильне (суцільне)	крони, біогрупи куртини виділ	5 - 10 м >0,25 га >10га	Середньомаштабні аерофотознімки: масштаб 1:10 000 (конверсійні знімки); масштаб 1:10 000 - 1:15 000 Космічні знімки з чіткістю 10-40 м
Нагромадження відмерлих лісових дерев незалежно від походження: в захисних лісах в експлуатаційних (резервних) лісах	виділ виділ	3 - 15 га >10 га	Середньомаштабні аерофотознімки: масштаб 1:10 000 - 1:15 000 (конверсійні знімки) Космічні знімки з чіткістю 10-40 м

Для виявлення незначних лісових ушкоджень, а також визначення числа ослаблених дерев з використанням аерофотознімків доводиться користуватися надкрупномаштабними матеріалами аерофотозйомки (масштаб 1: 1000 і крупніше), на яких спостерігається пошкодження частини крон або окремих гілок в кронах дерев. При значному пошкодженні крон дерев (до 2/3 і більше) масштаб великомаштабних аерофотознімків зменшується до 1:5000 - 1:7000. Просторово виражені ділянки пошкодженого лісу або загиблі насадження дозволяють використовувати середньомаштабні аерофотознімки (1:10 000 - 1:15 000), а також конверсійні космічні знімки (ККЗ) з високою роздільною здатністю

(1 - 2 м) і збільшені космічні знімки з роздільною здатністю 10 - 40 м. Системи ознак дешифрування розробляються, як правило, стосовно до конкретних лісових об'єктів і матеріалів зйомки, дешифрувальні можливості яких залежать від сезону проведення знімальних робіт, погодних умов, типу фотоплівки, фотопаперу та процесу їх фотохімічної обробки. Залежно від цих умов лісопатологічні об'єкти відображаються на матеріалах зйомки по-різному. На сучасному етапі все більшого поширення набуває автоматизований спосіб дешифрування, при якому не виключається експертна тематична інтерпретація результатів, отриманих при автоматичній класифікації матеріалів зйомок. У зв'язку з цим професійна підготовка експертів залишається актуальним завданням. Протягом якогось часу буде зберігатися необхідність підготовки лісопатолога-дешифрувальника на основі глибокого вивчення образотворюючих властивостей матеріалів зйомок, а також розробки дешифрувальних ознак лісопатологічних об'єктів, складених в описовій формі. У таблиці 4 наведено приклад ознак дешифрування соснових деревостанів різного стану, схильних до впливу промислових викидів. Ці ознаки спеціально розроблені для спектрозональних аерофотознімків (СН-6М) масштабу 1:10 000 - 1:12 000.

В якості ознак використаний колір і відсоткова участь пошкоджених дерев в складі деревостанів, різноманітність розмірів крон дерев, можливість стереоскопічного спостереження положу в глибину, особливості малюнка падаючих тіней. Ознаки, що визначають характер кордонів лісових виділів, дозволяють уточнювати їх конфігурацію за рахунок виділення пошкоджених і загиблих ділянок деревостанів.

Послідовність дешифрування матеріалів зйомок. Процес дешифрування матеріалів зйомок включає наступні етапи: прив'язку, виявлення об'єктів, їх впізнання, інтерпретацію і екстраполяцію.

Прив'язка знімків полягає у визначенні просторового (географічного) положення території, зображеної на знімках і здійснюється за допомогою географічних, топографічних або лісових тематичних карт. Орієнтирами і опорними точками для прив'язки служать місця взаємного перетину елементів гідрографічної мережі, доріг, трас, комунікацій, просік, а також населені пункти та інші надійно розпізнавальні об'єкти.

Виявлення об'єктів – виділення різних малюнків зображення, характерних для дешифруємих об'єктів або їх груп. Розпізнавання об'єктів, або їх ідентифікація, включає аналіз комплексу прямих ознак дешифрування: тони (кольори), форми малюнка (структури, текстури), розмірів зображення і елементів малюнка, що визначають візуально зображуваних об'єктів, а також непрямих ознак, що вказують на спряженість розпізнаваних об'єктів з іншими об'єктами або природними та антропогенними особливостями. Інтерпретація полягає у визначенні характеристик дешифрувальних об'єктів за прямими і непрямими ознаками в залежності від тематичної спрямованості дешифрування.

**Ознаки для дешифрування по спектрозональним аерофотознімкам
в масштабі 1:10 000 - 1:12 000 соснових насаджень, пошкоджених
промисловими викидами в атмосферу в умовах
ДП "Малинське лісове господарство"**

Стан насадження	Колір уражених дерев	Різниця в розмірі крон	Прозорість пологів насадження в глибину	Характер відбитих тіней	Ознаки, що визначають характер меж лісових ділянок
Здорові	Переважаючий колір сіро-зелений, крони синьо-зеленого відтінку до 5%	Різниця в розмірах крон не значна	Не проглядається	Тіні різкі, еліпсоподібні	Таксаційно-лісовпорядні відмінності
Ослаблені	Уражені крони синьо-зеленого, синього кольору, займають у складі насадження 20%, в середньому 8 - 10 %	Те саме	Зазвичай не проглядаються	Те саме	Те саме
Сильно ослаблені	Колір пологів насадження зеленувато – блакитний, до 40% вершин дерев мають синій відтінок	Помітні різниці в розмірах крон дерев	Проглядається на глибину до 1/2 - 2/3 довжини крони	Тіні від крон пошкоджених дерев не чіткі	Можуть бути виділені ділянки з різною кількістю уражених крон
Всихаючі	Колір пологів переважно блакитний з яскраво-синіми відтінками	Різниця в розмірі крон не значна	Прозорість глибока, місцями до поверхні землі	Помітно тіні від стовбурів і не чіткі тіні від крон	Чіткі межі між пошкодженими та непошкодженими насадженнями
Повністю загині насадження	Яскраво-синій колір загинілого насадження	Крони не помітні, штриховатий малюнок зображення	Прозорість до землі. Помітно підріст і підлісок	Тіні від стовбурів дерев прямі і тонкі	Межі ділянок загинілих насаджень прямі і чіткі

Екстраполяція – включає ідентифікацію аналогічних об'єктів на всій території, зображеної на одному знімку або декількох знімках, отриманих при одних і тих же атмосферно-оптичних умовах зйомки. При лісопатологічному дешифруванні іноді насправді можна розрізнити здорові і ослаблені дерева або насадження, а також відрізнити сильно ослаблені від ослаблених і усихаючих дерев або насаджень. Тому при інтерпретації може

бути запропонована схема, коли спочатку залучається свідомо надлишкове число ознак, з яких потім відбирають найбільш інформативні. Аналізують не тільки традиційні прямі ознаки, що характеризують особливості структури зображень, але і додаткові (ландшафтно-кліматичні, топографічні та інші параметри), які можуть підвищити результативність дешифрування матеріалів зйомок. При цьому часто виникає завдання спільного аналізу різнотипових кількісних, якісних і класифікаційних ознак.

Таким чином, процедура класифікації, ранжування і відбору ознак дешифрування складається з декількох етапів. На першому етапі виявлення інформативних ознак дешифрування проводиться на основі аналізу коефіцієнтів кореляції між ознаками. Окремі з ознак з високими значеннями парної кореляції на основі експертної оцінки лісопатології можуть бути виключені зі списку інформативних ознак як дублюючі один одного. На наступному етапі передбачається ранжування ознак по внесенню ними частки ймовірності в розпізнаванні категорії стану дерев або насаджень. На заключному етапі відбувається визначення оптимального набору ознак, які забезпечують задану точність виділення інформаційних класів.

У завдання експертів зазвичай входить оптимізація числа класів, які розпізнаються з прийнятною для практики точністю. Наприклад, при дешифруванні аерофотознімків СН-15 (масштаб 1: 4000 - 1: 5000) Поліського заповідника, процедура розпізнавання категорій стану понад 260 хвойних дерев (ялини, сосни і берези) була проведена в три етапи (рис. 7). На першому етапі здорові (I), ослаблені (II), сильно ослаблені (III) і всихають (IV) дерева, крім дерев поточного (V) і старого (VI) сухого насадження розпізнавалися з невисокою точністю. Для їх розпізнавання використовувався набір з дев'яти ознак дешифрування (колір, форма проєкцій крон, густота крон, цілісність крон та ін.). Правильність визначення класів стану значно зросла за рахунок підвищення ймовірності розпізнавання об'єднаної групи, до якої увійшли здорові і ослаблені дерева (79,5%). Сильно ослаблені і всихаючі дерева (III і IV категорії стану), які утворили другий клас стану, як і раніше розпізнавалися невпевнено (48,7%). Подальше об'єднання дерев проведено таким чином, що в перший клас стану увійшли сироростучі дерева I-III категорій стану, а в другій - дерева загиблої частини деревостану, тобто IV-VI категорій стану. Для остаточного розпізнавання двох класів стану дерев з допустимою для практики точністю (87,0 і 84,2%), потрібен був набір тільки з трьох ознак дешифрування: кольору зображення, цілісності і густоти крони.

4.3. Приклади оцінки лісопатологічного стану лісів Житомирської області з аерокосмічних знімків.

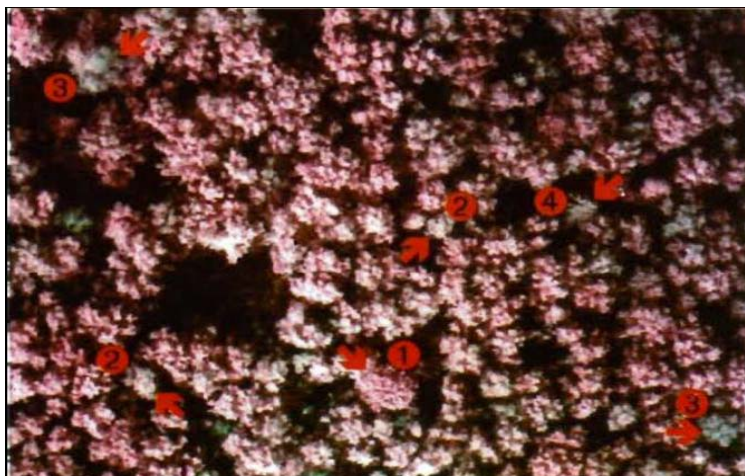
Перші вивчення по чорно-білим використанням аерофотознімків масштабу 1: 8 000 - 1:10 000 сухостійних насаджень і визначення їх ступеня всихання в 1926 р. проводив Г. Г. Самойлович. Особливості лісопатологічного дешифрування аерокосмічних знімків вивчали також С.

В. Белов, А. А. Кірільцева, А. С. Ісаєв, Ю. А. Прокудін, В. Я. Ряполов, В. В. Кісєльов, Ю. П. Кондаков, П. А. Кроп, В. М. Жірін, Р. Є. Ямбург, Л. А. Берснєва і інші дослідники.

Дешифрування ослаблених дерев по надкрупномасштабним аерофотознімкам. У лісах особливо охоронних територій іноді необхідно проводити оцінку лісопатологічного стану окремих дерев, які можуть бути пам'ятками природи або меморіальними об'єктами. Зовнішні ознаки ослаблення дерев II і III категорій стану, як було показано в класифікації лісових ушкоджень, пов'язані з всиханням окремих гілок або частини крон, їх суховершинності або зрідження. Для виявлення морфологічних змін, які зачіпають незначну частину крон дерев, були досліджені інформативні можливості спектрозональних аерофотознімків (з плівки СН-6М), отриманих в масштабах 1:350, 1:660, 1:830. У польовий період на аерофотознімках всіх трьох масштабів було упізнано і описано понад 300 здорових, ослаблених і сильно ослаблених дерев ялини, сосни, берези. При стереоскопічному аналізі визначені дешифрувальні ознаки, що характеризують стан ослаблених і сильно ослаблених дерев: наявність сухих гілок, порушенність форми крон, колір і колірна структура зображення крон, густоту і компактність крон. При перевірці результатів дешифрування в лісі встановлено, що ймовірність розпізнавання з використанням аерофотознімків масштабу 1:350 і 1:830 ослаблених і сильно ослаблених дерев сосни і берези досягає 0,76 – 0,98 (таблиця 5). Сильно ослаблені дерева ялини орієнтуються менш впевнено (0,60 - 0,64) і переплутуються з ослабленими деревами. Характерно, що з використанням аерофотознімків масштабу 1:660 розпізнавання ослаблених і сильно ослаблених дерев, особливо ялини, відбувається з меншою ймовірністю, ніж по знімках інших масштабів. Це пояснюється тим, що в міру зміни масштабу зйомки, набір ознак дешифрування ослаблених і сильно ослаблених дерев має тенденцію до перегруповання. Для знімків масштабу 1:350 більш інформативні ознаки, що характеризують детальну будову крон, а для масштабу 1:830 підвищеної інформативністю володіють колірні ознаки дешифрування, тобто у міру зменшення масштабу відбувається кольорова деталізація і загальна втрата дрібних деталей в зображенні крон дерев. На знімках масштабу 1:660 детальність зображення крон в порівнянні зі знімками масштабу 1:350 погіршується і не компенсується колірними ознаками в порівнянні зі знімками масштабу 1:830. З огляду на те, що за допомогою знімків масштабу 1:830 в більшості випадків вдається розпізнавати ослаблені і сильно ослаблені дерева з прийнятною вірогідністю, для оцінки ступеня ослаблення насаджень рекомендується в необхідних випадках проводити аерофотозйомку лісів особливо охоронюваних територій в масштабі 1:800 - 1: 900.

**Імовірність розпізнавання ослаблених і сильно ослаблених дерев
по з використанням спектрозональних аерофотознімків**

Порода	Масштаб аерофотознімків	Ймовірність розпізнавання:	
		ослаблених дерев	сильно ослаблених дерев
Сосна	1:350	0,98	0,90
	1:660	0,85	0,90
	1:830	0,98	0,95
Ялина	1:350	0,88	0,60
	1:660	0,58	0,25
	1:830	0,94	0,64



Береза	1:350	0,76	0,85
	1:660	0,70	0,76
	1:830	0,92	0,83

**Рис. 7. Спектральний аерофотознімок із зображенням
(за матеріалами «Вінницялісозахист»):**

1 – здорових; 2 – ослаблених; 3 – сильно ослаблених; 4 – висуваючі дерев березим повислої.

На знімку видно, що в зображенні ослаблені, сильно ослаблені і висуваючі крони дерев. З'являються відтінки синюватого кольору, а також змінюється компактність крон дерев.

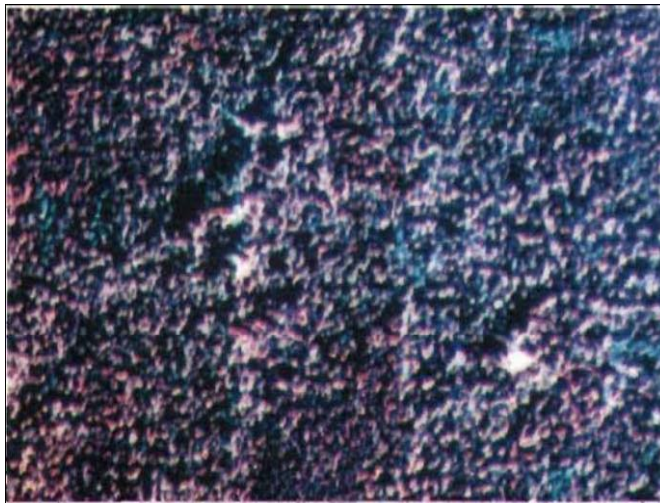


Рис. 8. Спектральний аерофотознімок із зображенням всихаючих дерев (плями синього кольору) у вогнищах опістомоза ялини звичайної (за матеріалами «Вінницялісозахист»).

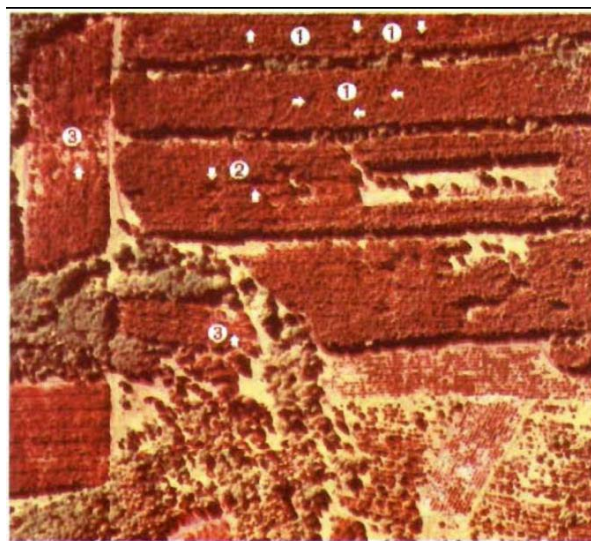


Рис. 9. Спектральний аерофотознімок із зображенням вогнищ кореневої губки сосни звичайної (за матеріалами «Вінницялісозахист»):

1 – початкових; 2 – діючих; 3 – затухаючих.

На рисунках 7, 8, 9 наведено фрагменти надкрупномаштабного спектрозонального аерофотознімку, на якому зображені дерева берези повислої, ялини звичайної, сосни звичайної, які стосуються різної категорії їх стану.

Визначення ступеня всихання насаджень з використанням аерофотознімків. При розпізнаванні на спектрозональних аерофотознімках виробничого масштабу лісовпорядкування (1:12 000 - 1:15 000) дерев свіжого і старого сухостою можна визначати ступінь усихання (санітарний стан) насаджень. Поступове накопичення сухостійних дерев, насамперед хвойних порід, може бути пов'язано з проходженням швидких низових пожеж, хронічною дією промислових викидів, діяльністю стовбурових шкідників та інших повільнодіючих шкідливих факторів середовища. Схожа, але надзвичайно мінлива картина ушкоджень спостерігається при

впливі хвое- і листогризух комах-шкідників лісу. Здорові дерева модрина зображаються на літніх спектрозональних аерофотознімках відтінками жовтого кольору, сосни і ялини – зеленого, а всохлі і всихаючі дерева – зеленувато-синім, синім кольором. Кольорові відмінності дозволяють визначати ступінь всихання насаджень подібно до того, як з використанням аерофотознімків встановлюється дешифрування складу деревостанів. В цьому випадку сухостійні дерева можуть бути підраховані, як дерева іншої породи (рисунок 8). Процентне співвідношення сухостійних дерев та загального числа підрахованих дерев, характеризує ступінь всихання насадження. При візуальному дешифруванні на аерофотознімках, дерева підраховують всередині стандартних круглих отворів палетки (діаметр 3 - 4 мм) або в групах на екрані комп'ютера, які при вимірах випадково розташовуються всередині контурів типових виділів. Всередині угруповань повинна розміщуватись в цілому до 100 - 130 видимих крон дерев. Аналіз результатів показує, що найбільш грубі помилки виникають через неврахування відсталих у рості дерев, які не видно під пологом деревостану на аерофотознімках. Такі дерева з'являються після низових пожеж в першу чергу. У ряді випадків неточні результати відносяться до виділів, які знаходяться в несприятливих умовах освітлення в момент аерофотозйомки (орографічні тіні).

Виявлення з використанням аерофотознімків осередків ураження соснових культур кореневою губкою. Льотно-знімальні експерименти і польові спостереження проведені в уражених кореневою губкою соснових культурах Іршанського лісництва. При порівняльному аналізі були вивчені інформативні властивості аерофотознімків масштабу 1:10 000, отримані з двошарової плівки СН-6М, і аерофотознімків масштабу 1:5000 – з тришарової плівки СН-15. До основних дешифрувальних ознак вогнищ кореневої губки на аерофотознімках відноситься наявність "вікон" в положі соснових культур і розпад полога деревостанів. Зовні помітні прояви хвороби, так звані вогнища, спостерігаються в культурах 6 - 8-річного віку при появі всохлих куртин дерев розміром менше 10 м. Куртини або "вікна", що перевищують за розміром цей діаметр, умовно відносяться до діючих, а згодом – до загасаючим вогнищ. Порівняння результатів камерального дешифрування з даними польової перевірки показало, що практично безпомилково розпізнаються діючі осередки кореневої губки. Імовірність їх розпізнавання склала 97%. Ймовірність виявлення виникаючих осередків хвороби при використанні аерофотознімків масштабу 1:10 000 з фотоплівки СН-6М становить 57% і для аерофотознімків масштабу 1: 5000 з фотоплівки СН-15 - 96%. Наведені значення показують, що матеріали аерофотозйомок в даному випадку забезпечують результативність робіт, що перевершує традиційні методи наземного обстеження лісопатологічного стану насаджень.

Автоматизована оцінка санітарного стану насаджень з використанням аерофотознімків. Поява всихаючих і сухостійних дерев змінює структуру зображення пологів насаджень на аерофотознімках. Автоматизованій обробці були піддані спектрозональні аерофотознімки

СН-6М виробничого масштабу 1:15 000 з зображенням типових насаджень, виділивши розміщених в насадженнях чистої сосни і в змішаних листяно-соснових насадженнях, санітарний стан яких пов'язано в основному з наслідками низових лісових пожеж (північна частина Житомирської, Рівненської, Київської областей). Ці насадження ростуть в умовах помірного рельєфу. Мірою оцінки санітарного стану, є різниця між загальною кількістю мість обстежень (Моб), і мість приросту (Мпр) деревостанів, визначення яких проводилося при автоматизованому дешифруванні аерофотознімків. Фактичні значення були обчислені в натурі за даними перерахунку всіх дерев на кругових площадках, а Мпр – за даними перерахунку дерев I-III категорій стану. Дешифрувальне значення запасів визначалось по регресійним рівнянням диференціального вигляду, параметрами яких були висота насаджень і фотометричні ознаки, отримані при скануванні і описують структуру зображення полога деревостанів, а також ознаки, що характеризують умови місцезростання, освітленість схилів в момент зйомки і розташування фотозображення типових виділів в полі зору кадру. Для чистих насаджень сосни звичайної помилка обчислення загального запасу виявилася рівною $\pm 23,0\%$, а для змішаних деревостанів – $\pm 2,0\%$; продуктивність і запаси чистих і змішаних насаджень були визначені з однаковою помилкою $\pm 23,5\%$. Отриманий рівень похибок дозволив рекомендувати для практичного використання описаний спосіб оцінки санітарного стану насаджень з використанням аерофотознімків в промислових лісах. При дотриманні співвідношення:

$$[(\text{Моб} - \text{Мпр}) \times 100] / \text{Моб} < 51-10 \%$$

такі насадження увійдуть до групи з нормальним рівнем природного відпаду, а перевищення цих значень рівня відпаду, означатиме накопичення сухостойної деревини та погіршення санітарного стану насаджень.

Автоматизоване визначення з використанням аерофотознімків категорії стану насаджень. Автоматизоване дешифрування категорій стану соснових насаджень, пошкоджених промисловими викидами, можна проводити по чорно-білим знімкам з використанням аерофотознімків масштабу 1:10 000 з інфрахроматичної плівки І-840. Цей тип чорно-білої аерофотоплівки здатний реєструвати відбиту радіацію в інфрачервоній зоні спектра. Основою формування фотометричних ознак, служать оптична щільність і текстура зображення верхнього пологу лісу із залученням додаткових відомостей про особливості зростання і умовах розвитку насаджень. Наприклад, топографічні ознаки враховують розташування насаджень щодо джерела промислових викидів. Підвищує достовірність результатів дешифрування і використання кліматичних параметрів, наприклад, значення повторюваності вітрів від джерела промислових викидів в сторону обстежуваних лісових ділянок. Достовірність дешифрування істотно зростає після залучення з бази таксаційних даних

таких показників, як висота, зімкнутість пологів і ін. Ознаки корелюють одна з одною, тому роль кожної з них при визначенні категорій стану насаджень різна. Оцінку інформативності ознак проводять по їх ваговим коефіцієнтам. До найбільш інформативних ознак умовно відносять ті з них, які відрізняються високою повторюваністю при достовірності 0,8. Серед фотометричних ознак, найбільш інформативною є величина оптичної щільності фотозображення соснових насаджень. У групі додаткових похідних ознак виділено співвідношення P/P_1 , яке об'єднує повторюваність вітру в бік лісових ділянок (P) і їх видалення (P_1) по прямій лінії від джерела промислових викидів. З таксаційних показників найінформативнішою є зімкнутість пологів насаджень. Інформативні властивості аерофотознімків, отриманих з чорно-білої інфрачервоної плівки I-840, можуть бути охарактеризовані величиною середньоквадратичної помилки автоматичного визначення категорій стану пошкоджених сосняків на основі комбінації інформативних фотометричних, похідних і таксаційних ознак. Її значення при порівнянні з наземними даними одно $\pm 15 - 17\%$ (при ймовірності 0,68).

Виявлення за матеріалами зйомок загинувших насаджень. При сильному або тривалому впливі шкідливих факторів середовища відбувається загибель насаджень на великих площах. Одним з найбільш небезпечних видів хвоегризущих комах, спалахи масового розмноження якого приводили до загибелі насаджень на значних площах, є сосновий верхівковий короїд. Основною дешифровочною ознакою усихаючих або

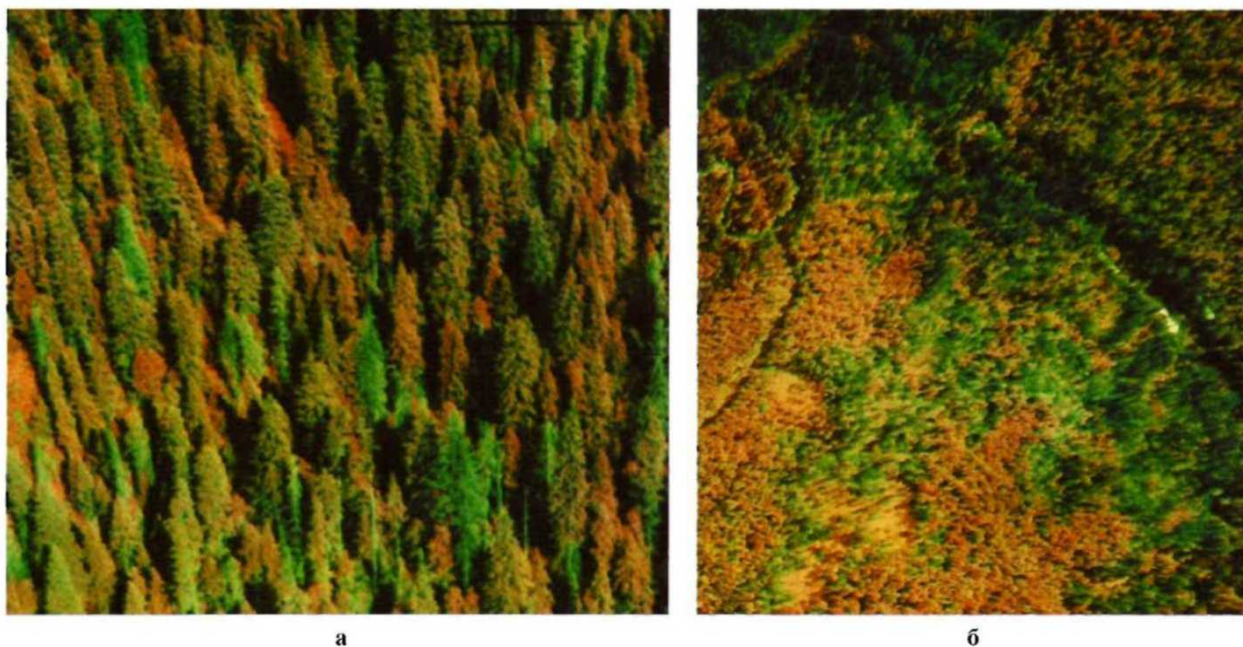


Рис. 10. Перспективний (а) і плановий (б) спектрозональні аерофотознімки з зображенням крон ялини і сосни, уражених верхівковим короїдом.

всохлих дерев на спектрозональних аерофотознімках, як і в інших випадках, описаних вище, є синій або синьо-зелений колір зображення крон на аерофотознімках (рисунок 10).

Ступінь всихання визначається підрахунком відношення усихаючих і сухостійних дерев до загальної кількості крон на кожному виділі. Результати дешифрування порівнюються з даними наземного обстеження закладених в типових виділах кругових майданчиків. Крім ступеня всихання деревостанів, для оцінки загального санітарного стану насаджень застосовують такий показник, як середньозважена категорія лісостану, що визначається за співвідношенням числа дерев, що відносяться до різних категорій стану. При великій площі загиблих лісів, незалежно від причини їх загибелі, для їх виявлення і розпізнавання можуть бути використані дрібномасштабні спектрзональні аерофотознімки або синтезовані матеріали космічних знімків. Важливим залишається проведення фотознімальних робіт при оптимальних атмосферно-оптичних умовах і в терміни, які дозволяють отримувати якісні знімки лісопатологічного обстеження об'єктів з найбільш інформативними візуальними властивостями. Наведемо кілька прикладів. Під впливом промислових газів



Рис. 11. Фрагмент спектрзонального космічного фотознімку із зображенням вітровальних та буреломених ділянок лісу (за матеріалами «Вінницялісозахист»).

в хвойних насадженнях відбувається передчасне побуріння і опадання хвої, зниження приросту і подальше усихання дерев. При хронічному і довгостроковому впливі спостерігається загибель насаджень на великих площах (рис. 12, 13).

При обстеженні лісів, постраждалих від ураганних вітрів, за космічними знімками за допомогою ознак дешифрування визначають,

наприклад, вид вітровалу (суцільний, частковий) і відсоток вивалу дерев (таблиця 6). Більш точно збиток від впливу ураганних вітрів може бути визначений при дешифруванні аерофотознімків (рис. 11).

На знімку зображено два буремні ділянки осичняків через 3 міс (серпень) після урагану. За цей період листя повалених і зламаних дерев змінила забарвлення, і червонуватий колір зображення бурелому добре відрізняється від непостраждалих насаджень.

Підвищена презентативність космічних знімків – приваблива особливість цих матеріалів при обстеженні стану лісів на великих територіях. Додаткові можливості їм надають багатозональні радіометри з різним просторовими можливостями. Більшість з них реєструють відображення земної поверхні не лише в видимому діапазоні довжин хвиль, але й в ближньому, середньому та дальньому інфрачервоному проміжку спектру. Це дає можливість підвищити інформативність ознак далі від впливу різних чинників середовища дешифрування ділянок лісу, в тому числі постраждалих від впливу різних чинників середовища.

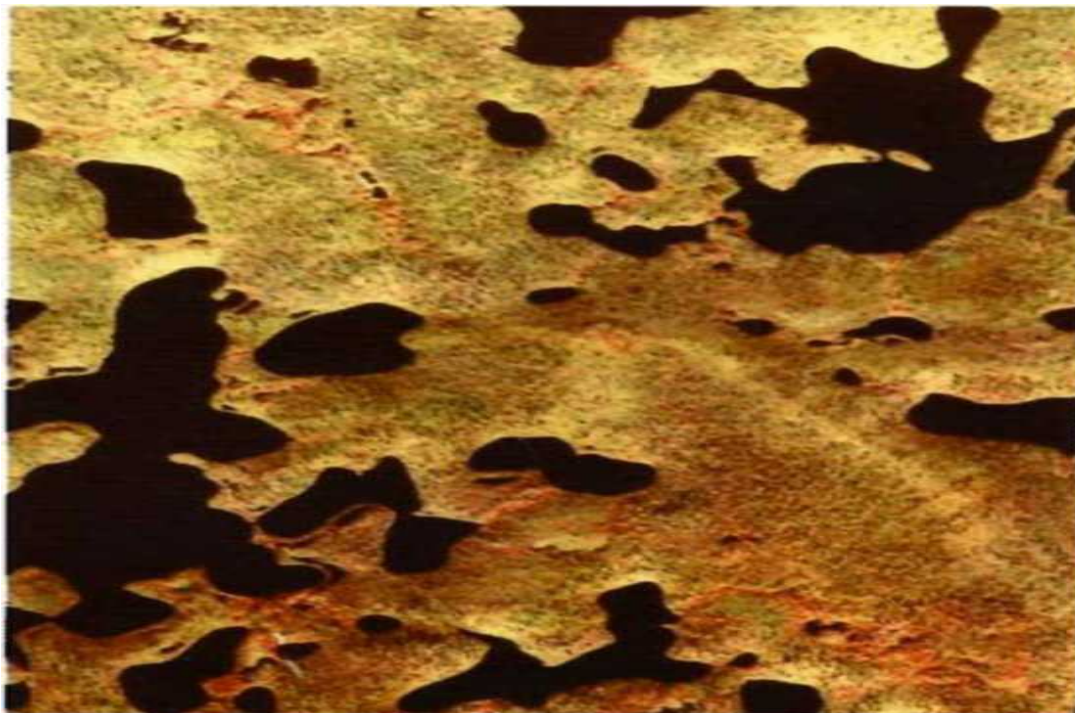


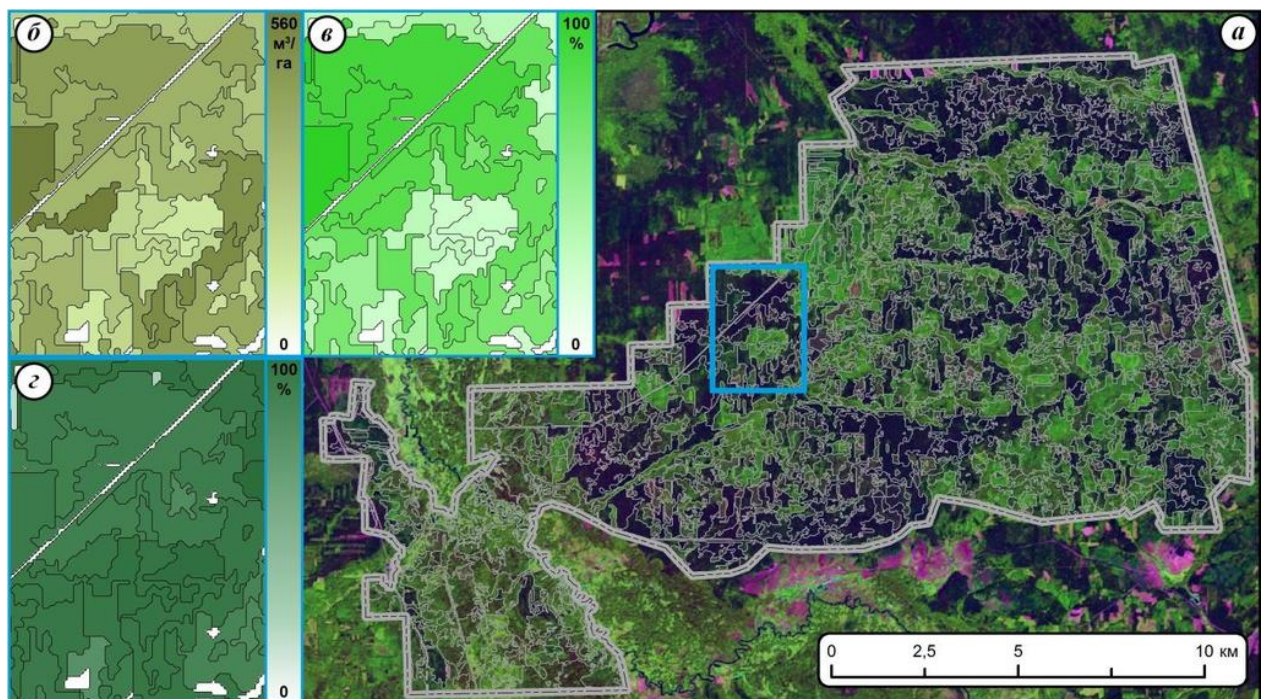
Рис. 12. Спектрональний аерофотознімок (зйомка в масштабі 1:25 000) із зображенням загинувших насаджень сосни звичайної в зоні дії формальдегідного виробництва м. Коростень Житомирської області (за матеріалами «Вінницялісозахист»).

Таблиця 6

Візуальні ознаки для дешифрування ділянок з різним ступенем ураження насаджень вітровалом за спектральними космічними знімками

Ступінь ураження	Вивал насаджень, %	Колір зображення	Структура зображення	Форма ділянок вітровалу	Виразеність меж ділянок вітровалу	Місце ділянки на рельєфі
Суцільний вітровал						
Суцільний вивал дерев	70 - 100	Переважає світло-сірий (хвойні ліси), білуватий (листяні ліси)	Однорідна	Контури чітко вираженої форми, витягнуті за напрямом дії вітру	Чіткі серед стиглих та перестійних насаджень	Вододіли, пологі схили
Частковий вітровал						

Сильна	50 - 70	Проміжки між куртинами білого кольору, виділі насадження темно-сірого (хвойні) і сірого (листяні) кольору	Стрічкова рідше плямиста	Проміжки між куртинами мають вигляд плям різної форми або смуг, витягнутих вздовж дії вітру, що розходяться веєроподібно	Чіткі серед лісопокритої площі та молодняків	Вододіли, пологі схили
Средня	30 - 50	Темновато-сірий колір насаджень з білуватими смугами вивалів	Смугаста	Вивал в насадженнях у вигляді смуг різної ширини та довжини, що розходяться за напрямом дії вітру	Чіткі серед лісопокритої площі та молодняків	Вододільні та понижені ділянки
Слабка	0,5 - 30	Переважає сірий тон насаджень з окремими полосами	Смугаста	Вивал в насадженнях у вигляді коротких смуг, які розходяться	Чіткі серед лісопокритої площі та молодняків	Пониження і низинні рівнини рік



**Рис. 13. Фрагмент спектрального знімку із зображенням всохлих від верхівкового короїда хвойних насаджень на території Житомирської області (за матеріалами «Вінницялісозахист»).
(всохлі насадження мають відтінки темносинього кольору).**

4.4. Методичні рекомендації щодо оцінки лісопатологічного стану лісових насаджень за допомогою матеріалів аерокосмічних зйомок.

Методичні рекомендації дистанційної оцінки лісопатологічного стану окремих дерев і насаджень містять пропозиції з розпізнавання за матеріалами зйомок різних типів лісових уражень. Оцінка лісопатологічного стану насаджень за допомогою матеріалів зйомок дозволяє визначати ступінь пошкодження або всихання насаджень з достатньою для практики точністю і з меншими, в порівнянні з наземними методами, затратами праці.

Проведення робіт в лісах різного господарського призначення. В Інструкції по проведенню лісопатологічного обстеження лісів (1993 р.) визначено умови, при дотриманні яких можна проводити лісопатологічне дешифрування матеріалів зйомок в поєднанні з елементами наземних робіт. Цей вид збору даних рекомендують для застосування в лісах, що підлягають тривалому впливу несприятливих факторів або впливу разового чинника, що спричинило за собою загибель деревостанів на великих площах (лісові пожежі, буреломи і вітровали, підтоплення лісів, посуха, масове розмноження комах-шкідників та інші аналогічні випадки). У зв'язку з цим виділено 2 групи насаджень, які розрізняються за характером впливу шкідливих факторів середовища і при оцінці яких в сучасних умовах допустимо використання матеріалів аерокосмічних зйомок. В першу групу включені насадження, пошкодження яких буває швидкоплинним, протягом одного вегетаційного сезону, і воно залежить, перш за все, від біологічних особливостей розвитку хвое- і листогризучих комах. У захисних лісах (рідше – в експлуатаційних) цю групу постраждалих насаджень зазвичай обстежують методами наземних спостережень. Матеріали аерофотозйомки використовують при проведенні наземного санітарно-лісопатологічного обстеження в якості традиційного технологічного засобу лісовпорядкування. У більшості експлуатаційних (резервних) лісів оцінка санітарно-лісопатологічного стану насаджень в осередках масового розмноження комах-шкідників проводиться за допомогою авіадесантного методу. В цьому випадку для виявлення площ постраждалих лісів рекомендується використовувати оперативну космічну інформацію (Ресурс-О, SPOT, Landsat, ASTER, IRS і ін.). В іншу групу входять ті насадження, в яких відбувається погіршення санітарного стану при тривалому за часом дії несприятливих чинників середовища. Обстежити за допомогою аерофотозйомки можна насадження з переважанням хвойних порід старше 40 років і листяних – старше 30 років. До цього віку зазвичай завершується формування крон дерев і на аерофотознімки вони отримують роздільне зображення в положі насаджень. В таких лісах можна рекомендувати одночасно з проведенням лісовпорядкування, використовуючи аерофотознімки виробничого масштабу проводити визначення ступеня всихання і ослаблення насаджень. Переваги спектрональних аерофотознімків для визначення видового складу лісів важливі і для лісопатологічного обстеження. Визначивши,

наприклад, деревну породу-індикатор, яку уражує певний вид шкідника або хвороби, можна встановити межі вогнищ при їх збігу з таксаційними виділами, або уточнити ці кордони в змішаних насадженнях з урахуванням характеру розподілу в лісовому покриві домішки породи-індикатора. При самостійному санітарно-лісопатологічному обстеженні детальність оцінки стану насаджень з використанням аерофотознімків в поєднанні з елементами наземних робіт залежить від категорій захисності та групи лісу. У лісах, що належать до високих категорій захисності (перший і другий пояси зон санітарної охорони джерел водопостачання, першої і другої зон санітарної охорони курортів, особливо цінні лісові масиви, національні та природні парки, лісові ділянки, що мають наукове або історичне значення, природні пам'ятки), рекомендується оцінювати з використанням аерофотознімків шляхом виявлення дерев I, II, III, IV-V і VI категорій стану. При проведенні такого обстеження можна використовувати спектрозональні аерофотознімки масштабу 1: 1000 і крупніше. У лісах інших категорій захисності, до яких відносяться ліси третьої зони округів санітарної охорони курортів, зелених зон навколо міст, інших населених пунктів і промислових підприємств, рекомендується оцінювати з використанням аерофотознімків ступінь ушкодження або послаблення насаджень шляхом визначення числа дерев III, III, IV-V і VI категорій стану. При проведенні такого обстеження можна використовувати спектрозональні аерофотознімки масштабу 1:1000 - 1:5000 для лісів першої групи та інших категорій захисності, а також в лісах другої групи. На рисунку 14 зображено фрагмент карти лісового масиву з об'ємним зображенням ареалів дефоліації крон дерев. В лісах третьої групи, з інтенсивним веденням лісового господарства рекомендується проводити оцінку ступеня всихання насаджень шляхом визначення по спектрозональних знімках, з використанням аерофотознімків масштабу 1:10 000 і співвідношення числа груп дерев I-III, IV-VI категорій стану. Для підвищення достовірності робіт по оцінці стану насаджень необхідно застосовувати аерофотознімки, отримані в липні-серпні, тобто в період появи в деревостані свіжого сухостою поточного року. При використанні аерофотознімків скорочується обсяг наземних спостережень. Однак ці спостереження є необхідною складовою частиною робіт, так як багато особливостей діагностики лісових уражень недоступні для методів дистанційного зондування. Наприклад, вплив промислових викидів на рослинність встановлюють не лише по санітарному стану у деревних порід-індикаторів, а й за наявністю накипних, листоватих і рунистих лишайників, станом підросту, його віку та породному складу і т. п.

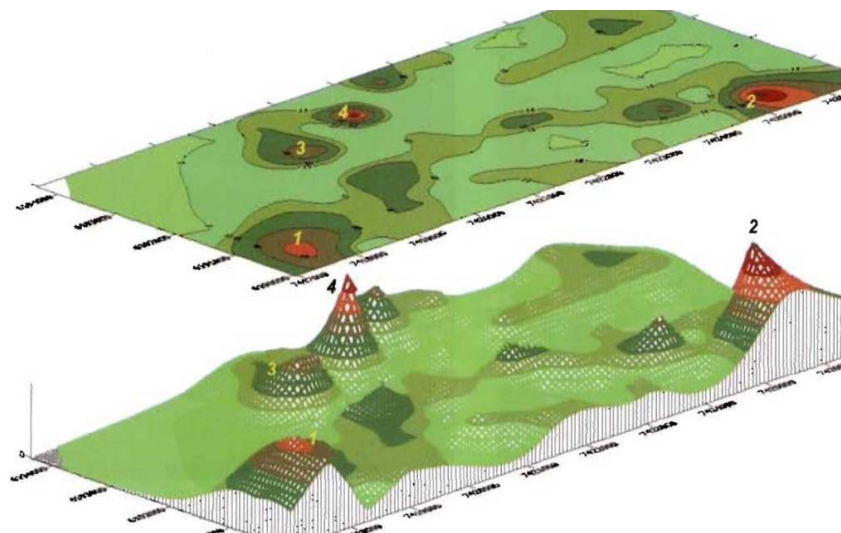


Рис. 14. Фрагмент карти лісового масиву з об'ємним зображенням ареалів дефоліації крон дерев (за матеріалами «Вінницялісозахист»).

РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ШКІДНИКІВ ЛІСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРОМОНІВ

Внутрішньопопуляційний зв'язок між особинами у комах здійснюється, головним чином, за допомогою хімічно активних речовин – статевих феромонів, що виділяються в зовнішнє середовище і несуть будь-яку інформацію. Статеві феромони – необхідний засіб в проведенні моніторингу і боротьби зі шкідливими комахами, практика показала перспективність їх застосування в захисті рослин. Дія феромонів дуже специфічна і не впливає на інші організми. Використовуючи "мову запахів" комах і регулюючи їх найважливіші життєві процеси, можна контролювати чисельність популяцій господарськоважливих видів. Феромони класифікуються залежно від типу інформації, що передається. Існують феромони статеві, агрегаційні, слідові, феромони тривоги. Для захисту рослин найбільший інтерес представляють перші два типи. Статеві феромони інформують особин про наявність готового до спарювання статевого партнера і його місцезнаходження в просторі. Вони випускаються, найчастіш, самками. Феромонні агрегації – характерні для жуків ряду Coleoptera, напівжорсткокрилих Hemiptera і деяких інших рядів. Їх функція полягає в збільшенні щільності популяції біля джерела феромона (вони близькі за дією до речовин, які виділяються ослабленими або пошкодженими деревами). Феромони комах складаються з декількох компонентів, частка яких не однакова. Кожен компонент або їх суміш є носієм будь-якої інформації. Показано, що серед компонентів статевих феромонів присутні наступні: основні компоненти, що відповідають за спонукання самця до польоту і його дистанційну орієнтацію; додаткові компоненти, що сприяють цілеспрямованому відшукуванню джерела запаху і посадці поблизу нього; компоненти, що діють на дуже невеликій відстані і які спонукають комах до здійснення комплексу поведінкових реакцій, необхідних для успішного парування. Такі сполуки становлять не більше 10% основних компонентів. Незважаючи на те, що статеві феромони комах складаються часом з 5 - 6 компонентів, а у озимої совки (*Agrotis segetum*) їх більше 15, практика показує, що для успішного використання досить лише 2 -3 компонента. Для комах, феромони яких досліджені найбільш докладно, таких прикладів безліч. Як правило, з великої кількості компонентів найважливішими є ті, зміст яких в феромонах найбільш високий. Необхідно, щоб з'єднання викликало орієнтаційний політ комах і посадку поблизу джерела. Зовсім не обов'язково викликати поведінкові реакції залицяння і спарювання. Зробивши посадку поблизу статевого партнера, комаха вже виявляється в пастці.

5.1. Феромонні ловушки.

Феромонна пастка – це спеціальний пристрій, відловлювати комах, залучених джерелом феромону (диспенсером), розташованим в цій пастці. Для феромонного моніторингу використовують різноманітні конструкції феромонних пасток і безліч їх модифікацій. Конструкція дуже впливає на кількість залучених і спійманих комах. Пастки виготовляють з ламінованого паперу або пластика. Феромонні пастки, які використовуються в сучасних системах моніторингу, класифікуються в залежності від їх конструктивних особливостей і принципу фіксації спійманих комах. Фіксація комах в клейових пастках відбувається за рахунок прилипання до клейової поверхні. Клейові пастки мають кілька модифікацій. Крилові пастки (рис. 15) складаються з двох частин (верхньої і нижньої), з'єднаних дротом по 4-м кутам і відкритих для проникнення комах з усіх боків. Обидві частини зсередини мають незамінювані клейкі поверхні. Застосовуються для вилову таких видів, як листовійки *Choristoneura fumiferana*, *Archips argyrospilus* і деяких інших. Трикутні пастки (рис. 16) – найпоширеніший тип пасток. Вони мають форму трикутної призми з воронкоподібними трикутними вхідними отворами по торцях. Іноді на боці пастки роблять прозоре поліетиленове вікно. Самці, що володіють позитивним фототаксисом, відволікаються від вхідних отворів, таким чином знижується ймовірність їх вильоту з пастки. Рекомендуються для вилову зеленої дубової (*Tortrix viridana*) і глодової листокруток (*Archips crataegana*), соснової совки (*Panolis flammea*). Коробчаті інсектицидні пастки (рис. 17) без клейової поверхні типу "молочний пакет". За формою являють собою чотиригранну прямокутну призму з вхідними отворами з 4-х сторін у верхній частині пастки і дах, який спрямовує метеликів до вхідних отворів. Вони зручні тим, що мають досить велику ємність. Тому її називають як ненасичуваною пасткою. Як діючий препарат в них використовують інсектицидні пластинки. Широке поширення коробчаті пастки отримали в США в системі моніторингу непарного шовкопряда. Використання коробчатих пасток представляється найбільш зручним і економічним. Вони здатні відловлювати велику кількість великих метеликів, залишаючись функціональними протягом довгого часу. У клейових пастках липкі поверхні часто виходять з ладу, засмічуючись потрапившими в них сторонніми видами комах, і вимагають заміни протягом льотного сезону основного шкідника.



Рис. 15. Крилова феромонна ловушка



Рис. 16. Трикутна феромонна ловушка



Рис. 17. Коробчата феромонна інсектицидна ловушка



Рис. 18. Бар'єрна феромонна ловушка на короїда-тіпографа

Крім того, як показали дослідження, при вилові великих метеликів, клейкі пастки швидко виходять з ладу, забиваючись лусочками крил. Проте, в "Методичних вказівках по використанню синтетичних феромонів для нагляду за хвоє- і листогризучих комахами " (1993 р.) вилов соснового шовкопряда (щодо великих метеликів) рекомендований саме клейкими пастками. Рідинні пастки схожі з коробчатими, але фіксація комах в них відбувається з допомогою будь-якої рідини, що володіє інсектицидними властивостями. Пастки виготовляють з негігроскопічного картону або пластику. Використовуються для вилову совок (*Diparopsis castanea*, *Spodoptera littoralis*), горохової плодожерки (*Cydia nigricana*). Для вилову короїдів використовують пастки-імітанти стовбурів дерев з дротяної сітки у вигляді циліндрів з обрубками стовбурів, заселеними жуками, або просоченими синтетичним атрактантом, пастки у вигляді вставлених один в одного декількох пластикових конусів, а також бар'єрні пастки (рис. 18).

5.2. Диспенсери.

Для успішного застосування феромону дуже важливо підібрати тип диспенсера (пристрою, який випускає феромон в зовнішнє середовище). Диспенсер повинен бути виготовлений з хімічно інертного матеріалу, що не змінює молекулярної структури феромону. Дуже важливо, щоб диспенсер рівномірно випускав феромон протягом всього періоду льоту комах. Цей період розрізняється для різних видів шкідників і може тривати до 3 місяців. Гумові диспенсери, як правило, випускають велику частину феромону протягом тижня, тому вони малопридатні для моніторингу шкідників. У США широко використовують диспенсери з поліхлорвініловим і парафіновим покриттями.

5.3. Сфери застосування синтетичних феромонів.

В даний час існують 2 основні шляхи застосування синтетичних феромонів.

У першому випадку застосування феромонів в феромонних пастках дозволяє отримати наступну інформацію: виявити наявність виду в природі, початок льоту імаго шкідника і визначити терміни для заходів по його знищенню, отримати дані про кількість отруєних шкідників за період

льоту або інший відрізок часу, враховувати ефективність лісозахисних заходів. В основному феромонні пастки служать для спостереження за зміною чисельності популяцій комах-шкідників. Для цього пастки розміщують в типових для їх розмноження насадженнях. Їх вивішують на гілках дерев на початку льоту комах і знімають по закінченню. Потім підраховують вилов і порівнюють їх з уловами минулих років. В залежності від стану популяції приймають рішення про проведення лісозахисних заходів. В рекомендаціях щодо застосування феромонів для нагляду за хвое- і листогризучих комахами наведені порогові (господарсько небезпечні) кількості вилову шкідників феромонними пастками. Наприклад, граничний критерій вилову шовкопряда-монашки в соснових насадженнях за період льоту становить 50 самців / га. При цьому пастки розміщують з розрахунку 4 - 6 шт. на 3 - 5 га. Для непарного шовкопряда цей показник дорівнює 60 самців, для соснової совки – 30. Феромонні пастки вкрай необхідні при встановленні напрямку і швидкості поширення популяцій комах-шкідників. Особливо наочно це продемонстровано в США, де поширення непарного шовкопряда носить фронтальний характер, і пастки сигналізують про появу цього шкідника в нових місцях проживання. Значні перспективи має застосування феромонних пасток на облікових площах, розташованих в важкодоступних місцях проживання шкідників, де застосування традиційних методів обліку чисельності (маршрутно-ключове наземне обстеження зі звалюванням облікових дерев і обстукування) на початку і в кінці сезону залишається практично єдиним методом спостереження і вимагає великих трудових і матеріальних витрат. Сфера застосування феромонних пасток не обмежується лише виявленням даних видів в природі і урахуванням їх чисельності. Феромонні пастки роблять можливим вивчення раніше невідомих аспектів біології та екології лісових лускокрилих. Зокрема, мінливості деяких морфологічних характеристик імаго комах протягом льотного сезону, а також механізмів статевої комунікації імаго, дослідження яких має велике значення в організації системи феромонного моніторингу, особливо для видів-шкідників, по відношенню до яких така система ще не розроблена. Застосування феромонних пасток для подібних досліджень особливо доцільно при вкрай низьких щільностях популяції шкідника, коли практично неможливо виявити комаху візуально. Використання феромонних пасток дозволяє прогнозувати терміни проведення боротьби.

Другий спосіб застосування синтетичних феромонів – це внесення їх в спеціальні гранули, які поширюють в древостані в період масового льоту виду для статевої дезорієнтації самців при пошуку самок. Надзвичайно важливо поєднувати в використанні феромонних пасток і відкрите поширення феромонів. Поширення гранул – ефективний метод порушення зв'язків в природі і зниження чисельності шкідника. Феромонні пастки використовують і як засіб для зниження чисельності самців методом вилову, тобто для створення так званого самцевого вакууму, намагаючись збільшити тим самим кількість незапліднених самок в популяції. Як показує практика, такий метод боротьби з лускокрилими можливий лише в

порівняно невеликих ізольованих насадженнях при низькій чисельності шкідників і часто малоефективний. Найбільш часто цей метод застосовується по відношенню до короїдів і в меншій мірі – до жуків-лоскунів. Відомі численні приклади скорочення загибелі дерев при вилові короїдів таким способом. Наприклад, в 1984 р в Європі вдалося придушити популяцію короїда-типографа (*Ips typographicus*). Понад мільйон жуків *Scolytus multistriatus* були виловлені 400 клейовими пастками.

В системі феромонного моніторингу вкрай необхідна стандартизація пасток для кожного спостережуваного виду. Стандартизація повинна визначатися не тільки здатністю пастки заманювати комах, але і здатністю утримувати їх, а також зручністю монтування та використання пасток. Крім стандартизації типів пасток, не менш важлива розробка єдиного керівництва по їх застосування для кожного окремого виду (місця розміщення, щільність, концентрація і склад феромону, терміни установки в різних частинах ареалу, якщо цього вимагає фенологічні фази льоту шкідників). Від стандартизації у певній мірі залежить впровадження пасток у виробництво, а також достовірність даних, отриманих з улову в різні роки і в різних місцях проживання виду.

5.4. Організація феромонного моніторингу.

У літературі зазначено, що для ефективного нагляду необхідно поєднувати феромонний моніторинг і традиційні методи. При низькій щільності шкідника можна обмежитися тільки використанням феромонних пасток. У період наростання чисельності разом з використанням феромону можна застосовувати і інші методи нагляду з метою уточнення кількісних показників стану популяції шкідника. При високій чисельності (коли шкідника легко виявити візуально) рекомендується застосовувати тільки звичайні методи. Застосування феромонних пасток в цей період стає недоцільним в силу декількох чинників. По-перше, переповнення пастки комахами відбувається ще до закінчення льоту; по-друге, під дією вологи і інших комах, які потрапили в пастку відбувається розкладання метеликів, і їх облік стає дуже трудомістким або неможливим.

РОЗДІЛ 6. ЕКСПЕДИЦІЙНІ ЛІСОПАТОЛОГІЧНІ ОБСТЕЖЕННЯ

Експедиційні лісопатологічні обстеження планують на основі результатів моніторингу лісового фонду, проведеного органами лісового господарства в областях України, за заявками територіальних органів управління лісовим господарством і в тих випадках, коли в регіоні немає служби захисту лісу або вона не в змозі вирішити проблему. Основним завданням експедиційних обстежень є отримання інформації, що дозволяє об'єктивно оцінити спрямованість і інтенсивність динамічних процесів, що протікають в лісах під впливом шкідливих комах, хвороб і пригнічення лісових біоценозів від господарської діяльності людини. Експедиційні обстеження вирішують такі основні завдання: облік чисельності та аналіз популяцій шкідливих лісових комах, хвороб і аналіз стану насаджень в конкретній екологічній обстановці; прогнозування динаміки чисельності комах, хвороб і ступеня їх впливу на лісові біогеоценози; прийняття оптимальних рішень щодо збереження лісів і збільшення лісових площ. Експедиційні лісопатологічні обстеження проводять двома основними методами, відмінність яких полягає в ступені деталізації при лісопатологічній таксації насаджень. Це в свою чергу визначає площі обстеження – при авіадесантних обстеженнях мінімальна площа обстеження як правило, не менше 10000 га, при наземних обстеженнях – 5000 га.

6.1. Авіадесантні експедиційні лісопатологічні обстеження.

Основна мета авіадесантних експедиційних лісопатологічних обстежень – нагляд за розвитком і поширенням найбільш небезпечних хвое- і листогризух і стовбурових шкідників в лісах зони Полісся України. Ці обстеження включають: підготовчі роботи; лісопатологічну авіарозвідку і авіалісопатологічну таксацію насаджень; десантно-наземні вибіркові обстеження з необхідними елементами детальних робіт; стаціонарний облік, аналіз і дослідження в осередках масового розмноження шкідників; полекамеральні роботи зі складанням проекту невідкладних заходів. У процесі підготовчих робіт уточнюються межі обстежень і конкретизуються завдання, вивчаються матеріали лісовпорядкування, природні умови району робіт, дані минулих лісопатологічних обстежень і авіарозвідки, виконаних місцевими органами лісового господарства і авіабазою з охорони лісів, матеріали лісогосподарської діяльності. Крім цього, проводяться колективні тренування співробітників польової партії для відпрацювання техніки обстеження і уточнення загальних принципів призначення і проектування лісозахисних заходів. При авіалісопатологічній розвідці вивчають загальний стан насаджень, виявляють пошкоджені і всихаючі деревостани і ділянки лісу зі зміненим забарвленням полога, підбирають ділянки для наземного обстеження при посадках, встановлюють оптимальні відстані між маршрутами для проведення авіалісопатологічної таксації та

намічають маршрути майбутніх польотів. Загальна протяжність польотів становить до 100 км на 3000 га, що обстежується площі, висота польоту – 400 - 500 м. Розвідувальний політ проводять, як правило, в кінці травня, перед початком наземного обстеження. У діючих осередках шкідників лісу авіалісопатологічну розвідку бажано проводити і восени, щоб уточнити зміни ступеня і кордонів ураження за вегетаційний період. Авіалісопатологічну таксації проводять в період, коли найбільш помітно об'їдання хвої або листя комахами (рис. 19, 20).



Рис. 19. Вогнище соснового вусача, виявлене при авіатаксації (за матеріалами «Вінницялісозахист»)



Рис. 20. Сильне об'їдання сосновим пильщиком, виявлене при авіатаксації (за матеріалами «Вінницялісозахист»)

На робочу топографічну карту наносяться ділянки лісу, де виявлено об'їдання хвої комахами, наявність всихання, зміна забарвлення пологу або зрідженість крон, а також інші негативні зміни в стані лісового фонду. На кожній ділянці вказують ступінь, причину (орієнтовно) і характер пошкоджень, які в процесі наземних робіт уточнюють. Авіалісопатологічна таксація проводиться з висоти 400 - 500 м за маршрутами, наміченими при авіарозвідці і камерально. Відстань між маршрутами може бути від 4 до 10 км, в залежності від рельєфу місцевості, місцезнаходження хвойних деревостанів і лісопатологічної ситуації. Загальна протяжність польотів – 1000 - 2500 км на 5000 га площі, що обстежується. Пошкодження полога деревостанів хвоє- і листогризучими шкідниками оцінюється за шкалою, при втраті хвої (листя),%:

- слабе до - 25;
- середнє - до 50;
- сильне - до 75;
- суцільне понад - 75.

Ступінь всихання насаджень оцінюється за часткою всихаючих і сухостійних дерев, з точністю 20%. Осередки розселення комах виявляють при авіалісопатологічній таксації. При цьому відхиленнями вважається:

- об'їдання полога комахами 20%;
- наявність усихаючих і свіжих сухостійних дерев 10%;
- наявність сухостою минулих років 20%;

– вітровальнікі і свіжі гарі 10 га.

За матеріалами авіалесопатологічної таксації складають робочу схематичну карту в масштабі вихідного документа (топокарти або плану лісонасаджень) і оперативний план вибіркового наземного обстеження, в яких вказується потреба в літальних апаратах і льотному часі, пункти і черговість висадок лісопатологічних груп, протяжність і напрямок маршрутних ходів, тривалість роботи на посадках. Пункти висадок і маршрути наземного обстеження планують з розрахунком можливо більшого охоплення пошкоджених насаджень, виявлених з повітря, а також найбільш цінних лісових масивів. Десантно-наземні вибіркові обстеження проводять лісопатологічні групи по маршрутним ходам. Обсяг десантно-маршрутних обстежень (наземних робіт) планується з середнього розрахунку: на 1000 га - не менше 25 висадок, на 5 км маршрутного ходу - 200 модельних дерев, для визначення видового складу хвоегризучих шкідників, а також не менше 30 пробних площ для визначення стану насаджень. В процесі наземного обстеження дається детальна характеристика санітарного та лісопатологічного стану насаджень. Робота здійснюється групами не менше 3-х чоловік під керівництвом інженера-лісопатолога. Отримавши завдання, група готує викопіювання з плану лісонасаджень, збирає всю відому інформацію про санітарний та лісопатологічний стан деревостанів і лісогосподарську діяльність на цій ділянці за останні 5 років, готує бланки документів із заповненням відповідних граф матеріалами з таксаційних описів і журналу авіалісопатологічної таксації. Десантні групи лісопатологів закидають на пункти висадки наземним транспортом. Лісопатологічна таксація і детальні роботи виконуються в пунктах обліків через 0,5 - 2 км, в середньому через кожен кілометр маршруту, в залежності від складу деревної рослинності і лісопатологічної обстановки. Таксується частина насаджень, пройдена від попереднього пункту обліку. В соснових і ялинових насадженнях таксується вся площа, яка перетинається маршрутом виділу. В журналі лісопатологічної таксації ведеться абрис з нанесенням таксаційних і лісопатологічних виділів, пунктів обліку та пробних площ. Там же робиться запис про лісопатологічний і санітарний стан насаджень із зазначенням ступеня пошкодження деревостанів (рис. 21), розподіл дерев за категоріями стану, ступенями втрати хвої (листя), пагонів і гілок, вказується розподіл в відділ пошкоджених, ослаблених, усихаючих і сухостійних, сильне об'їдання сосновим пильщиком, виявлене при авіатаксації, осередок чорного ялинового вусача, виявлений при авіатаксації дерев (одиночне, групове, куртинне, рівномірне, суцільне). Свіжий хмиз і бурелом враховують у випадках, якщо їх запас становить не менше 20 м³ на 1 га, із зазначенням причин і часу освітлення, заселеності стовбуровими шкідниками. У місцях рубок вказується наявність залишеної в лісі деревини, її кількість, час заготівлі, наявність на ній поселень стовбурових шкідників, призначаються оздоровчі заходи. Чисельність хвоегризучих шкідників визначається на модельних деревах.



*Рис. 21. Сильне об'їдання сосновим
пильщиком, виявлене при наземній
таксації*



*Рис. 22. Обліки методом обстукування
модельних дерев при наземній
таксації насаджень*

У кожному пункті обліку береться не менше 3 - 4 модельних дерев методом обстукування на обліковий полог (рис. 22), кожне десяте дерево після остукування звальюється для обліку, чи залишилися в кроні гусениці, кокони та яйця. Пізніше за цими даними можуть бути обчислені поправочні коефіцієнти до чисельності шкідника. Всі зрубані дерева аналізуються як моделі на стовбурових шкідників і гнилі з метою виявлення видового складу і заселення (ураження) ними дерев різних порід і стану. Осінній облік шкідників проводиться після їх відходу на зимівлю. Для осіннього обліку підбирають найбільш заселені насадження. Пробні площі (не менше 3-х на кожній висадці) з взяттям модельних дерев з усіх категорій стану закладають з метою виявлення причин ослаблення деревостанів. У випадку необхідності подальшого нагляду за динамікою стану насаджень закладають постійні пробні площі – не менше 3-х на 1000 га обстеженої площі.

Польові стаціонари організовують з метою визначення кількісних і якісних показників стану популяції шкідника. На стаціонарі організовується збір, вивчення і зберігання зразків комах, зібраних на посадках. До якісних показників, що характеризує стан шкідника і фазу його спалаху, відносяться: співвідношення статей; плодючість шкідників; мінливість їх забарвлення; чисельність і діяльність хижих і паразитичних комах; поширеність хвороб; специфічні показники спалахів, властиві окремим видам хвоє- і листогризух комах. В процесі полекамеральних робіт, виконуваних паралельно з натурними роботами або після їх завершення, але до від'їзду польової партії з польових робіт, попередньо обробляють польові матеріали, виконують розрахунки і складають проекти невідкладних заходів, а також проходить їх узгодження з керівництвом лісогосподарських підприємств. Виконавці складають санітарні огляди і доповіді по об'єктах робіт, проводять наради при територіальних органах управління лісовим господарством.

Камеральні роботи включають проектування винищувальних і оздоровчих заходів, що призначаються на наступний рік, остаточну

обробку польових матеріалів, складання, оформлення і відправку замовнику готової документації – звіту і картографічних матеріалів.

6.2. Наземні експедиційні лісопатологічні обстеження.

Наземні експедиційні лісопатологічні обстеження, як правило, призначають у впорядкованих лісах в зоні інтенсивного ведення лісового господарства або в особливо цінних лісах, якщо кількість осередків шкідників і хвороб лісу або ослаблених і всихаючих насаджень перевищує можливості служби захисту лісу. При цих обстеженнях, як правило, спостерігається сильне об'їдання сосновим пильщиком, виявлене при наземної таксації. Облік методом обстукування модельних дерев на обліковому полозі вирішує наступні завдання: визначення ступеня пошкодження насаджень, видового складу шкідників і хвороб, їх щільності, кордони заселеної або зараженої площі, шкодочинності, виявлення інших несприятливих для лісу факторів, в тому числі господарської діяльності людини, а також призначення і проектування винищувальних, санітарно-оздоровчих і лісогосподарських заходів. Наземні обстеження поєднують лісопатологічну таксацію – окомірне рекогносцирувальне обстеження за маршрутними ходам і детальні роботи. Основне призначення детальних робіт – уточнення даних окомірної таксації по виявленню видів шкідників, хвороб, інших несприятливих для лісу факторів, уточнення їх шкодочинності, визначення стану насаджень для прогнозу збитку і обґрунтування призначаються лісозахисних заходів. Основний об'єкт лісопатологічної таксації – лісовпорядний виділ. Якщо частина виділу різко відрізняється за своїм станом, то його виділяють в самостійний лісопатологічний виділ. Його площу визначають на око і наносять на робочий план лісонасаджень. Мінімальна площа лісопатологічного виділу повинна бути не менше 1 га. Маршрути лісопатологічної таксації планують з урахуванням необхідності заходу по огляду ділянки, які обираються лісопатологом відповідно до вирішуваних завдань. Протяжність маршрутів повинна бути від 12 до 20 км на 1000 га обстежуваної площі. Результати окомірної лісопатологічної таксації виділу повинні відображати: розподіл дерев за категоріями стану від загального числа дерев даної породи (для всихаючих насаджень, свіжого і старого сухостою, хмизу – вказується запас деревини); інтенсивність пошкодження крон дерев, %; види шкідників, хвороби і інші причини ослаблення і всихання; розподіл в виділі пошкоджених, ослаблених і всихаючих дерев: поодинокі (1 - 2 дерева), групове всихання (3 - 10), куртинне всихання (більше 10) і рівномірне суцільне всихання (від 0,25 га и більше); тип всихання і заселення дерев – комелевий, стовбуровий, верховий, одночасний, місцевий; наявність вітровалу і бурелому на 1 м³/га, а також не вивезеної готової лісопродукції в кубічних метрах, її стан, час появи або заготівлі; різкі зміни в складі і повноті насаджень в порівнянні з лісовпорядними даними; ділянки для детальних робіт; попередньо призначаються санітарно-оздоровчі заходи. При визначенні санітарного стану насаджень у всіх випадках, як правило, до всихаючих прийнято відносити насадження, в яких поточний відпад в 2

рази і більше перевищує природний. Поточний відпад складається з усихаючих дерев, свіжого сухостою, свіжого бурелому і вітровалу. Прийнято вважати відпад природним, якщо він не перевищує в деревостані 3%, в молодняках – 4% загального числа дерев досліджуваної породи. Ступінь ослаблення насадження на виділ в цілому або кожної деревної породи визначають як середнєзважену величину з категорій стану. Якщо її значення не перевищує 1,5 – насадження відносять до здорових, 2,5 – до ослаблених, 3,5 – до сильно ослаблених, 4,5 – до всихаючих. В процесі камеральних робіт на необстежуваних виділах з аналогічною таксаційною характеристикою може бути поширена аналогічна лісопатологічна характеристика. Однак це повинно бути обґрунтовано в звіті на підставі екологічних властивостей деревних порід, виявлених шкідників і збудників хвороб, закономірностей впливу інших несприятливих факторів. При детальних роботах кількість пробних площ в насадженнях береться з середнього розрахунку 2 - 3 проби на 100 га. Кожна пробна площа повинна включати не менше 100 дерев породи, яка обстежується.

При обліку щільності хрущів, кількість ґрунтових ям планується з середнього розрахунку 40 ям на кожні 100 га лісової площі. При обробці польових матеріалів по кожному виду шкідників, хвороб або їх комплексу аналізується динаміка вогнищ за останнє десятиліття, завдані збитки, застосовані лісозахисні заходи та їх ефективність. За матеріалами обстеження вказується розподіл площі вогнищ за ступенем заселеності і ступенем нанесення шкоди, співвідношення статей шкідників, вага лялечок самок, ступінь поліморфізму і інші властивості популяції в залежності від виду шкідників або хвороб, вказується фаза спалаху, дається прогноз подальшого розвитку спалаху і шкідливості. Польові і камеральні роботи при наземних експедиційних лісопатологічних обстеженнях аналогічні роботам при десантних експедиційних обстеженнях.

6.3. Особливості обліків чисельності та організації моніторингу в комплексних осередках шкідників.

Незважаючи на те, що осередки масового розмноження фітофагів зазвичай враховують за видовою приналежністю шкідника, найчастіше в осередках спостерігається збільшення чисельності і інших фітофагів. Наприклад, в осередках масового розмноження сибірського шовкопряда (коконопряда) (*Dendrolimus superans sibiricus*) часто спостерігається підвищення чисельності хвойної (*Callitera abies*) або білозубчатої (*C. albobidentata*) вовнянки. В осередках соснового п'ядуна, часто спостерігається підвищена чисельність соснового вусача. У березових насадженнях центральної частини зони Полісся України часто відбуваються спалахи так званої літньо-осінньої групи листогризучих шкідників берези, до складу якої входить близько 30 видів метеликів і пильщиків. Майже завжди в осередках масового розмноження листокруток в дібровах спостерігається підвищена чисельність не тільки зеленої дубової (*Tortrix viridana*), але і декількох інших листокруток, зокрема глодової (*Cacoecia crataegana*), палевої (*Aleimma loeflingiana*), строкато-золотистої (*Archips xylosteana*),

розанної (*A. rosana*), свинцевополосої (*Ptycholoma lecheana*) та інших. Крім листокруток, в осередках їх масового розмноження часто спостерігалась підвищена чисельність вогнівок-акробатів (*Acrobasis zelleri*, *A. sodalella*) і ряду видів ранніх совок. Іноді виникають вогнища таких фітофагів, особливості біології яких, в тому числі і фенологія, дуже різні. Так, наприклад, в першій половині літа крони пошкоджує непарний шовкопряд, а в другій половині – сильніше пошкодження листю наносять гусениці ряду видів літньо-осінньої групи. В силу сильного і тривалого пошкодження крон деревостани сильно послаблюються, в них кругом спостерігається розвиток епіфітотій бактеріальної водянки берези, що призводять до остаточної загибелі насаджень. У хвойних насадженнях іноді спостерігаються комплексні вогнища рудого соснового пильщика, зірчастого пильщика і шовкопряда-монашки (таблиця 8). В цьому випадку відмінностей фенології невеликі.

Таблиця 8

Видовий склад хвоєгризучих шкідників в комплексному осередку ураження в умовах Державного підприємства «Житомирське лісове господарство»

Вид шкідника	Щільність популяції	Загроза знищення хвої, %	Термін максимального ушкодження
Рижий сосновий пильщик	до 1000 яєць/одне дерево	50-100	травень
Сосновий лубоїд	10-50 екземплярів на 1 м ²	30-100	травень-червень
Шовкопряд - монашка	100-300 яєць на дерево	30-50	червень

Подібні осередки послаблюють резистентність деревостану, так як фітофаги пошкоджують дерева в різні терміни. Визначення стану дерев і облік чисельності шкідників в кожному комплексному вогнищі має свої особливості. Без урахування цих особливостей не можливо прийняти правильне рішення про призначення заходів в даних осередках. Робота в таких осередках вимагає особливої уваги і додаткових затрат праці. До початку виконання облікових робіт в осередках масового розмноження будь-яких шкідників, необхідно точно визначити видову приналежність тих комах, спалах масового розмноження яких виявлений в тому чи іншому конкретному лісовому виділі. Навіть незважаючи на те, що раніше вид шкідника вже був визначений іншими працівниками лісового господарства або лісопатологом, кожен раз, потрапляючи в осередок, лісопатолог зобов'язаний знову з усією ретельністю підійти до визначення видової приналежності фітофага. Якщо фенологія фітофагів близька, то час проведення обстеження в таких осередках лісопатолог визначає за термінами розвитку найбільш масового виду. Обліки ведуть так само, як і в звичайних вогнищах, але показники чисельності записують за кожним

видом окремо. Особливо важливо знати особливості біології видів, що обліковуються. Наприклад, проводячи обліки лялечок літньо-осінньої групи в підстилці, не можна зробити вірний висновок про чисельність стрільчаток - зайчик (*Acronicta leporina*) або псі (*A. psi*), так як гусениці цих видів заляльковуються не в підстилці, а в деревині опалих гілок, пеньків і хмизу. При обстеженні таких вогнищ слід пам'ятати, що при заляльковуванні гусениці двоколірної хохлатки (*Leucodonta bicoloria*), хохлатки-верблюдки (*Pterodon carucina*) та інших видів хохлаток, вони споруджують з матеріалу підстилки легкий кокон, який маскує їх і часто робить погано помітним при розкопках. Лялечки точкової пухоспинки (*Ochropacha duplaris*) розміщуються між листочками відпаду і досить добре утримуються між ними, завдяки гачкам кремастера і в силу цього їх там дуже легко не помітити. Тому, потрапляючи в осередок масового розмноження фітофага, лісопатолог, крім обліку встановленого виду шкідника, повинен провести рекогносцирування і перевірити наявність інших фітофагів. При проведенні обстеження по зимуючим стадіям шкідника, лісопатолог визначає чисельність кожного виду окремо і по ньому встановлює загрозу ураження. Після того як загроза ураження крон визначена по кожному виду, її підсумовують. У комплексних осередках облік чисельності кожного виду проводиться окремо. При розрахунку загрози нанесення можливих пошкоджень, необхідно враховувати, що фітофаг, який першим завдав ушкодження, до часу харчування личинок іншого шкідника вже знищив частину фітомаси, тому загроза нанесення ушкоджень повинна бути розрахована з урахуванням цього факту. Якщо при проведенні обстежень осередків масового розмноження шкідника встановлено, що в тій чи іншій ділянці існують ознаки ураження дерев патогенними мікроорганізмами, необхідно провести обстеження на ураження лісу цими патогенами. Таке обстеження допоможе більш правильно оцінити ситуацію. Наприклад, у вогнищі масового розмноження непарного шовкопряду на березах відзначено розвиток вогнища бактеріальної водянки. В цьому випадку слід провести спеціальне обстеження на зараженість дерев цим захворюванням. Спостерігалися випадки, коли в осередку масового розмноження соснового п'ядуна, гусениці знищили близько 50% хвої, а решта хвої восени була вражена ценангіозом (збудник *Cenangium abietis*). В результаті в зимово-весняний період вся пошкоджена гусеницями і ценангіозом хвоя загинула. Для визначення сумарного ступеня ослаблення древостану різними факторами, треба ступінь ослаблення, до якого може привести один фактор, помножити на ступінь ослаблення від іншого чинника. Якщо в осередку присутні шкідники з різних екологічних груп (див. розділ 10), необхідно провести окреме обстеження по кожному з фітофагів. Наприклад, в осередках зірчастого пильщика-ткача в культурах сосни в Малинському та Овруцькому районах Житомирської області часто спостерігається підвищена чисельність соснового підкірного клопа. Нанесення сильних пошкоджень кронам сосен личинками ткача створює більш сприятливі умови для життєдіяльності клопа, і його чисельності так само, як і

шкідливість в таких місцях може значно зрости. Проводити обстеження в таких місцях необхідно за кожним видом шкідника окремо, а при призначенні конкретних заходів щодо захисту, слід враховувати характер вогнища. У наведеному нами прикладі успішний захист лісу від личинок ткача буде і своєрідною мірою захисту від клопа, так як збереження повної охвоєності крон перешкоджає зростанню чисельності клопа. Таким чином, приймаючи рішення про проведення заходів захисту в конкретному типі вогнища, необхідно пам'ятати про наявність в ньому інших небезпечних для лісу організмів. Неприпустимо, проводячи заходи захисту проти одного шкідника, створювати умови, що сприяють поширенню шкідливості інших шкідників і хвороб.

РОЗДІЛ 7. МЕТОДИ ОБЛІКУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ХВОЄ- ТА ЛИСТОГРИЗУЧИХ КОМАХ

Під обліком хвоє- і листогризучих шкідників розуміються дії, що дозволяють отримати оцінку щільності їх популяцій з певним ступенем точності і достовірності. Під щільністю популяції розуміється число особин фітофагів, віднесене до одиниці обліку: модельної гілки, дерева, 1 м² поверхні ґрунту або підстилки, маси листя або хвої. Екологічна щільність популяції – число фітофагів на одиницю зеленої маси листя або хвої. Абсолютна щільність популяції – число комах, віднесене до одиниці лісової площі (га, м²). Облік лежить в основі моніторингу і використовується при всіх видах обстеження для прогнозу розвитку осередків та прийняття рішень про доцільність призначення заходів захисту. Дані про екологічну і абсолютну щільності популяції фітофагів характеризуються точністю і достовірністю. Точністю (або помилкою) називається величина відхилення від середнього значення щільності популяції, отриманого в результаті застосування одного і того ж методу вибірки. Вона обчислюється як помилка середньої при статистичній обробці даних обліку і виражається в абсолютних одиницях, або в % від середньої. Відносна похибка статистичної вибірки по чисельності популяції шкідника обчислюються як:

$$X \pm \frac{s}{\sqrt{N}}$$

де:

X – загальне середнє значення щільності популяції шкідника;

S - стандартне квадратичне відхилення;

N – загальний обсяг статистичної вибірки.

Достовірністю називається величина відхилень від істинного середнього значення щільності популяції при заданому рівні ймовірності. Ця оцінка є інтервал наближеного середнього значення, що залежить від відповідного табличного коефіцієнта t, величина якого, в свою чергу, визначається рівнем ймовірності.

Довірчий інтервал для середнього значення (X) становить:

Рівень ймовірності.	Середнє значення з довірчим інтервалом.
0,68	$x \pm 1,000 \frac{s}{\sqrt{N}}$
0,90	$x \pm 1,645 \frac{s}{\sqrt{N}}$
0,95	$x \pm 1,960 \frac{s}{\sqrt{N}}$
0,99	$x \pm 2,576 \frac{s}{\sqrt{N}}$

7.1. Розташування облікових одиниць за площею ділянок та їх число.

Розташування облікових одиниць (модельних дерев, майданчиків) по площі ділянок лісу може бути здійснено 4-ма способами: випадковим, відбором, систематичним, а також комбінацією цих методів; методом пошарової вибірки. Простим випадковим відбором називається спосіб отримання одиниць із сукупності, при якому кожна одиниця має рівну ймовірність бути відібраною. Це завдання вирішується за допомогою таблиці випадкових чисел (додаток 2). Наприклад, нам потрібно відібрати для аналізу 15 кладок шкідника зі 100 зустрінутих. Будемо рухатися по таблиці зліва направо. Перше число відзначаємо навмання кінцем олівця (наприклад, другий стовбець шостий рядок зверху - 51) і далі зліва направо 78, 57, 96, 17, 34, 87, 96, 23, 95, 04, 43, 13, 37, 79. Переставимо числа за абсолютною величиною від меншого до більшого. Таким чином, для отримання випадкової вибірки з 15 кладок необхідно взяти 4-ту, 13-ту, 17-ту, 23-ю і т. д. виявлені кладки. Якщо необхідно вибрати, наприклад, 15 кладок з 500 зустрінутих, то з таблиці беруться числа трійками. Числа більше 500 відкидаються. У тому випадку, якщо в насадженні необхідно визначити місця взяття моделей або облікових майданчиків, то застосовують такий спосіб. Дві суміжні сторони ділянки приймають за осі координат, попередньо вирівнявши їх на плані. Потім кожну сторону ділять на 100 рівних частин і, застосовуючи далі пари випадкових чисел з таблиці додатку 2, намічають місця взяття облікових одиниць. При вимірюванні відстаней від осей до місць взяття облікових одиниць не потрібно особливої точності, досить відміряти її кроками. Під "систематичним", розуміється таке розташування облікових одиниць, при якому розташування першої одиниці вибирається випадково, а всі наступні – через рівні інтервали один від одного. У культурах облікові площадки розташовуються перпендикулярно напрямку рядів, причому коротка сторона облікової площі розташовується на лінії ряду. Для підвищення ефективності облікових робіт застосовується пошарова вибірка. Вона полягає в тому, що простір, зайнятий популяцією фітофагів, ділиться за якимих-небудь екологічними ознаками на категорії, в яких щільність популяції різна. Це можуть бути зони вогнища ураження комахами та шкідниками, типи лісу, насадження різного віку, простір під і між кронами та інше. У цих категоріях ділянок (шарах) розміщують пробні одиниці (випадково або систематично) пропорційно їх об'єму і обчислюють середню щільність популяції для кожного шару. Загальна середня чисельність популяції шкідника визначається за формулою:

$$X_{\text{заг}} = \frac{\sum N_i Y_i}{N}$$

де:

$X_{\text{заг}}$ - середня щільність шкідника по всій ділянці;

N_i - обсяг популяції за площею ділянки;

Y_i - середня щільність популяції на обстежуваній ділянці;

N - сумарний обсяг популяції шкідника.

Загальна дисперсія визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}}^2 = \frac{\sum N_i^2 S_i^2}{N^2}$$

де:

$S_{\text{заг}}^2$ - оцінка дисперсії по всіх варіантах досліджу;

N_i^2 - загальна кількість обстежених варіантів;

S_i^2 - оцінка дисперсії в на обстеженій площі по варіантах досліджень;

N^2 - сумарна площа усіх обстежених ділянок.

Для того, щоб можна було повністю скористатися перевагами пошарової вибірки, обсяг шарів повинен бути відомий заздалегідь. Кількість облікових одиниць (розмір вибірки) при обліку чисельності хвое- і листогризух комах залежить від необхідної точності обліку або економічних міркувань. У деяких випадках потрібно визначити число пробних одиниць, які необхідно закласти, щоб отримати результати із заданою точністю і достовірністю. Для цієї мети необхідно в насадженні взяти попередню вибірку (випадково або систематично): 5-ти модельних дерев – при обліку шкідника в кроні дерева, а також шовкопряда-монашки і зимнього п'ядуна на стовбурах в кількості 10-ти пробних майданчиків – у разі обліку зимуючих або залялькованих в ґрунті або підстильці комах; 15-ти модельних дерев – у разі обліку зимуючих гнізд гусениць златогузки; 25-ти модельних дерев – при обліку кладок непарного шовкопряда. Необхідна кількість проб визначається за формулою:

$$N = \frac{t^2 S^2}{X^2 \epsilon^2},$$

де:

t – коефіцієнт при заданому рівні ймовірності;

X – середнє значення щільності розселення шкідника при попередній вибірці;

S^2 – оцінка дисперсії;

ϵ - похибка вибірки, виражена в частках від одиниці (10% =0,1; 20%=0,2 і т. д.)

Оцінку середнього в межах вибірки роблять за формулою:

$$X = \frac{\sum x_i n_i}{N}.$$

Оцінка дисперсії визначається за формулою:

$$S^2 = \frac{\sum n(x_i - X)^2}{N - 1}.$$

При виробничих обліках рівень ймовірності зазвичай приймають рівним 0,68 і тоді коефіцієнт детермінації становить: $t = 1$.

Рівень ймовірності і значення коефіцієнта детермінації:

Рівень ймовірності	Значення коефіцієнта детермінації, t
0,68	1,000
0,90	1,645
0,95	1,960
0,99	2,576

Оцінки щільності популяції хвое- і листогризучих комах можуть бути отримані як для загальної площі насадження, так і для окремих її ділянок. Якщо бажано отримати оцінки щільності популяції для кожного з n ділянок, то обсяг вибірки буде в n разів більше, ніж для отримання оцінки щільності популяції тієї ж точності для всієї території. Всі способи обліку хвое- і листогризучих комах в лісах підрозділяються на наступні основні варіанти: облік комах в кроні дерева; облік комах на стовбурі дерева; облік комах в підстилці або ґрунті. Ці методи обліку дозволяють отримати екологічну та/або абсолютну щільність популяції. Для визначення великої кількості комах (або відносних змін в їх популяції) використовують методи обліку із застосуванням різних технічних засобів (обстукування, світлові та феромонні пастки і т. д.). Всі оптимальні методи обліку були отримані на підставі правила, згідно з яким вибирається та одиниця обліку, яка забезпечує мінімальну дисперсію при фіксованих витратах, або мінімальні витрати при фіксованій точності.

7.2. Облік комах в кроні дерева.

Облік комах в кроні дерева поділяється на загальний і місцевий. Загальний вживається для всіх видів комах, крім дубової зеленої листовійки і златогузки. Якщо модельну гілку можна зрізати з землі за допомогою технічного пристосування, то облік зимуючих кладок яєць або інших фаз розвитку комах, які перебувають в кроні, проводять по одній модельній гілці першого порядку, взятої з середини крони дерева, або по одній модельній гілці другого порядку, коли діаметр гілки першого порядку перевищує 2 см перед її охопленням або облистяної частини. Обрана гілка зрізається і опускається на землю. На гілці проводять підрахунок комах. У випадку обліку кладок яєць при детальному нагляді визначають середнє число яєць в кладці, для чого аналізують 15 кладок (або ж всі знайдені кладки, але не більше 15). В разі обстеження осередків аналізують 50 кладок. Число яєць в кладці визначають безпосереднім їх підрахунком або ж зважуванням кладок і використанням даних додатку 1. Зібрані кладки яєць аналізують на зараженість паразитами, хворобами; визначають смертність від хижаків і число незапліднених яєць. Для цієї мети аналізують не більше 300 яєць (по 100 з кожної проби) у разі детального нагляду. При обстеженні вогнищ аналізують 1000 яєць з різних насаджень, відібраних випадково або систематично. Для переведення отриманого результату в екологічну щільність (100 г зеленої маси)

вимірюють діаметр модельної гілки перед її охвоєнням або облистяною частиною (рис. 23) і, використовуючи додаток 3, визначають запас зеленої маси на ній. Число комах на гілках ділять на масу листя або хвої в грамах і множать на 100. Наприклад, на модельній гілці діаметром у освоєній її частині рівним 1,5 см, виявлено 78 яєць рудого соснового пильщика. Кількість хвої на гілці - 119 г, тоді екологічна щільність пильщика (число яєць на 100 г хвої) дорівнює:

$$\frac{78 \times 100}{119} = 65.6 .$$

Якщо облікову гілку зрізати з землі не представляється можливим і потрібно підйом в крону, то береться одна модельна гілка першого порядку з середини крони не більше 5 см в діаметрі перед її охвоєною або облистяною частиною або модельна гілка другого порядку (якщо модельна гілка першого порядку перевищує 5 см в діаметрі). Для скорочення часу підрахунку комах на гілках застосовується метод чисельного інтегрування, наприклад за формулою прямокутників. Для цієї мети жива частина гілки ділиться по довжині на дві або три рівні частини. У середині кожної частини вирізається шар 20 - 50 см (рис. 24) в залежності від довжини гілки. На елементах гілки, які потрапили в цей шар, підраховують чисельність шкідника. Загальна кількість комах на гілках при двох шарах обліку визначають за формулою:

$$V = \frac{H}{2} \left(\frac{V_1 + V_2}{l} \right) .$$

$V_{1,2}$ – загальна чисельність шкідникаі;

H - довжина живої частини гілки, см;

l - товщина ураженого шару деревини(1 - 3 см).

При трьох шарах обліку, загальне число шкідника на гілці підраховують за формулою:

$$V = \frac{H}{3} \left(\frac{V_1 + V_2 + V_3}{l} \right) .$$

Отриманий результат перекладається в екологічну щільність зазначеним вище способом. Дані обліку комах на модельних гілках записують в форму 1. Для розрахунку кількості гусениць на середнє дерево в насадженні можна використовувати таблиці фітомаси (додаток 4).

Облік комах в кроні дерева по одній модельній гілці
Лісгосп _____ Лісництво _____ Дата _____

Ділянка	Кв., вид.	Площа, га	№ моделі	Діаметр модельної гілки, см	Маса листя або хвої на гілці, г	Чисельність комах на гілці, шт	Щільність шкідника на 100 г зеленої маси, шт	Примітка



Рис. 23 Вимірювання діаметру модельної гілки

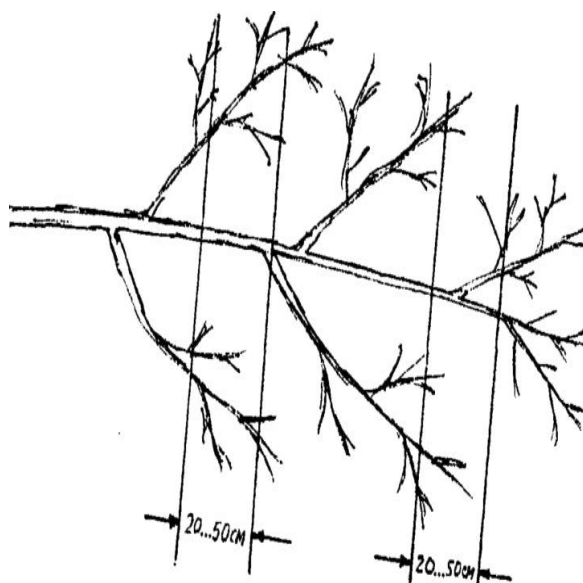


Рис. 24. Порядок пошарової вибірки при обліку на модельних деревах

7.3. Окремі випадки обліку хвоє - і листогризух комах в кроні дерева.

Облік кладок яєць дубової зеленої листовійки. При обліку кладок яєць дубової зеленої листовійки на дереві приблизно в 3 м від вершини відпилюють гілку 3-метрової довжини. На цій гілці виділяють відрізок стрижневої гілки діаметром від 1 до 2 см довжиною 50 см і відрізки гілок вищих порядків (2, 3 і т. д.) з діаметром від 0,5 до 1 см і загальною довжиною 2 м. На цих гілках підраховують число кладок яєць. Отриманий результат для перекладу в екологічну щільність множать на коефіцієнт. Дані обліку заносять в форму 2.

Таблица 9

Перевідні коефіцієнти від щільності кладок листокрутки на відрізках гілок до щільності яєць на 100 г сирого листа дуба.

Вік деревостану, років	30	40	50	60	70	80	90	100
Перевідний коефіцієнт на 100 г сирого листа.	0,74	1,02	1,06	1,14	1,21	1,27	1,32	1,33

Облік чисельності дубової зеленої листокрутки**Лісгосп _____ Лісництво _____ Дата _____**

Ділянка	Кв., вид.	Площа, га	Вік деревостану	№ моделі	Чисельність кладок яєць, шт			Перевідний коефіцієнт на 100 г. сирого листя	Щільність яєць на 100 г. сирого листя	Примітка
					на 0,5 м. стрижнев ої гілки	на 2 м. гілок вищих порядків	сумарна кількість на модельній гілці			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Метод розроблений для центральних районів Житомирської області. У разі обліку кладок яєць дубової зеленої листовійки в інших регіонах, можна застосовувати загальний випадок обліку шкідників в кроні дерева, тобто однієї модельної гілки з середини крони. При обстеженні вогнищ для скорочення часу обліку застосовують план послідовної вибірки. При осінньому обліку кладок всі виявлені яйця розчавлюють кінцем складного ножа, щоб не допустити помилки і не підрахувати одні і ті ж кладки, і роблять аналіз їх стану. Здорові кладки при роздавлюванні видають тріск, і з них витікає помаранчева рідина, при роздавлюванні ж загиблих тріска не чути, і рідина, якщо і випливає, то в незначній кількості. Навесні перевіряють життєздатність яєць. Для цієї мети або проводять повторний облік, або перед виходом гусениць з яєць випадково або систематично відбирають не більше 300 яєць з різних насаджень. Всі знайдені кладки поміщають в лабораторію. Через один-два тижні підраховують гусениць, що вийшли.

Облік зимуючих гнізд гусениць златогузки. Облік зимуючих гнізд гусениць златогузки здійснюють візуально з землі після опадання листя на всій кроні дерева. Для підрахунку середнього числа гусениць в гнізді, виявлення причин смертності гусениць і кількісної оцінки дії цих причин випадково або систематично збирають і аналізують 10 гнізд (або ж всі гнізда, але не більше 10) при детальному огляді. При обстеженні вогнищ аналізують 50 гнізд. Зрізані гнізда розкривають і підраховують в них кількість здорових і уражених гусениць. У зв'язку з труднощами аналізу гнізд гусениць златогузки, можна навесні внести зазначене вище число гнізд в лабораторії, помістити їх в садки і, після виходу з них гусениць, встановити, скільки здорових особин припадає в середньому на одне гніздо. Для визначення екологічної щільності златогузки, визначивши кількість здорових гусениць на дерево, за таблицями (Додаток 4) визначають запас зеленої маси. Число гусениць на дереві ділять на масу листя в грамах і множать на 100. Результати обліку заносять в форму 3. Наприклад, на дереві виявлено 10 гнізд. Середнє число здорових гусениць в гнізді близька 150. Тоді число гусениць на дерево – 1500. По таблиці в додатку 5 маса листя на дереві дорівнює 7850 г. Екологічна щільність (кількість гусениць на 100 г листя) дорівнює:

$$\frac{1500 \times 100}{7850} = 19.1$$

Форма 3

Облік зимуючих гнізд гусениць златогузки
Лісгосп _____ Лісництво _____ Дата _____

Ділянка	Кв., вид.	Площа, га	№ моделі	Діаметр дерева	Вік деревостан, років	Маса листя на дереві, г.	Чисельність гнізд на дереві	Середнє число гусениць, шт		Щільність гусениць на 100 г. сирого листя	Примітка
								в гнізді	на дереві		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

7.4. Облік хвоє- і листогризучих комах на стовбурі дерева.

Облік кладок яєць непарного шовкопряда. Облік кладок яєць непарного шовкопряда здійснюють на модельних деревах, розташовуючи їх через рівний інтервал (2 - 5 м) при русі по прямій ходовій лінії. Ходова лінія намічається або по компасу, або з використанням помітних орієнтирів (просіки, дороги, яру і т.д.). При обліку кладок яєць оглядають комелеву частину дерев (глибокі тріщини кори, поранення на стовбурах, підмиті коріння заплавних дерев, що виступають над землею кореневі лапи, вигини стовбурів, дупла дерев або інші затишні місця). Одночасно кладки яєць підраховують на підрості, підліску, пеньках, рослинному покриві і т. п., які перебувають на території, зайнятої цим деревом. У разі дуже високої щільності кладок, коли важко визначити де закінчується одна кладка і починається інша, визначають розмір бічної поверхні, зайнятої кладками, потім в межах цієї поверхні вибирають 2-3 ділянки (палетки) розміром 9 (3 x 3) см², визначають на них кількість яєць і перераховують на всю площу, зайняту кладками. Наприклад, бокова поверхня дерева, зайнята кладками, становить 63 см². Середня кількість яєць на 9 см² склало 75. Тоді кількість яєць на дерево дорівнює:

$$\frac{63 \times 75}{9} = 525 \text{ шт.}$$

Середнє число яєць в одній кладці визначають шляхом їх підрахунку в 15-ти кладках (або ж у всіх знайдених кладках, але не більше ніж в 15-ти при детальному огляді). При обстеженні вогнищ аналізують 50 кладок. Кладки збирають випадково або систематично. Середнє число яєць в кладці може бути також визначено шляхом зважування кладок і використовуючи данні додатку 1. Зібрані яйця аналізують на ураженість паразитами, хижаками (шкіроїди, птиці, інші хижаки), хворобами. Встановлюють відсоток незапліднених яєць. Визначають кількість здорових яєць на кладку. Для цієї мети аналізують не більше 300 яєць (по 100 з кожної проби) у разі детального огляду. При обстеженні вогнищ аналізують 1000 яєць з різних насаджень, відібраних випадково або систематично. Навесні,

перед виходом гусениць з яєць, випадково або систематично відбирають вказане число яєць і визначають зимову смертність для контрольного прогнозування. Для перерахунку отриманого результату на 100 г сирого листа (екологічну щільність), число яєць на дереві ділять на запас зеленої маси і множать на 100.

7.5. Облік хвоє-і листогризучих комах, зимуючих або залялькованих в ґрунті.

Облік хвоє- і листогризучих комах, зимуючих або таких, що залялькувались в ґрунті або підстилці здійснюється на пробних площах. Оптимальний розмір пробних площ для різних видів комах наводиться в таблиці 10.

Наприклад, для соснового насадження Іа класу бонітету у віці 50 років на 1 м² в середньому припадає 0,12 дерев. Тоді, розділивши чисельність шкідників на 1 м² на 0,12, отримаємо екологічну щільність на одне дерево.

Таблица 10

Оптимальний розмір пробних площ для різних видів хвоє-і листогризучих комах

Вид комах	Оптимальний розмір пробної площі	
	м²	розмір
Лунка срібляста Дубовка хохлата	0,5	50 x 100
Соснова совка Сосновий п'ядун Сосновий шовкопряд	0,25	25 x 100
Зірочний ткач-пильщик	0,25	25 x 100
Рижий сосновий пильщик Звичайний сосновий пильщик	0,125	12,5 x 100
Червоноголовий ткач-пильщик	0,125	25 x 50

Для видів, що не увійшли в таблицю 10, оптимальний розмір пробної площі визначається за лінійним розміром комахи, враховуючи фазу розвитку. Для видів, лінійний розмір яких дорівнює 30 мм і більше, оптимальними є пробні площі 0,5 м², при 29 - 10 мм – 0,25 м², а при 9 мм і менше – 0,12 м².

Визначивши середню щільність шкідника на пробній площі, результат переводять на 1 м². Для цієї мети дані, отримані на майданчиках розміром 0,12 м², множать на 8, розміром 0,25 м² - на 4 і 0,5 м² - на 2.

Для переводу отриманого результату в екологічну щільність (на 100 г зеленої маси або на одне дерево) визначають число дерев на одиницю площі (м²). Цю роботу можна виконати двома способами: за допомогою таксаційної характеристики насадження і додатка 6 або емпіричним шляхом.

Для визначення числа дерев на 1 м² емпіричним шляхом в обстежуваних насадженнях закладають пробні площі. У природних насадженнях закладають кругові пробні площі радіусом 5,64 м (100 м²). На 1 га насадження закладають 3 - 5 таких площ. В культурах на 1 га закладають 2 - 3 прямокутні пробні площі розміром 100 м² (15 x 20 м) при ширині міжряддя 2,5 м.

При обліку підстилку і ґрунту, проводять ретельний огляд на глибині залягання шкідника і вибирають не тільки особин, які обліковуються по виду, але і інших виявлених комах, в тому числі кокони наїзників і пупарії тахін. Лялечки метеликів і кокони пильщика сортують на самців і самок, порожні і повні, здорові і уражені, вказують, по можливості, причини ураження. Здорових самок зважують. Зимуючих гусениць шовкопряда і еонімф ткачів аналізують на ураженість паразитами, хворобами. У еонімф пильщика і ткачів, крім того, визначають відсоток діапаузируючих особин. Для з цією метою аналізують всі знайдені лялечки (коконі), але не більше 100 при детальному огляді, або 500 лялечок (коконів) в разі обстеження осередків для призначення винищувальних заходів. За кількістю здорових самок на 100 г хвого листя, їх плодючість (додаток 6) встановлюють екологічну щільність і далі визначають ступінь загрози насадження. Результати обліку заносять в форму 4.

Форма 4

**Облік хвоє- і листогризухих комах, зимуючих, що
щозаліляються в ґрунті або підстилці**

Лісгосп _____ Лісництво _____ Дата _____

Ділянка	Кв., вид.	Площа, га	№ пробної площі	Розмір пробної площі	Чисельність шкідників		Кількість дерев на м ²	Середній діаметр дерева, см	Висота дерева, м	Вік дерева, років	Маса листя та хвої		Повнота
					на пробі	на 1 м ²					на дерево	на м ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

7.6. Плани послідовних обліків.

При обстеженні вогнищ хвоє- і листогризухих комах для скорочення обсягу робіт застосовують плани послідовних обліків. У цьому випадку проводять облік чисельності будь-якої комах, по черзі закладаючи звичайні пробні площі (майданчики в ґрунті, модельні гілки і ін.) і зіставляючи їх результати зі спеціальним графіком. При побудові графіка обліку зазвичай виділяють 3 класу заселеності – високий, середній та низький, які пов'язують щільність комах в даному році з прогнозом майбутнього ураження насадження. При високому ступені заселеності можна очікувати 50% і більше пошкодження хвої або листя, середньої - 26 - 50, низькою - менше 25%.

Плани послідовних обліків розраховані для дубової зеленої листовійки, шовкопряда-монашки. Облік проводять окремо на кожному з виділених ділянок (одиниць обстеження). На прикладі пояснимо, як

користуватися графіками послідовного обліку. Наприклад, облік дубової зеленої листовійки на першому модельному дереві дав результат 240 яєць на 100 г сирого листа. Облік на другому модельному дереві дав результат 150 яєць на 100 г листа. Підсумовуємо результати обох обліків. Сума $240 + 150 = 390$ яєць. Отже, можна зробити висновок, що заселеність цієї ділянки висока, і припинити облік. Аналогічно роблять на наступній ділянці, що підлягає обстеженню.

7.7. Зворотний біноміальної облік.

При обстеженні вогнищ златогузки для скорочення об'єму робіт застосовується зворотний біноміальної облік зимуючих гнізд гусениць. Для того, щоб скористатися запропонованим методом, необхідно в ділянці насадження проаналізувати 25 дерев. Крону дерева оглядають окомірно. Якщо на дереві виявлено хоча б одне гніздо, облік припиняють і приступають до аналізу наступного дерева. Після аналізу 25-ти дерев обчислюють частку заселених дерев і далі визначають середню чисельність гнізд на дереві. Наприклад, з 25-ти оглянутих дерев 8 виявилися з гніздами златогузки. Таким чином, частка заселених дерев дорівнює:

$$\frac{8}{25} = 0,32$$

По оціночній таблиці знаходимо, що середня чисельність гнізд на дерево становить 0,6.

РОЗДІЛ 8. ОБЛІК СТОВБУРОВИХ ШКІДНИКІВ ЛІСУ

До стовбурових шкідників лісу відносяться комахи з родин: короїди (Scolytidae), вусачі (Cerambycidae), златки (Buprestidae), довгоносики (Curculionidae), рогахвости (Siricidae), деревоточці (Cossidae), скляниці (Sesiidae), а також деякі інші. Їх головною біологічною особливістю є приховане проживання всередині тканин деревних рослин, тому вони можуть успішно оселятися і розмножуватись тільки на ослаблених в тій чи іншій мірі деревах, що послужило підставою вважати їх "вторинними" шкідниками. Однак деякі види здатні поселятися на цілком життєздатних деревах або деревах з частковою втратою стійкості і призводити до їх загибелі. Такі види відносяться до груп "фізіологічних" і "власне вторинних", що мають найбільше господарське значення і підлягають першочерговому нагляду та обліку. Згідно 'Настановою по нагляду, обліку та прогнозуванню масових розмножень стовбурових шкідників лісу' (1993 року), облік чисельності і стану популяцій найбільш небезпечних видів стовбурових шкідників доцільно здійснювати лише в особливо великих осередках (понад 100 га), на особливо цінних ділянках насаджень і в інших відповідальних випадках. В інших випадках, насадження обстежуються з урахуванням стану насаджень із зазначенням їх заселеності шкідниками найважливіших видів. Поселення стовбурових шкідників зазвичай приурочені до одного з основних екологічних районів на стовбурі дерева – району товстої або тонкої кори. Так, наприклад, для великого соснового лубоїда (*Blastophagus piniperda*) типовим районом поселення на стовбурі сосни є товста кора, для малого соснового лубоїда (*Blastophagus minor*) – тонка кора. Неповне використання видом свого типового району поселення на дереві свідчить про його нечисельність або про несприятливі умови для розвитку. Якщо крім типового, заселяється ще і суміжний район поселення, це говорить про надмірну чисельності шкідника та хороші умови розмноження. Ряд видів стовбурових шкідників (наприклад: вусачі роду *Monochamus*, короїд-тіпограф (*Ips typographicus*) і ін.) використовують для поселення весь або майже весь стовбур, проте ступінь його заселення так само є показником розмноження виду. Послідовність заселення дерева комахами і складання ними екологічних угруповань (початкової, проміжної, кінцевої) залежить від типу ослаблення або відмирання дерева, наявності в лісі виду шкідника, часу ослаблення дерева (див. розділ 8.2). При обліку на дереві всього комплексу видів розселення комах слід виділяти види першопоселенці, які мають найбільше значення. Шляхом аналізу послідовності заселення дерева окремими видами комах визначають тип його ослаблення і відмирання, що необхідно враховувати при призначенні лісозахисних заходів і термінів їх проведення. Конкретні способи обліку стовбурових шкідників на дереві обумовлені нерівномірністю їх розподілу по стовбуру, викликаній мінливістю характеру кори по висоті стовбура, екологічними вимогами виду, іншими умовами. Так, наприклад, крива розподілу по стовбуру поселень малого

соснового лубоїда щодо полога, а по продукції молодих жуків – опукла. Максимум щільності поселення даного лубоїда припадає приблизно на середину району його поселення, а вихід молодих жуків – на 0,7 - 0,8 відносної висоти району поселення (Н). В оптимальній зоні показник щільності поселення перевищує його середнє значення в 1,26 рази, продукції – в 1,42 рази. У великого соснового лубіда розподіл по стовбуру сосни інший: максимум щільності поселення спостерігається в окоренковій частині стовбура, де він в 1,6 рази перевищує середнє значення. У чорного соснового вусаня (*Monochamus galloprovincialis*) максимум щільності поселення припадає на 0,3 Н, де його значення в 2 рази вище середнього. Розподіл поселень короїда-тіпографа по стовбуру дерева описується параболою другого порядку, а максимум щільності поселення доводиться на 0,5 – 0,6 Н, середнє значення цього показника – на 0,7 Н. На вітровальній ялині криволінійний характер розподілу поселень короїда-тіпографа менш виражений. Нерівномірний розподіл комах спостерігається і по колу стовбура, що призводить до необхідності вести облік шкідників на кільцевих палетка. Їх довжина по стовбуру дерева оптимізована з урахуванням довжини маточних ходів короїдів, числа поселень і ін. Високий ступінь мінливості щільності поселення і репродуктивності спостерігається і між деревами, що викликає необхідність збільшення числа модельних дерев. Розподіл заселених стовбуровими шкідниками дерев в насадженні залежить від багатьох причин. Найбільш характерними є груповий, куртинний, суцільний і дисперсійний розподіл. Обсяг вибірки дерев при закладці тимчасових і постійних пробних площ повинен враховувати ці особливості. При вирішенні більшості виробничих завдань достатня точність обліку, яка рівна $\pm 20\%$, В необхідних випадках її можна підвищити до $\pm 10\%$.

8.1. Загальний порядок аналізу модельного дерева.

Модельне дерево вибирають з числа заселених або відпрацьованих стовбуровими шкідниками, середнє за розмірами і типове за станом для даного вогнища. Відзначають його категорію стану, клас розвитку по Крафту, стан крони, кори і кореневих лап, наявність плодових тіл дереворуйнівних грибів та інших патологічних змін, вимірюють діаметр на висоті 1,3 см (в середньому висота грудей). Потім дерево зрубують, очищають від сучків, визначають вік дерева та наявність гнилі на пні. Проводять розмітку стовбура крейдою по метровим або двометровим відрізкам, вимірюють загальну висоту (м) і протяжність товстої і тонкої кори. При необхідності вимірюють діаметр (см) на половині висоти і розмічають стовбур на сортименти або відрізки. Вздовж стовбура сокирою або ножом роблять протесування шириною близько 10 см, встановлюють види що оселилися шкідливих комах, визначають стадію (фазу) їх розвитку. Для найважливіших видів визначають райони поселення, вимірюють їх протяжність (м) і зіставляють з протяжністю типового (оптимального) для кожного виду району поселення. З урахуванням стадій, або фаз розвитку шкідників, періодів їх льоту, а також стану дерева

визначають послідовність його заселення, причину і тип ослаблення і відмирання. Обравши оптимальну схему і конкретний спосіб обліку, на стовбурі розміщують облікові палетки, на яких до розтину кори підраховують льтні отвори комах, відзначають пошкодженість кори птахами, а після її розтину – число маточних камер, маточних ходів короїдів, личинок вусачів і інших комах, ходів личинок вусачів в деревині. Якщо шкідники не вилетіли, підраховують число молодих жуків, лялечок; встановлюють ураженість шкідників паразитами, хворобами; підраховують число хижих комах. На кожній з палеток вимірюють довжину маточних ходів короїдів. Загальна кількість вимірювань на дерево має скласти не менше 15. Далі розраховують найважливіші показники розмноження шкідливих комах: в середньому на дерево, на пробну площу або 1 га (див. розділ 1). Результати аналізу і розрахунку послідовно заносять у облікові відомості.

8.2. Вибірковий метод обліку на дереві.

Оптимальну схему обліку стовбурових шкідників на модельному дереві вибирають з урахуванням довжини району поселення, щільності поселення комах і необхідної точності обліку. Рекомендований розмір кругових палеток при обліку соснового лубоїда, короїда-тіпографа і аналогічних їм видів комах – 15 см; вусачів, златок, смолівок та інші – 25 см. При низькій щільності поселення, коли не набирається вказане вище число поселень, розмір палетки по довжині стовбура, відповідно збільшується.

8.3. Спрощені методи обліку стовбурових шкідників.

Безпосередній підрахунок числа маточних камер, маточних ходів короїдів, інших показників чисельності стовбурових шкідників (пробних площ і ходів в деревину личинок вусачів і т.п.) нерідко буває дуже трудомістким і технічно складним, особливо при дуже високій генерації і після додаткового живлення молодих жуків в місцях розвитку під корою. У цих випадках рекомендується використовувати методи спрощеного, або непрямого, обліку щільності поселення комах методами перетинів, трикутників і іншими.

Метод перетинів. При обліку щільності поселення короїдів з поперечними маточними ходами, наприклад малого соснового лубоїда, за допомогою крейди, нитки, шнурка і т. п. на ділянці стовбура зі знятою корою в місці розташування облікової палетки прокладають три поздовжніх лінії по 5 дм кожна, розташовуючи їх рівномірно по заселеній частині кола стовбура. Підраховують число пересічених лініями маткових ходів і потім визначають середнє число перетинів на 1 погонний дм. Маючи середню протяжність маточного ходу, по номограмі визначають середню щільність маточних ходів на 1 дм². При обліку щільності поселення короїдів з поздовжніми маточними ходами (великий сосновий лубоїд, короїд-тіпографа і ін.) проводять три лінії по колу заселеної частини стовбура, розташовуючи їх рівномірно в межах облікової палетки.

Вимірюють довжину кожної лінії, підраховують число пересічених ними маточних ходів короїда і середнє число перетинів на 1 погонний дм. Використовуючи середню довжину маточного ходу, по номограмі визначають щільність маточних ходів короїда на 1 дм².

Метод трикутників заснований на визначенні середньої відстані між трьома найближчими маточними камерами чи маточними ходами (або центрами майданчиків, прогризених личинками вусачів, проходів в деревину і т. п.), тобто на вимірі периметра трикутника, в вершинах якого знаходяться названі пошкодження. Викреслювати трикутники рекомендується крейдою, кольоровим олівцем і т. п. У кожній облікової палетки на стовбурі вимірюється (мм) периметр 5-ти трикутників, розташованих відносно рівномірно по колу заселеної частини стовбура. За середнім з усіх вимірів при допомозі номограми визначають щільність поселення шкідників на 1 дм². Цей метод доцільно застосовувати при обліку дрібних видів короїдів, що мають зіркоподібну систему ходів (гравер, верхівковий і т. п.). На повалених деревах, коли не всі вхідні отвори простих маточних ходів орієнтовані до окорінкової частини стовбура, слід вимірювати відстань між центрами маточних ходів.

Облік короїдів по вхідним і льотним отворам. На попередньо обмеженій обліковій палетці без розтину кори підраховують число вхідних отворів короїдів, які зазвичай розташовані в тріщинах кори. Кількість жуків (самців і самок) отримують множенням числа вхідних отворів на число жуків в сім'ї: у короїдів-моногамів (великий і малий соснові лубоеди) – 2,0; короїд-тіпограф – 3,0. Для інших видів рекомендується розраховувати статевий індекс, проаналізувавши 100 сімей. Щільність поселення батьківського покоління розраховують, розділивши число жуків на палетці на її площу. Даний метод використовують в тому випадку, якщо добре видно вхідні отвори короїдів і всі поселення жуків виявилися вдалими. Підрахувавши число льотних отворів молодих жуків, частіше розташованих відкрито на поверхні кори, отримуємо продуктивність (з урахуванням площі палетки). Далі можна розраховувати енергію розмноження, розділивши показник продуктивності на число жуків.

Облік пошкоджень дерев при додатковому харчуванні вусанів роду Monochamus. Для оцінки ступеня пошкодження крон дерев ялини звичайної, інших хвойних порід підбирають і зрубують 3 середніх за розмірами і за ступенем всихання крони (при наявності цієї ознаки) модельних дерева. Крону дерева розмічають по висоті на 3 частини – нижню, середню і верхню. У кожній частині підраховують кількість гілок (сучків) і в якості модельних беруть по одній середній за розмірами і ступенем всихання хвої. На кожній модельній гілці підраховують число гілок другого, третього і т.д. порядку, на яких враховують число погризів кори жуками вусачами, окільцьовуючи в тій чи іншій мірі ці гілки. Окремо враховують число гілок (гілочок, пагонів), всохлих від погризів вусача. Результати обліку перераховують на число гілок в кожній частині крони і на все дерево. При оцінці ступеня впливу вусача на життєздатність ушкоджених ними при додатковому харчуванні дерев мають на увазі, що

ялина може бути заселена цими шкідниками, а також і іншими видами стовбурових шкідників вже при всиханні 60% гілок крони, сосна – 80 - 100%. При одночасній дефоліації крон дерев гусеницями хвоегризучих комах і сосновими вусачами спостерігається зменшення резистентності насадження до цілого комплексу шкідників.

8.4. Облік стовбурових шкідників в насадженні.

Облік стовбурових шкідників в насадженні полягає в оцінці ступеня заселеності деревостану цими комахами, а в разі потреби також в оцінці їх чисельності в перерахунку на 1 дерево або 1 га вогнища. Заселеність деревостану стовбуровими шкідниками визначають шляхом огляду дерев при їх переліку на тимчасових або постійних пробних площах. Тимчасова пробна площа, в залежності від рівномірності (характеру) пошкодження або ослаблення деревостану, може бути стрічковою, шириною 10 м, або прямокутною, або у вигляді кругових майданчиків, а у випадках, коли немає необхідності переліку даних на 1 га вогнища – безрозмірною, тобто у вигляді переліку по ходовій лінії. Число дерев, що підлягають обліку на пробі, залежить від величини відпаду і необхідної точності обліку. Для досягнення точності, що дорівнює $\pm 20\%$, і при величині відпаду до 10% обліку підлягають не менше 150 дерев, при більшій величині відпаду – 100 дерев. На постійних пробних площах, зазвичай мають прямокутну форму або закладених у вигляді 3 - 5 кругових майданчиків радіусом до 20 м, враховується не менше 150 дерев. У змішаних насадженнях на тимчасовій пробній площі число дерев головної породи має бути не менше 80 шт., на постійній – не менше 120. При роботі в осередках стовбурових шкідників доцільно враховувати стан дерев в відповідності до «Санітарних правил в лісах України». При неможливості шляхом огляду знизу визначити заселеність дерев в кроні і верхньої частини стовбура, зрубують 1 - 3 контрольних дерева. Число заселених (відпрацьованих) стовбуровими шкідниками дерев по кожній категорії стану визначають (шт., або % на пробну площу), а потім – на 1 га вогнища. Результати перерахунку заносять у відповідну відомість. Для характеристики вогнищ одного типу загальне число пробних площ повинно бути не менше 3-5 шт. На пробній площі рекомендується аналізувати не менше 3-5 модельних дерев, а в осередках – не менше 15-20. Показники чисельності стовбурових шкідників слід визначати як середньозважені величини. Порядок аналізу модельних дерев викладено в розділі 8.1. Модельні дерева необхідно відбирати з числа заселених, вони повинні бути середні за розмірами і типові за станом для даного вогнища. Як правило, модельні дерева відбирають поза пробної площі. Облік чисельності великої соснового лубоїда на зимівлі проводять восени – з кінця вересня до стійкого снігового покриву. На пробній площі уважно оглядають нижню частину стовбурів сосен в районі кореневої шийки і кореневої лапи. Дереву поділяють на 2 категорії: з місцями зимівель лубоїда, тобто зі свіжими смоляними воронками, що свідчать про наявності зимуючих жуків, і без зимівлі. З числа дерев з зимівлями розкривають всі смоляні воронки у 3-5 модельних

дерев при точності $\pm 20\%$ і 5 - 10 шт. – при точності $\pm 10\%$. Визначають абсолютне число всіх зимуючих жуків, їх життєздатність, а при необхідності – їх статевий індекс, зараженість паразитами і т.п. За даними цього обліку розраховують запас зимуючих жуків на 1 га насадження:

$$P_{\text{га}} = \frac{P_{\text{зим}} \times D_{\text{зим}}}{n \times S_{\text{пр}}}$$

де:

$P_{\text{зим}}$ – загальна кількість зимуючих імаго жуків на модельних деревах, шт.;

$D_{\text{зим}}$ – кількість дерев на пробній площі з зимівлями жуків, шт.;

n – кількість модельних дерев, шт.;

$S_{\text{пр}}$ – площа проби, га.

Облік соснових лубоїдів по інтенсивності їх додаткового харчування.

Метод заснований на обліку опалих на підстилку або поверхню ґрунту пагонів сосни, пошкоджених сосновим лубоїдом при додатковому харчуванні. Облік проводиться пізньої осені, після опадання пагонів на землю, але до випадання снігу. При цьому підраховують число опалих пагонів на 3-5 майданчиках розміром 1 м² кожний, потім визначають середнє число пагонів на 1 м². Одночасно дають візуальну оцінку числа опалих пагонів (одиночно, масово, багато, дуже багато) і за обома показниками за допомогою даних встановлюють орієнтовний запас молодого покоління короїдів на 1 га насадження. Чисельність жуків можна встановлювати тільки за візуальною оцінкою числа опалих пагонів. Для досягнення точності обліку $\pm 10\%$, необхідно врахувати опалі пагони сосни на 20-25 майданчиках розміром 1 х 1 м, для точності $\pm 20\%$ - на 5-12 майданчиках того ж розміру.

8.5. Облік специфічних видів стовбурових шкідників.

Облік великого ялинового лубоїда, або дендроктона, проводять в залежності від характеру заселення ним дерев певної породи. На ялині можливий суцільний облік поселень лубоїда по свіжим смоляним воронкам, пов'язаний зазвичай до якихось дефектів на стовбурі (механічні пошкодження, тріщини, розгалуження стовбура і т.п.) від окорінкової частини і вище, в межах району поселення. На сосні так само можливий суцільний облік лубоїду по свіжих смоляних воронках, частіше розташованим біля кореневої шийки стовбура, і на кореневих лапах нижче поверхні підстилки. Після закінчення обліку необхідно розкрити 3 - 5 ходів лубоїду, щоб уточнити осередок його поселення, наявність під корою кладок яєць, личинок, лялечок і жуків шкідника. Загальна кількість модельних дерев – не менше 3 шт. на пробу. Облік чисельності деревинниці в'їдливої (*Zeuzera pygmaea*) і деревоточеці пахнастої (*Cossus cossus*) проводиться по екзувіям, а саме в середньому на одне дерево, або за кількістю заселених пагонів, що відрізняються прив'яненням і наявністю

вибуреного борошна біля розвилки гілок. Для більш точного обліку деревинниці розколюють 2-метрові окорінкові частини стовбура не менше ніж у 3-х дерев. При обліку заселеності тополь великою тополевою скляницею (*Aegeria ariformis*) і великим тополевым вусачем (*Saperda carcharias*) розколюють 1,5-метрові ввідрубкі комелевої частини стовбурів і верхні коріння дерев, яких беруть не менше 3 шт. Заселеність тополь темнокрилою скляницею (*Sciapteron tabaniformis*) і малим тополевым вусачем (*Saperda populnea*) визначають методом підрахунку галлів на гілках і стовбурах не менше ніж у 10 рослин. Поселення тополевого хоботника (*Cryptorrhynchus lapathi*) враховують не менше ніж на 3-х моделях, розколюючи 0,5-метрові відрубкі стовбурів. Отримані дані про кількість поселень шкідника у відповідній фазі розвитку, ураженості ентомофагами, хворобами перераховують в середньому на одне дерево.

8.6. Оцінка результатів обліку.

При веденні облікових робіт на тимчасових і постійних пробних площах, крім оцінки результатів обліку популяцій стовбурових шкідників, дається загальна характеристика вогнища розмноження цих комах – час і причина ослаблення насадження, а також тип і фази розвитку вогнища. При визначенні типу вогнища виходять з того, що епізодично вогнище розмноження стовбурових шкідників зазвичай виникає при одночасному сильному ослабленні (пошкодженні) деревостану (наприклад: пожежею, ураганним вітром і т.п.). Хронічне розмноження стовбурових шкідників відбувається в результаті багаторічного (хронічного) ослаблення або пошкодження деревостану (наприклад: кореневою губкою, промисловими емісіями і т.п.). Розмноження комах в хронічних вогнищах відрізняється невисокою амплітудою коливання чисельності, але має багаторічний стійкий характер. У 'Настанові по нагляду, обліку та прогнозу масових розмножень стовбурових шкідників', а також в інших посібниках описані особливості розмноження стовбурових шкідників в насадженнях, ослаблених або пошкоджених усіма основними видами патології, що допоможе визначити тип вогнища і намітити лісозахисні заходи. Незалежно від типу вогнища розмноження, комахи проходить 3 основні фази:

- 1) початкова, або зростання чисельності;
- 2) максимальної чисельності, або власне спалаху;
- 3) кризи.

Кожна з цих фаз, відповідно до типу вогнища, пов'язана зі зміною показників стану насаджень, тобто динамікою деревного відпаду, а саме: кількості заселених, свіжеуражених дерев, старого сухостою, а також динамікою всіх основних показників розмноження комах.

РОЗДІЛ 9. ОРГАНІЗАЦІЯ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В ОСЕРЕДКАХ ХВОРОБ

9.1. Моніторинг хвороб в лісорозсадниках і молодниках.

Молоді рослини в лісорозсадниках, культурах, на вирубках, під пологом лісу найбільш чутливі до впливу несприятливих антропогенних і природних факторів зовнішнього середовища, в тому числі і до інфекційних хвороб. Відмінності комплексів хвороб, що сформувалися в зазначених еколого-виробничих об'єктах, визначаються наявністю в них рослин різних вікових категорій і особливостями умов їх зростання. Для сходів хвойних і листяних порід специфічним і найбільш небезпечним захворюванням є вилягання. Великої шкоди сіянцям і самосіву хвойних порід наносять звичайне і сніжне шютте сосни, іржа пагонів сосни, шютте модрина, "зонтична хвороба" (стовбуровий і гілковий рак, склеродеріоз) сосни. З віком шкідливість хвороб хвої (за винятком, наприклад, шютте ялини) знижується, але більш широке поширення набувають некрозно-ракові хвороби стовбурів та гілок. Небезпечними для хвойних порід в культурах є ступінчастий рак модрина, стовбуровий та гілковий рак сосни. Багато листяні породи цієї вікової категорії страждають від цитоспорозу, на липі і в'язі сильно поширене інфекційне всихання. Всі зазначені хвороби викликають ослаблення і загибель рослин, знижують їх стійкість до інших хвороб і шкідливих комах. Багато з них (вилягання, хвороби типу шютте, стовбуровий рак, цитоспороз, інфекційне всихання липи і в'яза) часто приймають характер епіфітотій, наслідком чого є зниження виходу стандартного посадкового матеріалу в розсадниках, погіршення стану культур і підвищення ймовірності розвитку в них вогнищ стовбурових шкідників. Висока ефективність контролю за хворобами лісу може бути досягнута при знанні діагностичних ознак хвороб. Терміни спостереження за хворобами залежать від часу прояви їх характерних симптомів на рослинах і особливостей розвитку, пов'язаних з умовами зовнішнього середовища. При здійсненні моніторингу в інші терміни можуть бути допущені помилки в діагностиці та визначенні, які приведуть до невиправданих витрат грошових коштів на проведення лісозахисних заходів. Нагляд за виляганням проводиться з моменту появи повних сходів, коли в посівних рядках добре видно порожнини, характерні для ураження насіння і проростків. В той самий час з'являються вогнища полеглих, усихаючих і всохлих сходів, які легко витягуються з землі з оголеним осьовим циліндриком кореня (рис. 25). Якщо зазначені ознаки інфекційного вилягання виражені нечітко, необхідно провести лабораторний аналіз сходів з використанням вологої камери. Вогнища вилягання при сприятливих для збудників умовах поширюються дуже швидко, тому необхідно зробити кілька обліків: відразу після появи повних сходів і ще два з інтервалом 7 - 10 на добу, залежно від погодних умов.



Рис. 25. Посіви сосни звичайної, уражені виляганням



Рис. 26. Вогнище звичайного шютте в трирічних культурах сосни звичайної

Ознаки звичайного шютте сосни виявляються після сходу снігу по червоно-бурій хвої, яка в цей період часто буває покрита численними дрібними темними пікнідами збудників (рис. 26). Однак характерна ознака хвороби – апотеції (чорні, овальні, опуклі плодові тіла), що з'являються тільки на початку липня. У зв'язку з цим моніторинг проводять навесні і в середині літа. Моніторинг за сніговим шютте сосни здійснюється ранньою весною і восени, що пов'язане зі зміною ознак хвороби в цей період часу. Навесні, відразу після сходу снігу, уражена хвоя покрита щільними білими або сірувато-білими плівками міцелію, які є характерним, але швидко зникаючим симптомом. Після руйнування міцелію і до кінця літа - початку осені діагностика хвороби може бути ускладнена. Наприкінці літа - початку осені проявляються головні ознаки хвороби, які виражаються в попелясто-сірому забарвленні хвої і наявності на ній зрілих апотецій (рис. 27).



Рис. 27. Снігове шютте сосни звичайної (*Phacidium infestans*): вигляд ураженого підросту в кінці літа.

Моніторинг за іржею пагонів сосни (сосновим пагонов'юном) в розсадниках краще проводити в кінці травня - початку червня, коли на стеблах сіянців, а нерідко і на сходах, утворюються спороношення збудника – еції, мають вигляд добре помітних жовто-помаранчевих

овальних подушечок. У культурах хвороба виявляється по викривленню і усиханню пагонів, наявності на них виразок, що залишилися після руйнування еціїв. Ці ознаки виявляються з літа до осені, в зв'язку з чим моніторинг в культурах рекомендується здійснювати в кінці літа. Шютте модрина (меріоз) проявляється через 10 - 14 діб після повного розпускання хвої і поширюється протягом усього літа. У зв'язку з цим моніторинг за хворобою рекомендується проводити в три строки: після розпускання бруньок, в середині і в кінці літа. Однак слід урахувувати, що видимі ознаки хвороби (пожовтіння або почервоніння хвої) не є специфічними для неї і можуть бути викликані різними причинами. Характерним симптомом є спороношення збудника, яке можна помітити на хвої після її занурення в розчин марганцевого калію. Моніторинг за стовбуровим раком (склеродеріозом, "зонтична хвороба") в розсадниках рекомендується проводити навесні, відразу після сходу снігу. У цей період хвоя уражених сіянців набуває жовто-зелене забарвлення, повисає "парасолькою" і легко опадає при доторканні до неї. У культурах ознаки хвороби (деформація пагонів і хвої, наявність на стовбурах некрозів або ран і спороношення збудника) виявляються в різні сезонні періоди, тому моніторинг проводять в зручний час з весни до осені. Ознаки ступеневого раку модрина (некрози, рани, плодові тіла) виявляються в будь-який час року, тому моніторинг за хворобою рекомендується проводити з моменту розпускання бруньок і до опадання хвої. Моніторинг за інфекційним всиханням липи (стігмініоз, тиростромоз) в розсадниках краще проводити навесні, коли на уражених торішніх пагонах добре видно чорні оксамитові подушечки спороношення збудника. В лісових і міських насадженнях, для котрих характерними ознаками ураження є численні пучки всохлих торішніх водяних пагонів і пагонів поточного року з дуже великими листям, а також некрози і рани на стовбурах і гілках, моніторинг проводять в період з розпускання листя до його опадання. Моніторинг за цитоспорозом тополі рекомендується проводити навесні, після розпускання листя і в кінці літа, коли найбільш чітко проявляється характерна ознака хвороби – золотисто-помаранчеві краплі, вусики або спіральки склеєні слизом на стовбурах і гілках. Перед проведенням обстеження розсадника детально ознайомлюються з матеріалами, характеризують господарство розсадника. Потім проводять огляд і складають план розсадника, відзначаючи його віддаленість від лісу, розміщення посівів і посадок різних років і порід, наявність площ під чорним паром, травами та інше. При рекогносцирувальному обстеженні візуально визначають ступінь відпаду і ослаблення сіянців на посівних площах, причини цього, типи хвороб і пошкоджень сіянців. Ділянки, де виявлені ураження сіянців хворобами, відзначають на плані. Якщо вид збудника хвороби в польових умовах визначити неможливо, то беруть зразки для лабораторного аналізу. Якщо за даними рекогносцирувального обстеження ураженість посівів хворобами становить вище 10%, здійснюють їх детальне обстеження шляхом аналізу фітопатологічного стану. Для визначення необхідного числа пробних площ (n) на виділеній для обстеження ділянці попередньо закладають 6 пробних площ, на яких

проводять перелік сіянців або сходів, підрозділяючи їх на здорові і хворі, і визначають середній відсоток ураження хворобою (p). Далі проводять розрахунок за формулою:

$$n = \frac{t^2 \hat{p}(1 - \hat{p})}{m^2}$$

де:

n – необхідна кількість пробних площ; шт.

t – нормативне відхилення при відповідних рівняннях ймовірності (зазвичай для польових досліджень він приймається 0,68, при цьому значення нормативного відхилення дорівнює 1);

$\hat{p}$ – середній відсоток уражених рослин, виражений в долях одиниці;

m – допустима похибка у відсотках або долях одиниці.

Пробні площі розміщують рівномірно по ділянці, по двом його діагоналях або випадкової вибірки з використанням таблиці випадкових чисел. В останньому варіанті кожен з двох умовно вирівняних сторін обстежуваної ділянки розбивають на 100 частин і використовують як координатні осі. Вибрані пари випадкових чисел відміряють по двом сторонам ділянки і по цих координатах вибирають місця розташування пробних площ. Методика аналізу вибірових одиниць залежить від виду хвороби і форми її прояву.

Вилягання сходів. У стрічкових і грядкових посівах закладають пробні площі на одному середньому рядку і на ньому проводять перерахунок сходів з перерзподілом на здорові і хворі. При необхідності проводять облік загиблого насіння і паростків шляхом розкопки пустот в посівних рядках. Для визначення причин загибелі насіння застосовують метод вологої камери.

Хвороби хвої (шютте та інші). На пробних площах проводять перерахунок сіянців з зазначенням категорії їх стану, а у хворих – ступеня ураженості хвої. За станом виділяють три категорії: без ознак ослаблення, всихаючі, всохлі. Ступінь ураженості хвої оцінюють за 3-бальною шкалою: 1 бал – уражено до 25% хвої; 2 бали – 26 - 50, 3 бали – більше 50%.

Іржа пагонів сосни (сосновий пагонов'юн). При обліку виділяють зазначені вище категорії стану сіянців, відзначають число не уражених і уражених хворобою. Відразу після обстеження розсадника в лабораторних умовах проводять визначення збудників тих хвороб, діагноз яких не вдалося встановити в польових умовах. Для цього користуються наявною довідковою літературою, посібниками та визначниками. При ускладненні у визначенні діагнозу за зовнішніми ознаками, вигляд збудника і хвороби встановлюють за допомогою мікроскопіювання спороношення. У деяких випадках застосовують метод вологої камери. Найчастіше всього цей метод використовують з метою визначення інфекційного вилягання. За результатами детального обстеження визначають розповсюдженість хвороби, тобто кількість уражених рослин в фітоценозі:

$$P = \frac{n \times 100}{N},$$

де:

P – розповсюдження хвороби, %;

N – загальна кількість обстежених рослин, шт;

n – кількість уражених рослин, шт.

Для характеристики середнього ступеня ураження рослин на пробній площі обчислюють розвиток хвороби за формулою:

$$R = \frac{\sum(ab) 100}{nk},$$

де:

R – розвиток хвороби, %;

$\sum(ab)$ – сума добутків кількості хворих рослин (a) на відповідний бал ураження (b);

n – загальна кількість облікових рослин;

k – найвищий бал обліку прийнятої шкали.

Для хвороб хвої обчислюють середній бал ураження по формулі:

$$\text{СБУ} = \frac{\sum ab}{n},$$

де:

СБУ – середній бал ураження рослин;

$\sum ab$ – сума добутків числа уражених рослин за балом ураження;

n – загальна кількість рослин на пробній площі, шт.

На підставі отриманих даних роблять висновок про ступінь розповсюдження хвороб в розсаднику, їх шкодочинність, необхідність захисних заходів і дають рекомендації по вибору найбільш ефективних методів, засобів і термінів боротьби. Рекогносцирувальний моніторинг за хворобами в культурах і молодняках здійснюють на спеціально зазначених ділянках, де є або передбачається наявність вогнищ хвороб. Їх наносять на схематичну карту або в спеціальну фітопатологічну відомість. При цьому візуально встановлюють причини ослаблення і всихання рослин, оцінюють загальний стан культур, ступінь поширеності хвороб. Для детального обстеження закладають пробні площі, площею 0,1 га або безрозмірні, але з таким розрахунком, щоб в перелік увійшло не менше 100 рослин. Категорії стану дерев при переліку відповідають "Санітарним правилам в лісах України". При цьому, дерева кожної категорії поділяють на неуражені і уражені хворобами, по кожному місцю поширення хвороби перелік ведуть окремо, шляхом "точкування" в особливому горизонтальному рядку. При переліку в молодих культурах (І клас віку), діаметр стовбура не вимірюють.

Для з'ясування ступеня впливу основних видів хвороб на приріст деревини, на пробі проводять детальний аналіз 10 уражених (з різних категорій стану) і 10 здорових дерев з вимірюванням приросту по висоті за останні 3 - 5 років. Методика аналізу рослин на пробних площах залежить від виду хвороби і форми її прояву.

Хвороби хвої (шютте і інші). Оцінку ступеня ураженості крони проводять за 5-бальною шкалою: 1 бал – уражено до 10% хвої; 2 – до 20; 3 – до 50; 4 – до 75; 5 балів – уражено понад 75% хвої. При обліку ураженості сніжним шютте в примітці відзначають тривалість періоду ураження хвої. Свежеуражена хвоя має сірувато-коричнєве забарвлення і добре утримується на гілці. Хвоя, уражена в попередній рік, має попелясто-сіре забарвлення, вона дуже ламка, при дотику легко обсыпається. Це необхідно знати при оцінці стану вогнища хвороби. При оцінці стану сосен, уражених іржею пагонів, відзначають вид уражених пагонів (верхівкового, бічних), число бічних пагонів з ознаками хвороби і ярус крони, де вони зустрічаються (верхній, середній і нижній), а також стан уражених пагонів, якщо в період обстеження є чіткі ознаки різного ступеня їх стану (уражені, але зберегли первісну форму, викривлені, всохлі і т. п.). При обліку модрина, ураженої ступінчатим раком, визначають кількість хворих рослин, відзначають наявність некрозів і ран на стовбурах і гілках, ярус крони, де вони зустрічаються, наявність плодових тіл збудника. В осередках інфекційного всихання (стігмініюза, тиростромоз) липи і в'яза встановлюють кількість хворих рослин, визначають наявність некрозів і ран на стовбурах і гілках, частку (%) всохлих пагонів зі спороношенням збудника. В осередках цитоспорозу, крім кількості уражених рослин, визначають наявність на стовбурах і гілках свіжих спороношень, що мають вигляд золотисто-жовтих крапель, вусиків, спіральок. Після обстеження культур в лабораторних умовах проводять ідентифікацію тих хвороб, діагностика яких в польових умовах викликала складнощі. При цьому використовують методи, описані вище. За результатами детального обстеження складають таблиці, що характеризують стан культур і видовий склад хвороб, їх розповсюдження та шкодочинність, роблять висновок про стан і ураження культур різними хворобами і аналізують інші причини всихання (неправильна посадка, пошкодження комахами, механічні пошкодження при догляді за культурами та ін.), зіставляють стан дерев і їх ураженість. За результатами вимірювання приросту за останні 3 - 5 років у дерев різних категорій стану будують графіки і роблять висновки про динаміку приросту за ці роки, вплив хвороб і шкідників на зростання культур. При наявності декількох пробних площ порівнюють дані про стан і ураження культур різного віку, складу, густоти, які ростуть в різних лісорослинних умовах. На підставі отриманих даних визначають доцільність боротьби, методи, засоби, терміни і обсяг робіт.

9.2. Моніторинг вогнищ хвороб в насадженнях.

Судинні і некрозно-ракові хвороби стовбурів та гілок. У лісових насадженнях широко поширеними і небезпечними є судинні та некрозно-

ракові хвороби стовбурів і гілок, що викликаються грибами. Збудники цих хвороб відрізняються патогенністю, способом життя, способом проникнення в тканини дерева і характером поширення в них, що визначає різний ступінь заподіяної ними шкоди. Наслідки ураження судинними та некротно-раковими хворобами виражаються в ослабленні, суховершності, часткової сухокронності, загибелі окремих дерев, а нерідко – цілих насаджень. Найбільшу небезпеку для насаджень представляють хвороби, які можуть приймати характер епіфітотій, супроводжуються масовим ураженням і загибеллю рослин на великих площах. До них відносяться судинні хвороби (голландська хвороба, судинний мікоз дуба, вертициліозне всихання сосни або клена), цитоспороз тополі, інфекційне всихання (стігмінтоз, тиростромоз) липи і в'яза. У хвойних насадженнях великої шкоди завдають смоляний рак (сірянка) сосни і іржавий рак ялини. Шкода від судинних і некротно-ракових хвороб ускладнюється тим, що в осередках цих хвороб нерідко виникають вогнища опенка осіннього і стовбурових комах, що прискорюють і довершують всихання насаджень. Знання діагностичних ознак основних хвороб стовбурів і гілок є необхідною умовою правильного здійснення контролю за ними.

Гнильові хвороби. Хвороби цього типу вражають деревину коренів, стовбурів і гілок. Збудниками гнилевих хвороб є дереворруйнуючі гриби-ксилотрофи, більшість з яких відноситься до афілофороїдних та агарікоїдних гіменоміцетів. Серед них переважають види, здатні розвиватися як в живій, так і в мертвій деревині, переходити з зростаючих дерев на мертві та навпаки. Велика кількість ксилотрофів розвивається тільки на мертвій деревині сухостою, пеньках, повалених деревах. Збудники гнилей проникають в тканини дерева через різні ушкодження стовбурів, гілок і коренів: обдири, зарубки, затеси, ошмиги, ракові рани, морозобійні тріщини, зпили або обломи сучків, опіки, пошкодження копитними тваринами, комахами, гризунами. Зараження стовбурів здійснюється спорами збудників. Зараження кореневими гнилями частіше відбувається за допомогою міцелію при контакті хворих коренів зі здоровими, рідше – спорами збудників через рани.

Терміни і методи нагляду за появою і поширенням основних хвороб насаджень. Терміни нагляду за хворобами в насадженнях визначаються особливостями розвитку їх збудників та прояви симптомів на дорослих деревах. У насадженнях одні хвороби досить легко виявляються за зовнішніми, добре помітними ознаками: характер всихання крони, багаторічні, часто досягаючі великих розмірів рани або пухлини, великі плодові тіла і т. д. У інших хвороб характерними ознаками є спороношення збудників, що абсолютно очевидно в лупу. У більшості випадків ознаки, необхідні для діагностування хвороб є постійними, які розвиваються на деревах протягом багатьох років, тому моніторинг за ними можливий протягом усього вегетаційного періоду. У деяких хвороб характерні ознаки проявляються в певний час, за яким визначають терміни проведення моніторингу. Моніторинг за судинними хворобами слід проводити з червня до осені, коли відбувається часткове або повне всихання крони.

Моніторинг за смоляним раком (сірянкою) сосни, іржі раком ялини, стовбуровими гнилями і кореневою губкою проводять з весни до осені. У збудників інфекційного всихання липи (стігмініоза, тіростромоза) і цитоспороза тополі спороношення і характерні ознаки хвороби проявляються навесні. Тому моніторинг за цими хворобами рекомендується проводити після розпускання листя. Моніторинг за опеньком осіннім краще проводити в серпні-вересні, коли у нього відбувається масове утворення плодових тіл. У діючих або потенційних осередках хвороби в насадженнях рекогносцирувальний і детальний моніторинг здійснюють у відповідні об'єктам моніторингу терміни. Рекогносцирувальний моніторинг проводять на ділянках, де виявлені вогнища хвороби або де вони ймовірно можуть бути. При цьому дають оцінку біологічної стійкості насаджень, їх санітарного стану, поширення та видового складу хвороб. Ураженість судинними і некрозно-раковими хворобами встановлюють по всиханню крони або окремих гілок, наявності на стовбурах і гілках некрозів, ракових утворень (виразок, ступінчатих і неступінчатих ран, пухлин), "відьмених мітел", смолотечії, ексудату, спороношення. Останні часто є головними симптомами хвороб. При наявності 10% хворих (уражених) дерев зараженість вважається слабкою, від 10 до 30% – середньою, понад 30% – сильною. Всі деревостани з ураженістю понад 10%, якщо їх площа становить понад 0,1 га, відзначають на плані як осередки. Окомірну оцінку ступеня всихання і ураження періодично перевіряють шляхом проведення огляду та переліку 20 - 50 дерев, обраних в випадковому порядку. Дані рекогносцирувального обстеження використовують при виборі ділянок для детального моніторингу і складання плану лісозахисних заходів. Судинні хвороби характеризуються ураженням провідної системи, що веде до повного або часткового всихання крони. Судинні хвороби протікають в гострій або хронічній формі. В першому випадку всихання відбувається протягом одного вегетаційного періоду, місяця або декількох днів. При хронічній формі хвороба триває протягом 8 - 10 років. Зовнішні ознаки судинних хвороб (всихання окремих гілок або раптове всихання всієї крони) не є специфічними і можуть бути наслідком впливу різних несприятливих факторів. В цьому випадку необхідно виявити характерні симптоми хвороби, які проявляються в потемнінні судин або деревини, добре помітному на поздовжніх і поперечних зрізах гілок і стовбурів. Судинні хвороби поширюються спорами збудників, переносниками яких є комахи (частіше заболонні), порослею від хворих пеньків і при контакті хворих і здорових корневих систем. Залежно від способу розповсюдження інфекції осередки судинних хвороб можуть бути дифузними або локальними. При груповому поширенні судинних хвороб розрізняють наступні типи вогнищ: виникає на площі виділу куртинами уражуючи 5-10 ослаблених, усихаючих і свіжовсохлих дерев, діючі на площі виділу, прогресуюче всихання, відбувається накопичення. На площі виділу інтенсивність всихання знижується, свіжий сухостій, поодинокий або повністю відсутній. В осередках голландської хвороби при перерахунку на пробних площах

додатково відмічають форму прояву хвороби (гостра і хронічна). В осередках судинного мікозу дуба для визначення об'єму вибірки при лісовідновних рубках уражені хворобою дерева враховують окремо з метою визначення ступеню поширення інфекції в стовбурах і коренях дерев (таблиця 11).

Таблиця 11

Взаємозв'язок поширення інфекції судинного мікозу дуба по деревині з всиханням крони (середнє за 2010 – 2018 роки).

Вік, років	Ступінь всихання крони, %	Розповсюдження інфекції
10 - 20	25	Не доходить до краю на 25-50 см.
	50	Не доходить до краю на 10-20 см.
	75	Уражує коріння
	100	Уражує коріння
20 – 70 і більше	25	Доходить до середини стовбура деревини
	50	Доходить до середини стовбура дерева і нижче
	75	Не доходить до кореневої шийки на 20-100 см, в окремих місцях проникає в коріння
	100	Не доходить до кореневої шийки на 10-20 см або уражує коріння

При перерахунку на пробних площах, уточнюють діагноз хвороби шляхом аналізу пробних дерев. Для цього на стовбурах дерев з сухими гілками роблять зарубки сокирою або ножом на глибину до 1 см, на яких видно темні тяжі. Аналіз модельних дерев в осередках судинних хвороб проводять з метою конкретизації діагнозу і ступеня поширення інфекції в деревині стовбурів і коренів. Беруть три модельні дерева з кожної категорії стану. Після опису і рубки модельного дерева детально досліджують гілки, стовбур і коріння, роблячи поперечні зрізи і зтесування кори із зовнішніх шарів деревини. При цьому визначають наявність потемнілих (уражених) судин і характер потемніння на поперечних зрізах (у вигляді кільця, напівкільця, окремих цяток або точок). Крім того, визначають частку уражених коренів. Для визначення ураження коренів, аналізують коріння діаметром більше 1 см, ставлять зарубки від кореневої шийки через кожні 10 - 20 см до центру кореня. У живій частині крони оглядають 3 модельні гілки третього порядку, де підраховують число погризів при додатковому харчуванні заболонників на розвилках тонких пагонів, біля бруньок і листя. У випадку ракових захворювань, що повільно протікають, ураження їх кори, лубу, камбію, деревини, патологічний процес може розвиватися протягом кількох десятків років. Тривалість всихання дерев залежить від швидкості поширення міцелію і розташування ран (виразок, пухлин) на стовбурах і гілках. Ракові захворювання частіше викликають гриби і бактерії, рідше – абіотичні фактори. Залежно від причин хвороби і особливостей збудника, вогнища ракових хвороб носять дифузний або локальний характер. Ракові захворювання мають чітко виражені

макроскопічні ознаки, що полегшує їх діагностику. В осередках ракових хвороб, крім звичайного переліку на пробних площах, окремо проводять перелік уражених раком дерев, визначаючи їх діаметр, клас зростання, стан, заселеність дерева стовбуровими шкідниками. Вказують розташування рани на стовбурі (під кроною, в нижній або середній частині крони, на вершині), охоплення нею стовбура (кільця, до 1/3, 1/2 і більше 1/2 діаметра стовбура), кількість і розташування ран. При наявності сухостою визначають характер його розподілу. Аналіз модельних дерев проводять для конкретизації діагнозу хвороби і впливу її на стан дерева. При цьому відзначають характер новоутворень (пухлина, ступінчаста рана, рана без явно вираженої ступінчатості, виразка), наявність і характер спороношення, розташування рани на стовбурі; вимірюють довжину і ширину рани; підраховують число ран; визначають їх розташування. Додатково отримують відомості про вік ран і роблять висновок про швидкість їх зростання по довжині і ширині. Вік рани визначають шляхом розрізу стовбура через центральну її частину і підрахунку річних кілець після початку утворення рани. Потім малюють схему проаналізованого дерева, досліджують видовий склад, розподіл по стовбуру і чисельність стовбурових шкідників. В осередках смоляного раку для встановлення виду збудника визначають наявність в трав'яному покриві проміжних господарів на майданчиках розміром 1 x 1 м. З тією ж метою визначають характер розташування уражених дерев в насадженні. При ураженні сапрофітуючим грибом, зараження відбувається від дерева до дерева, тому хворі дерева зазвичай розташовуються групами. В осередках смоляного раку, викликаного різновидом гриба, хворі дерева частіше розташовуються випадково. За результатами переліку на пробних площах складається таблиця, по якій роблять висновок про стан насаджень в осередках ракових хвороб, рівні ураження деревостану, заселеності стовбуровими шкідниками.

Поширення осередків коренових гнилей в насадженнях відбувається при контакті коренів хворих і здорових дерев. У зв'язку з цим ураження кореновими гнилями проявляється в утворенні груп або куртин всохлих дерев. Найбільш розповсюдженим і небезпечним збудником гнилей коренів є коренева губка (*Heterobasidion annosum*). Вона вражає різні хвойні породи, особливо від неї страждають сосна, ялина, ялиця. Розвиток гнилі у сосни, ялини та ялиці відбувається по-різному, відповідно різний і характер вогнищ. У зв'язку з цим обстеження осередків кореневої губки в сосняках і ялинниках має свої особливості. Найчастіше коренева губка вражає чисті соснові культури, створені на нелісових ґрунтах. Природні насадження більш стійкі до хвороби. У коренях розвивається ядрово-заболонна гниль. У початковій стадії ураження, деревина коренів просочується смолою, набуває червонуватого відтінку, видає різкий скипидарний запах. Пізніше просмоленість зникає, деревина набуває рівномірний жовтий колір. На останній стадії розвитку гнилі уражена деревина стає волокниста, трухлява, ситева. У сосни гниль найчастіше розвивається в коренях, рідше – проникає в стовбур на невелику глибину (не більше 20 см).

Розповсюдження ядрову-заболонної гнилі в коренях призводить до їх швидкого відмирання і ослаблення дерев, що діагностуються вкороченими пагонами, ажурною кроною, блідою матовою хвоєю. На кореневій шийці і в пустотах під корінням утворюються плодові тіла (базидіюми). В соснових насадженнях, поширення кореневої губки носить куртини характер, в цьому випадку утворюються локальні вогнища. В центрі вогнища спочатку формуються куртини сухостою, а після їх випадання – прогалини ("вікна"), які поступово заростають листяними породами, чагарником і злаками. По периферії прогалин розміщуються дерева з різним ступенем ослаблення. Залежно від ступеня і динаміки всихання розрізняють три категорії локальних вогнищ кореневої губки (таблиця 12).

Таблиця 12

Характеристика локальних вогнищ кореневої губки сосни звичайної

Категорія вогнища	Ознаки ураження
Виникаюче	На території виділа куртинне ураження, яке складає 5-10 ослаблених, всихаючих, всохлих дерев.
Діюче	На площі прогресує всихання, відбувається накопичення сухостою, з'являються прогалини діаметром 5 метрів.
Затухаюче	На території виділу сухостій поточного року відсутній або поодинокий.

Тип вогнищ необхідно визначати при плануванні термінів і об'ємів лісогосподарських заходів. У деяких випадках при обстеженні доцільно виділяти насадження, в яких є ознаки ураження кореневою губкою, але ослаблення і всихання дерев не відзначається. Такі ділянки можна віднести до несформованих. За даними рекогносцирувального обстеження вибирають ділянки, де виявлені ознаки кореневих гнилей, дається детальна характеристика насаджень і умов їх зростання. При огляді ділянки роблять попередній висновок про загальний стан деревостану і ступінь його ураження кореневою губкою. Для визначення ступеня ураження насаджень різного віку, користуються такою шкалою (таблиця 13).

Таблиця 13

Категорії ступеня ураження сосни звичайної кореневою губкою

Ступінь ураження насаджень	Сумарна площа вогнищ, % від площі виділу за віковими групами насаджень		
	до 20 років	від 21 – 50 років	більше 50 років
слабка	до 5	до 10	до 15
середня	6-15	11-25	16-33
сильна	16 і більше	26 і більше	34 і більше

У локальних осередках при наявності груп, куртин сухостою та "вікон" проводять їх картування. Місце знаходження "вікон", груп

сухостою і всихаючих дерев наносять на план ділянки. Площу виділених осередків вимірюють за допомогою шагоміра або мірної стрічки. Стан насаджень і ступінь розвитку (категорію) вогнища визначають на пробних площах шляхом переліку дерев за категоріями стану, ступеням товщини з виділенням заселених і уражених стовбуровими шкідниками дерев. При наявності груп, куртин сухостою або "вікон" перелік ведуть окремо в осередку, в 5-метровій зоні навколо вогнища і поза ним. Всі дерева при переліку поділяють на заселені, уражені і незаселені стовбуровими шкідниками. Крім того, розкопують кореневу систему і визначають ступінь ураження коренів (в відсотках), визначають стадію гнилі в пеньках, наявність базидій або інших ознак. Для конкретизації діагнозу проводять лабораторний аналіз зразків, уражених коренів з використанням вологої камери. Для закладки у вологу камеру, стерильним ножом або скальпелем з глибших шарів вирізають невеликі шматочки деревини і викладають їх на фільтрувальний папір по 5 шт. "конвертом": чотири – по кутах, один – в центрі. Ознакою ураження кореневою губкою служить поява на шматочках деревини білого нальоту у вигляді міцелію. Крім того, на обстеженій ділянці аналізують стан природного відновлення. Для цієї мети на пробній площі у випадковому порядку закладають облікові майданчики розміром 1 x 1, 1 x 2, 3 x 3, 2 x 5 м в залежності від висоти і віку підросту і характеру його розміщення на пробній площі. Чим старше і вище підріст і чим нерівномірніше його розміщення, тим більше повинен бути розмір майданчиків. Облік природного поновлення ведуть за групами висот, категоріями стану, ураженості хворобами і пошкодження шкідниками. У разі загибелі підросту, встановлюють причини, при цьому обов'язково оглядають кореневу систему. У зв'язку з особливостями розвитку кореневої гнилі в ялинниках і сосняках ураженні дерева розміщується найчастіше розсіяно, а осередки носять дифузний характер. У виключних випадках вони можуть бути локальними. Ознака вогнищ кореневої губки в ялинниках і сосняках – наявність вітровальних дерев і пеньків з гниллю. Ступінь ураження насаджень кореневою губкою в дифузних вогнищах визначають як співвідношення частки уражених дерев III-VI категорій стану до загальної кількості дерев на пробній площі (таблиця 14).

Таблиця 14

Категорії ступеня ураження кореневою губкою насаджень в дифузних вогнищах

Ступінь ураження насаджень	Частка дерев, уражених кореневою губкою, %
слабкий	10-20
середній	21-40
сильний	більше 40

На пробних площах стан насаджень визначають шляхом перерахунку дерев по категоріях стану, ступенями товщини з виділенням

заселених і не заселених стовбуровими комахами дерев. При аналізі модельних дерев ялини та сосни визначають ступінь розповсюдження гнилі в стовбурі. Для цього через рівні проміжки роблять зрізи на висоті 1,3 метри, вимірюють діаметр зрізу і діаметр розповсюдження гнилі, визначають стадію гниття і частку ураженої частини стовбура. Крім того, на пробних площах оглядають пеньки і враховують співвідношення свіжих і старих, уражених і не уражених кореневою губкою. Результати переліку пеньків використовують для доповнення даних про ступінь ураження насаджень. Ступінь ураження кореневою губкою вирубок, призначених під лісові культури, визначаються за кількістю (в %) хворих пеньків. Для цього проводять перелік не менше 50 пеньків по діагоналям лісосіки із зазначенням наявності характерної для кореневої губки гнилі та плодових тіл. Крім кореневої губки, гниль коренів хвойних порід можуть викликати опеньок осінній, ялинова губка, ісо утв ялиновий трутовик, трутовик швейниці. Збудниками коренових гнилей листяних порід можуть бути опеньок осінній, дібровний і плоский трутовики.

При обстеженні вогнищ опенька слід враховувати, що він вражає, як правило, дерева, ослаблені іншими несприятливими факторами: судинними або раковими хворобами, шкідливими комахами, несприятливими ґрунтовими або кліматичними умовами, антропогенним впливом (рекреація, промислові викиди та іс.). У виявлених при рекогносцирувальних обстеженнях осередках стовбурових гнилей, вибирають ділянки для закладки пробних площ, дають їх детальну таксаційну характеристику. Після огляду ділянки роблять попередній висновок про загальний стан насадження. Визначають характер розподілу сухостою на пробних площах. Стан насаджень, ступінь розвитку вогнища і заселеність дерев стовбуровими шкідниками встановлюють описаним вище шляхом перерахунку дерев за категоріями стану та ступенями товщини з виділенням дерев, що мають плодові тіла грибів, заселених і відпрацьованих стовбуровими шкідниками. У тих випадках, коли можлива постановка причини виникнення хвороби по плодовим тілам, вказують вид збудника гнилі. Для отримання більш точних даних про ураженість деревостану стовбуровими гнилями при переліку беруть проби за допомогою приростного бурава. Якщо за взятими зразками визначити збудників важко, проводять лабораторний аналіз і за допомогою методу чистих культур встановлюють вид збудника. Окремо проводять індивідуальний перерахунок заселених і повністю уражених стовбуровими шкідниками дерев. При цьому вказують вид шкідника, фази і стадії його розвитку. Це роблять для визначення видового складу та співвідношення фенологічних комплексів стовбурових шкідників в осередках стовбурових гнилей. Аналіз модельних дерев проводять з метою визначення впливу гнилевих хвороб на вихід ділової деревини. В якості моделей вибирають дерева з плодовими тілами грибів з різних категорій стану, відповідні за своїми розмірами середнього дерева. При аналізі гнилової моделі, описують зрубане дерево, вказують породу, категорію стану, клас зростання (по Крафту), діаметр, довжина крони, стан кори стовбура і

крони, наявність ісо утв. Потім дерево очищають від гілок і розкряхують на 2-метрові колодки. Для визначення протяжності гнилі роблять додатковий розріз в передбачуваному місці її виходу. На кожній колодці (сортименті) заміряють діаметр дерева і діаметр гнилі, визначають кількість плодових тіл, розташування гнилі, тип гниття, колір ураженої деревини і стадію гниття. Після цього обчислюють обсяг стовбура і гнилі, втрати від гниття по масі і в процентах. Ці дані заносять в спеціальну форму; на її зворотному боці дають схему модельного дерева, за якою визначають протяжність гнилі, місця розташування і кількість ісо утв. При наявності у вогнищі гнилевих хвороб ісо утворюючих або уражених стовбуровими шкідниками дерев, їх оглядають, визначають видовий склад стовбурових шкідників та їх повторюваність. За отриманими даними роблять висновок про необхідність і обсяг проведення лісозахисних заходів.

9.3. Методи моніторингу бактеріальних хвороб.

Діагностика бактеріозів. За симптомами, що викликають захворювання, бактеріози найближче стоять до групи судинних і некрозно-ракових захворювань, що викликаються грибами. Як і останні, бактеріози можуть викликати ослаблення, суховершинність, сухокронність, загибель як окремих дерев, так і цілих насаджень і навіть призводити до епіфітотії. Лісопатологія розрізняє дві форми бактеріозу: некрозно-ракову і судинну. При некрозно-раковій формі бактеріозу первинне зараження відбувається через клітини точок зростання бруньок, продихи, свіжі механічні пошкодження, пошкодження тваринами, при об'їданні комахами-шкідниками, спробах поселення і додатковому харчуванні стовбурових шкідників і т. п. Некрозно-ракова форма бактеріозу супроводжується яскраво вираженими візуальними ознаками, відомими в лісопатології як «бактеріальний опік». Бактеріальний опік викликається багатьма видами бактерій, наприклад: *Erwinia ligniphila*, *Erwinia multivora*, *Pseudomonas tumefaciens* та іс. Бактеріальні опіки можна спостерігати як в кроні, так і на стовбурі (рис. 28, 29). Характерним їх проявом в кроні є відмирання гілок і поява водяних пагонів. На стовбурах листяних дерев опіки спостерігаються у вигляді мокрих ран (рис. 29), що утворюються у бруньок у фазі початкового росту, або механічних пошкоджень, в тому числі від спроб поселень стовбурових шкідників. На хвойних породах свіжі бактеріальні опіки на стовбурі візуально майже непомітні, і тільки у ялини супроводжуються ісо утворюю. Виявити їх на хвойних породах можливо при ретельному аналізі зрубаних моделей на лубі і під корою. Згодом ці пошкодження стовбура на всіх ісо утворюючих породах перетворюються у відкриті або закриті сухобочіні вдавнені плями. Такі ураження, як правило, стають місцем проникнення в стовбур грибних інфекцій, оскільки бактеріальний ексудат створює сприятливе для них кисле середовище. У цьому ж місці потім відбувається вихід плодових тіл грибів, що часто вводить в оману при визначенні причин появи сухобочін, особливо в середній частині стовбура.



Рис.28. Бактеріальна водянка (мокрий некроз) БЕРЕЗИ повислої



Рис.29. Бактеріальний мокрий рак В'яза гладенького

При бактеріальному опіку верхівок ялини вони гинуть і на цьому місці утворюється колотівка. На ялині уражена верхівка не відмирає і продовжує рости, а засихають і обсіпаються дрібні бічні гілки верхівки, що призводить до утворення «перетяжки» у верхній частині крони. Пік захворювання можна визначити по патологічних змінах приросту. Не менше двох річних приростів після масового зараження різко відрізняються від попередніх і наступних приростів. Патологічні зміни характеризуються різким збільшенням величини приросту (в 1,5-3 рази і більше), водянистим і тьмяним видом, волокна розпадаючись настовбурчуються, так як при бактеріозі, розчиняється міжклітинна речовина і розрихлюються клітинні оболонки. Відсутність кільця пізньої деревини ускладнює діагностику захворювання під мікроскопом. Сліди від бактеріальних опіків (ран) візуально помітні протягом 7 – 10 років (максимально 20) (рис. 30). Аналіз ран показав, що в більшості з них знаходиться спляча точка (90%) або хід короїду при спробі поселення (10%). Безліч аналогічних бактеріальних опіків на загиблих сплячих бруньках було діагностовано на радіальних спилах всередині деревини у вигляді характерних чорних півмісяців плям по річним кільцям.



**Рис. 30. Наслідки бактеріального опіку в тканинах стовбура
Берези повислої**

Судинний бактеріоз викликається, як правило, бактеріями *Erwinia nimipressularis*, *Pseudomonas solanacearum* – поліфагами, уражуючими майже всі деревні та чагарникові породи. Зазвичай бактерії такого типу потрапляють спочатку в судини, закупорюють їх, руйнують, а потім переходять на прилеглі паренхімні тканини. При цій формі бактеріозу візуальні симптоми відсутні, як правило, до самого моменту загибелі дерева. Ознаки, що виявляються в момент сильного ослаблення або загибелі дерева, називаються бактеріальною водянкою. При судинній формі бактерії, ймовірно, періодично впадають в тривалу діпаузу, і хвороба довго знаходиться в інкубаційному періоді. При цьому візуально на стані зростаючого дерева це ніяк не відбивається. Непрямою ознакою можуть бути тільки морозобійні тріщини (рис. 31, 32), так як змінюються вологість і хімічний склад деревини, особливо її провідних шарів. У ялини, крім морозобоїн, як симптом судинного бактеріозу відзначається смолотечія. Смолотечія може зустрічатися і в окорінковій частині стовбура, і на рівні крони (рис. 33). На дубі і інших породах характерною ознакою судинного бактеріозу є неправильної форми темна серцевина, добре помітна на спилі. На всіх інших породах на спилах уражених дерев відзначається водянистість деревини зі специфічно кислим неприємним запахом, який тримається тривалий час. Це пов'язане з підвищенням кислотності деревини від бактеріального ексудату. Через деякий час після розпилювання уражена деревина, окислюючись, темніє, на окремих породах буває навіть синьовато-чорною. Пересипкін (1963) зазначає, що в уражених дерев "на поперечному зрізі ялини та сосни можна бачити несправжнє ядро (темний водошар), майже завжди з нерівними краями, нерідко ексцентричне, і завжди вологе, навіть мокре, з різким кислим запахом. У молодих дерев і підросли іноді на зрізах спостерігаються бурі

кільця, суцільні або розірвані, зазвичай у старій деревині, яка може бути сухою або мокрою". Область ураженої деревини поступово розширюється, охоплюючи всю мертву деревину від великих коренів до великих гілок, і, як тільки ця зона торкнеться поточних приростів і лубу, дерево різко і навіть раптово гине. Іноді ексудат накопичується у внутрішніх шарах деревини в такій кількості, що при розрубіванні стовбура з шипінням і свистом виринає назовні. Загибле від бактеріозу дерево правильніше називати не "сухостій", а "мокростій", оскільки воно повністю просякнуте кислим бактеріальним ексудатом, на якому швидко розростаються сапрофітуючі гриби. В результаті, руйнування деревини відбувається в кілька разів швидше, і вона втрачає свої ділові якості за 1 - 2 роки. При гіперпластичних захворюваннях, бактерії надають рослині стимулюючу дію. У заражених тканинах поділ клітин протікає прискорено і хаотично, внаслідок чого на надземних і підземних органах рослин виникають новоутворення – галли, пухлини, "відьмені мітли" і т. д. (рис. 35). Поява новоутворень пов'язано з тим, що у місцях втручання інфекції, як відповідна реакція рослини, відбувається приплив поживних речовин, внаслідок цього в цьому місці починається інтенсивний поділ клітин і бурхливе зростання. Для визначення виду збудника бактеріозів зовнішнього огляду рослини зазвичай буває недостатньо. Для цього необхідно брати моделі або вдаватися до більш складних методів дослідження – виділення збудника з уражених частин та проведення бактеріологічного аналізу. При відборі зразків зараженого матеріалу необхідно вжити заходів для подальшого успішного виділення бактерій. З практики відомо, що виділення патогену з рослин сильно уражених бактеріозом утруднене присутністю в тканинах вторинної сапрофітної мікрофлори. Імовірність виділити бактерії влітку з уже всохлих гілочок або обрізаних ран дуже мала. Більш успішно бактерії виділяють зі свіжого рослинного матеріалу, на якому є первинні симптоми ураження. Зразок для лабораторного аналізу збудника слід брати з межі всихання гілки, або периферії рани, де інфекційний процес ще не припинився. Перевозити і зберігати відібрані зразки слід між двома шарами паперу. Мішечки з пластика непридатні через небезпеку розмноження в закритому і вологому середовищі постійно присутніх на зібраних зразках сапрофітів. Виділення бактерій і їх ідентифікація досить складні, в лабораторних умовах вони проводяться методами, прийнятими в мікробіології та мікології.

Особливості вогнищ бактеріальних хвороб і методи їх обліку. Бактеріальні хвороби хвойних і листяних порід поширені в лісах України повсюди. Найбільш відома з них – бактеріальна водянка хвойних і листяних порід. Зафіксовані осередки цієї хвороби розповсюджуються рік від року і досягають вже декількох десятків тисяч гектарів. Виявлені площі вогнищ, швидше за все, не відображають дійсного поширення бактеріозів, так як вони погано діагностуються фахівцями захисту лісу. Пересипкін у 1963 р. відзначав: "В лісах Рівненщини на кожній всохлій ялині є цілком певні симптоми бактеріального захворювання... Дослідження усихаючих

дерев ялини показали, що всі вони без винятку вражені бактеріозом, а дослідження усихаючих берез так ж показало їх зараженість бактеріозом".



Рис. 31. Морозобійна тріщина на стовбурі Ялини



Рис. 32. Бактеріоз, що розвинувся в морозобійній тріщині на Березі



Рис. 33. Смоляний плач на Ялині



Рис. 34. Поперечний рак Дуба



Рис. 35. Бактеріоз Берези повислої



Рис. 36. Водяні паростки на стовбурі Ялини

В останні десятиліття стійкість ялини в межах її природного ареалу на території Центральної та Західної Європи (Польща, Чехія, Словаччина, Австрія, Швеція, Німеччина, Франція) сильно знизилася, а всихання і відмирання її насаджень набуло місцями катастрофічного характеру. Найбільш характерними зовнішніми ознаками захворювання є швидке порідіння крони на всій її довжині за винятком верхніх 1-2 м при одночасній появі в ряді випадків водяних пагонів (рис. 36). На свіжому спилі хворого дерева зазвичай виявляється коричневе ядро неправильної форми, частково захоплююче заболонь і характеризується вологістю і неприємним запахом. При деревообробці пошкодженого стовбура виявляється, що, як і при внутрішній гнилі, змінюється забарвлення деревини, що розповсюджується в корені, і доходить вгору по стовбуру до осових пагонів. Такий характер ураження відрізняється від грибних

захворювань і свідчить про його бактеріальне походження. Слід зазначити, що подібні симптоми часто спостерігаються і при масовому всиханні інших порід, однак мало хто з авторів пов'язує їх з бактеріозами. На відміну від грибних судинних захворювань (наприклад, голландської хвороби), на свіжому зрізі уражених бактеріозом, тканини виглядають "промасленими", так як наповнені рідиною. Часто ця рідина проступає на спилах добре помітними краплями ексудату. Не виключено, що грибні судинні захворювання є наступною стадією судинних бактеріозів. Характерна для бактеріозів на ялині епіфітотія спостерігалася в Гошанському районі Рівненської області в середині 2010-го року. До кінця епіфітотії почервоніння хвої ялини зустрічалася масово на всій обстеженій площі в середньому у 60% дерев, максимально досягаючи 80%. У переважній більшості дерев почервонінням було порушено до 10% хвої. Почервоніння хвої частково викликалося пошкодженням гілок при додатковому харчуванні великого чорного соснового вусача, але в більшості випадків візуально ніяких пошкоджень не було помітно. При лабораторному дослідженні зразків на почервонілих гілочках було встановлено наявність недосконалих грибів з роду *Phoma*, які є характерними супутниками бактеріальних опіків. Протягом свого життя, дерева заражені некрозно-раковою формою бактеріозу розповсюджують це захворювання на інші насадження. Наприклад, понад 70% обстежених дібров в умовах ДП 'Харківське лісове господарство' мало численні рани від бактеріальних опіків на стовбурі, з них уражено в слабкому ступені – 78%.

Під час проведення лісопатологічного моніторингу, ми в ялинниках спостерігали водяні пагони на стовбурах ялини. При чому ступінь ураження становив – 20 % (сильне ураження), середнє – 16 і слабке – 6%. При цьому, середній розмір рани становив 9 x 2 см. В 1 - 2% цих ран зазначалося витікання ексудату бактерій. Подібні рани зустрічалися і на інших деревних породах, які ростуть в цьому регіоні, але дуби були пошкоджені більше. Бактеріальні епіфітотії носять, як правило, циклічний характер з періодом приблизно в 20 років. За період з 2008 – 2018 роки нашими експериментальними даними було доведено, що **піки бактеріальної активності припадають на максимуми парних періодів сонячної активності. При цьому спостерігається певна послідовна закономірність в черговості масових всихань: спочатку починаються масові всихання ялини, потім сосни та берези, потім дуба.** При впливі некрозно-ракової форми бактеріозу загибелі хвойних і листяних дерев, як правило, не спостерігається, хоча саме ця форма має ознаки ураження, і вони видимі найвиразніше. У той же час зовні здорове дерево, без видимих ознак бактеріозу, часто "раптово" гине від судинної форми бактеріозу. **На жаль, до теперішнього часу не встановлені причини, за якими різко зростає активність судинних бактеріозів, яка веде до масових періодичних всихань насаджень. Стовбурові шкідники часто є додатковим фактором поширення інфекції, так як переносять цисти бактерій при спробах поселення і додаткового живлення.** Для хвойних порід особливо небезпечними в цьому відношенні слід визнати великого

соснового лубоїда і верхівкового соснового короїда, для модрини – великого чорного соснового вусача. Цисти бактерій дозрівають в весняно-літній сезон, тому всі види рубок в цей період є причиною швидкого їх поширення, в тому числі і рубки догляду. Вони активізують сплячі бруньки і водяні пагони. Слід підкреслити, що при рубках в літній період цисти і бактерії піднімаються з висхідними потоками в атмосферу і поширюються на величезні відстані, що робить їх особливо небезпечними. Терміни моніторингу за бактеріозами, як і для грибних захворювань (див. розділ 9.2), визначаються термінами прояву симптомів хвороби. Візуально бактеріози найлегше виявити на початку вегетації, тому моніторинг за бактеріальними хворобами слід починати з початком вегетації. Методи обстеження вогнищ бактеріальних хвороб ще менш розроблені, ніж діагностика бактеріозів. Так як за зовнішніми симптомами і характером прояву, як правило збудники викликають ураження бактеріальними хворобами, до них можуть бути застосовні ті ж методи обліку, що і для останніх (див. розділ 9.2). У виявлених при рекогносцирувальному обстеженні осередках бактеріальних хвороб, вибирають ділянки для закладки пробних площ з індивідуальним описом кожного дерева і наявністю ознак ураження. Для уточнення діагнозу хвороби і впливу її на стан дерева, проводять аналіз модельних дерев. Методика відбору і опису модельних дерев така ж сама, як і для судинних і некрозно-ракових хвороб. Результати переліку на пробних площах в насадженнях, уражених бактеріозами, зводять в таблиці, аналогічні таблицям переліку на пробних площах в насадженнях, уражених раковими хворобами.

РОЗДІЛ 10. МЕТОДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ ЛІСУ НА СТАН ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ

Пошкодження шкідниками і ураження хворобами лісових насаджень можуть мати специфічний і неспецифічний характер. Пошкодження специфічного характеру впевнено діагностуються за характерними ознаками. Пошкодження неспецифічного характеру для достовірного визначення вимагають залучення додаткових даних і обов'язкового аналізу умов зростання рослин і насаджень. Пошкодження, що наносяться шкідниками, класифікуються за пошкодженими органами і частинами рослин (генеративні органи, листя, хвоя, бруньки, пагони, гілки, стовбури і коріння молодих рослин, стовбури дорослих дерев) і за типами живлення шкідників, будовою ротових органів і способом життя шкідників. До основних типів пошкоджень відносяться: грубе повне або часткове об'їдання хвої і листя, скелетування і перегризання пагонів і коренів (рис. 37, 38); скелетування листя (рис. 39), виїдання (вигризання) і проточування ходів і порожнин в деревині, гілках і пагонах, мінування листя і хвої (рис. 40-43); нанесення насічок і надгризів, пропилів і проколів, вигризання ямок і площадок на корі (рис. 44); загинання, скручування і стягування павутиною листя і пагонів, висмоктування соків з усіх частин і органів рослин, утворення галлів на листі, бруньках, пагонах і гілках (рис. 55).



Рис. 37. Об'їдання листя Дуба непарним шовкопрядом



Рис. 38. Об'їдання хвої Ялини ялиновим пильщиком



Рис. 39. Скелетування листя Дуба пильщиком



Рис. 40. Проточування ходів в середині стовбурів рогохвостом



Рис. 41. Проточування ходів під корою короїдами



Рис. 42. Проточування ходів в корі короїдами



Рис. 43. Проточування ходів під корою вусачами



Рис. 44. Проточування ходів вусачами в пагонах

Відповідно до характеру і спеціалізації харчування і способу життя шкідників лісу, велика частина яких відноситься до комах, їх прийнято поділяти на наступні основні екологічні групи: шкідники генеративних органів (квіток, плодів, шишок і насіння) рослин; шкідники сходів і молодих рослин, що пошкоджують бруньки, пагони, гілки, стовбури і коріння (часто шкідників коріння виділяють в окрему екологічну групу комах); хвое- і листогризучі шкідники; стовбурові шкідники. Типи ураження хворобами деревних рослин так само прийнято класифікувати по характеру ураження органів, частин рослин, по формі і наслідках прояву на них дії хвороб.

Основні типи уражень деревних рослин. Рак – утворення пухлин і ран різного типу на стовбурах, гілках і корінні; викликається грибами, бактеріями, різкою зміною температур. Некроз (відмирання) кори гілок і стовбурів частіше викликається грибами, рідше – бактеріями. Нерідко некрози з плином часу перетворюються в рани, в цьому випадку захворювання називається некрозно-раковим.



Рис. 45. Протчування ходів в пагонах короїдами



Рис. 46. Мінювання листя мінуючою мілля



Рис. 47. Вигризання чорними вусачами площадок на стовбурах модрини



Рис. 48. Нанесення чорними вусачами насічок на стовбурах модрини



Рис. 49. Вигризання жуками-довгоносиками площадок на гілках сосони

В'янення викликається грибами і бактеріями. Характеризується ураженням провідної системи рослин і проявляється в зів'яненні всієї рослини або окремих його частин. Гнилі викликаються грибами і характеризуються руйнуваннями деревини стовбурів, гілок і коренів, що супроводжується зміною її механічних, фізичних і хімічних властивостей або руйнуванням тканин плодів, насіння, сходів та ін. Іржа викликається іржастими грибами. Уражуються листя, рідше – стовбури, пагони, черешки, квітконіжки. Борошниста роса викликається борошнисто-росяними грибами. Характеризується утворенням на листі і пагонах паутинистого нальоту, який згодом стає щільним, білим або жовтуватим. Шютте – хвороби хвої, що викликаються грибами і проявляється в порівняно швидкому її обпаданні. Мозаїка викликається вірусами і порушенням балансу поживних речовин. Виявляється в мозаїчній забарвленні листя. Чернь викликається грибами. Характеризується появою на листках поверхневих чорних сажистих нальотів. Парша викликається грибами, виявляється в почорнінні молодих пагонів, прояву на листі і плодах бархатистих плям оливкового або зеленувато-бурого

кольору. Опіки кори стовбурів і гілок молодих пагонів, рідше бруньок і молодих листків викликаються грибами, бактеріями і впливом на тканини рослин високих температур і пестицидів. Деформація листя плодів, насіння, пагонів викликається грибами і вірусами. Відьмені мітли – утворення численних вкорочених тонких пагонів із сплячих бруньок викликаються грибами, вірусами і тривалим періодом забруднення навколишнього середовища. Відповідно до характеру ураження органів і типів ураження рослин, як і шкідників лісу, прийнято ділити на такі основні групи: хвороби плодів і насіння: хвороби, що розвиваються в період вегетації; хвороби, що розвиваються при зберіганні насіння; хвороби сходів, сіянців, молодняків: гниль підземних частин рослин; хвороби хвої і пагонів; хвороби листя і пагонів; хвороби стовбурів, пагонів і гілок; хвороби лісових насаджень: судинні та некрозно-ракові хвороби; гнилеві хвороби з підрозподілом їх на кореневі і стовбурові гнилі. Досить повна характеристика шкідників і хвороб лісу по екологічним групам і основними видами наводиться в підручниках з лісової ентомології та фітопатології (Пересипкін, 1993), лісової фітопатології (Семенкова, Соколова, 2003) і захисту лісу (Воронцов, Мозолєвська, Соколова, 1991), а також в Довіднику по захисту лісу (1989) і в численних спеціальних роботах по ентомології, фітопатології та захисту лісу. У захисті лісу широко використовується поняття вогнища шкідників і хвороб. Вогнища шкідників і хвороб – ділянки лісу, лісових культур або інших об'єктів лісового господарства (наприклад: розсадники, захисні смуги, насінневі плантації, вирубки і т. п.) з такою чисельністю шкідників або концентрацією патогенних організмів, яка здатна порушити цільові функції лісу і завдати шкоди цим об'єктам. Частина осередків, де наслідки пошкодження можуть досягти масштабів, що перевищують допустимі межі, відносять до вогнищ, що вимагає активних захисних заходів. Існують різні класифікації осередків шкідників і хвороб: по екологічним групам і видам шкідників, типам хвороб і видам збудників хвороб; по етапах розвитку (такий, що виникає, розвивається, діючий, затухаючий, затухлий); за фазами розвитку (такі, що знаходяться в початковій фазі, фазі наростання чисельності, фазі кульмінації і фазі кризи); за тривалістю дії (хронічні та епізодичні осередки); за складом шкідників; за масштабом прояву (локальний, районний, обласний, загальнодержавний). Вогнища обласного масштабу зафіксовані у ряду хвое- і листогризучих комах – сибірського шовкопряда (коконопряда) (*Dendrolimus sibiricus*), непарного шовкопряда (*Lymantria dispar*), у судинних хвороб, що викликаються грибами роду *Ophiostoma* і ін.



Рис. 50. Смоляна воронка
коріїда-тіпографа



Рис. 51. Скручування
листя дуба листокрутками



Рис. 52. Скручування
пагонів в'юнами

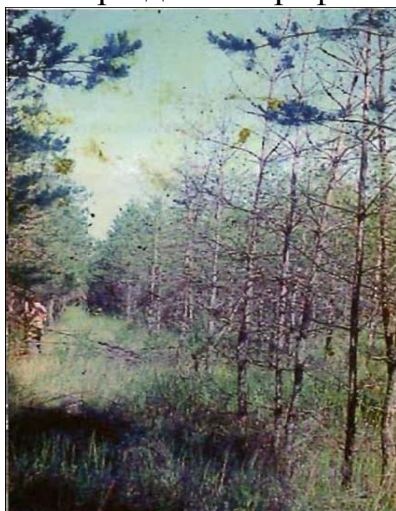


Рис. 53. Всихання сосни
під дією соснового клопа



Рис. 54. Всихання гілок
ялини під впливом
ураження кокцидами



Рис. 55. Утворення гал
на листі дуба

Розвиток осередків багатьох шкідників і хвороб лісу, як правило, відбувається на тлі зниження стійкості насаджень під впливом природних і антропогенних, ендемічних (внутрішніх) і екзогенних (зовнішніх по відношенню до лісового біогеоценозу) факторів середовища. У насадженнях, де порушення стійкості відбулося під впливом факторів самої різної природи, в тому числі абіотичних і антропогенних, майже завжди створюються сприятливі умови для розвитку патогенів та шкідників, які, в свою чергу, стають додатковими факторами несприятливого впливу, інтенсифікаторами відпаду і часто причиною повного руйнування і загибелі деревостану.

10.1. Наслідки пошкоджень лісу шкідниками.

Вивченню наслідків та процесів, пов'язаних з біотичними порушеннями в лісах присвячена велика кількість наукових робіт. Відомості про втрати від діяльності комах в наших лісах можна знайти в старих підручниках та інших літературних джерелах XIX ст. Переконливі дані про численні випадки шкідливої діяльності комах і хвороб лісу пов'язаних з цим втрати приросту, зниженням якості заготовленого лісу,

збільшення площі пошкоджених і всихаючих лісів, фінансові втрати на одиницю заготовленого лісу або збитків по певних районах і підприємствах лісової галузі містяться в публікаціях багатьох вчених і практиків лісового господарства.

Роль хвое- і листогризух комах, що відрізняються від всіх інших груп здатністю до різкого збільшення чисельності, спалахів масового розмноження, досліджена найбільш детально. Це пояснюється як господарською так і біоценотичною значимістю видів цієї групи, чий осередки в окремі роки і періоди здатні охопити сотні тисяч і мільйони гектарів лісової площі, так і складністю і багатозначимістю проблеми – поліфункціональності її ролі.

Крім безпосередньої реакції дерев на пошкодження, яке виражається в зниженні приросту або в їх всиханні, були виявлені подальші зміни їх росту і стану в наступні після загасання спалаху масового розмноження шкідників і хвороб роки. При чому, це стосується як деревних порід, здатних при своєму виживанні через деякий час компенсувати втрати приросту, так і дерев, які не пошкодились, різко збільшили приріст в рік найбільшого пошкодження через ослаблення конкурентних відносин за світло і площу живлення. Відзначено і такі наслідки дефоліації, як збільшення зеленої маси надгрунтового покриву, швидкості накопичення і розкладання органічної речовини в підстилці і ґрунті та інші побічні ефекти. Відомо, що різні породи дерев мають різну стійкість до знищення площі асиміляційного апарату. Існує загальне правило: покритонасінні легше переносять суцільне об'їдання, ніж голонасінні, так як у них більше запасів вуглеводів. У голонасінних загибель часто настає вже в результаті одноразового суцільного об'їдання хвої, при цьому найменш стійкими серед них є темнохвойні породи, а найбільш стійкою – модрина. Листяні дерева зазвичай легко витримують одноразове об'їдання. Реакція на знищення листя багаторічних рослин комахами, якими є дерева, характеризується граничними ефектами, запізненням і кумулятивними ефектами. Наявність порога шкідливості визначається тим, що поки щільність шкідника залишається нижчою певного рівня, дефоліація не викликає загибелі дерев. Поріг шкідливості пов'язаний з наявністю у рослин здатності до гомеостазу. Ефект запізнення проявляється в тому, що кількість і частка загинувших дерев в насадженні продовжують зростати і після того, як шкідник загинув або був знищений. Загибель дерев залежить від сумарної щільності шкідників протягом ряду років, а не від щільності в даному році, що пояснюється кумулятивним ефектом впливу знищення зеленої маси крони на стан і приріст дерев. Загибель дерев відбувається тоді, коли запас пластичних речовин недостатній для розпускання хвої або листя, або коли повторне відновлення хвої або листя призводить до повного виснаження дерева і порушення його життєдіяльності.

Характеристикою ступеня впливу комах-дефоліантів на насадження є поняття розміру кумулятивного об'їдання крон - сумарний відсоток об'їдання хвої або листя за ряд суміжних років. Було переконливо доведено, що загибель дерев пропорційна ступеню кумулятивного

об'їдання, причому навіть однорічні перерви не порушують ступеня зв'язку з цим. На підставі численних даних була розроблена система прийняття рішень про доцільності лісозахисних заходів в осередках хвої- і листогризучих шкідників для лісів зони Полісся України, що базується на достовірному визначенні загрози пошкодження насаджень за даними обліку і прогнозу чисельності комах, на оцінці очікуваних наслідків пошкодження (потенційного збитку) і порівняння значущості і величини цих збитків з витратами на здійснення активних винищувальних заходів (див. розділ 13). Збільшення чисельності та спалаху масового розмноження і роль стовбурових комах тісно пов'язані з хронічним або епізодичним типом порушень стану лісів іншими факторами несприятливого впливу, в тому числі біотичного (хвороби і хвоєлистогризучі комахи), абіотичного (вітер, снігові лавини, посуха та ін.), антропогенного і комплексного характеру (наприклад, пожежі). Відомі типові за темпами розвитку вогнища стовбурових комах на гарях і вирубках з підвищеною захаращеністю, в вітровальних сосняках і сосняках по болоту, в осередках соснового пильщика та інших хвоє- і листогризучих комах, в осередках хвороб (кореневої губки, судинного мікозу, в осередках голландської хвороби і ін.), в лісах, ослаблених дією техногенних чинників. Як правило, вони або йдуть за всиханням дерев від впливу забруднень, або виступають як типово вторинні шкідники. Стовбурові комахи у всіх випадках є інтенсифікатором відпаду, фактором, який пришвидшує процес загибелі дерев і бере участь в патологічному процесі разом з іншими комахами, бактеріями і грибами в наступних знищеннях і деструкції найбільш великих елементів лісу в екосистемах. Особо шкідливі такі види стовбурових комах, які є або переносниками небезпечних інфекційних хвороб деревних рослин – судинного мікозу і голландської хвороби (наприклад, заболонників роду *Scolytus*), або самі здатні завдавати значної шкоди при своєму додатковому харчуванні на пагонах і гілках життєздатних дерев, розширюючи при цьому свій ареал ураження (вусачі роду *Monochamus*, соснові лубоїди роду *Tomicus* і ін.). Негативна роль шкідників молодих деревних рослин (сходів, підросту, лісових культур), до яких, крім комах, належать і рослиноїдні хребетні тварини, так звані дикі ратичні і гризуни, так само досить велика. Періодичні підйоми чисельності та осередки шкідників молодих рослин часто є причиною загибелі культур і молодників на великих площах. Пошкодження, що наносяться ними, викликають кущистість молодих рослин, суховершність і відставання в рості, що в свою чергу є причиною (разом з іншими факторами середовища природного та антропогенного характеру) непродуктивних витрат лісового господарства на повторне створення і доповнення лісових культур. Про роль ураження лісів хворобами можна дізнатися з підручників (Вакін, 1955; Семенова, Соколова, 2003 і ін.), довідників і численних спеціальних публікацій, присвячених в основному грибних хворобам. Велика частина робіт присвячена хворобам молодих рослин в розсадниках і молодниках, в зв'язку з їх високим господарським значенням, а також наслідків розвитку гнилевих хвороб лісу – корневих гнилей (викликають загибель в

основному штучно створених насаджень стовбурових порід), стовбурових і комелевих гнилей (що розвиваються як в природних, так і в штучно створених лісах) і їх впливу на вихід ділової деревини і її якість. На сьогоднішній день майже відсутні наукові дані про роль судинних і некрозно-ракових захворювань деревини. **Епіфітотіями називаються** хвороби рослин, що викликають їх масове ураження і загибель. За свою періодичність і наслідки вони схожі на спалахи масового розмноження комах. За масштабом прояву їх класифікують на епіфітотії, що розвиваються в окремих районах або регіонах, прогресуючі епіфітотії, що поширюються на сусідні регіони, і панфітотії – охоплюють великі території в одній країні або в декількох країнах. Детальний розгляд наслідків пошкодження дерев і насаджень шкідниками і хворобами, незважаючи на їх різну природу і характер нанесених пошкоджень, дозволяє їх об'єднати по ряду загальних ознак. Їх можна розглядати на трьох рівнях: наслідки першого порядку на рівні дерева, наслідки другого порядку – на рівні популяцій дерев (деревостану) і наслідки третього порядку – на рівні екосистеми. Втрати від пошкодження лісу шкідниками і хворобами на всіх рівнях можуть бути повністю непоправними, частково відновними, повністю відтворними протягом певного періоду, завдяки компенсаторним механізмам дерев, деревостану і лісової екосистеми в цілому. В лісових насадженнях існує певний стан, на який діє компенсаторний механізм. Після пошкодження насадження вище цієї межі, компенсаторний ефект зникає, і втрати не відновлюються. Так, наприклад, прийнято вважати, що нормальний ріст насаджень, при якому формуються повнодеревинні стовбури і забезпечують високий приріст насаджень, відбувається при їх повноті не менше 0,7 (гранично допустима повнота при проведенні рубок догляду). Можна припустити, що при частковому всиханні насадження під впливом шкідників і хвороб до цієї межі, компенсаторна реакція насадження ефективна, понад цю межу – не ефективна. Це положення справедливе для насаджень, що знаходяться в стадії активного росту. Наслідки пошкодження лісу шкідливими організмами залежить від шкодочинності рослиноїдних комах. Вони залежать від біологічних особливостей шкідників і патогенів. Шкодочинність комах залежить від агресивності і фізіологічної активності видів, їх здатності пригнічувати резистентність деревних порід, від типу пошкоджень, що наносяться і їх наслідків, від шкодочинної норми, побічно пов'язаної з розмірами особин, тривалості і характеру основного та додаткового харчування, від можливості перенесення збудників хвороб, цінності уражуваної породи, періоду нанесених уражень і тривалості генерації, від здатності видів до масового розмноження. Шкодочинність збудників хвороб залежить від типу, місця і характеру їх розвитку, наслідків ураження, швидкості і періоду розвитку на рослинах, агресивності збудників хвороб, цінності урадуваної породи, шляхів і швидкості розповсюдження в осередках ураження, від здатності утворювати епіфітотії різного типу і їх тривалості. По рівню шкідливості види шкідників і хвороб ранжируют на три різні групи: 1 – особливо, 2 – помірно, і 3 – малошкідливі. Реальна шкідливість

комах і збудників хвороб лісу в конкретних регіонах залежить від розмірів і характеру їх ареалів і площі спалахів, наявності, характеру розвитку, тривалості і повторюваності спалахів масового розмноження комах або епіфітотії вогнищ хвороб в даних регіонах, від лісівничо-таксаційних характеристик насаджень, де розвиваються їх осередки, від стійкості ушкоджуваних порід і лісів до уражень. При цьому слід врахувати, що розмір втрат і категорія тяжкості наслідків залежить, значною мірою, від ступеня, кратності і тривалості впливу і часто визначається умовами місцязростання насаджень і видовим характером уражених порід, їх стійкість до пошкоджень, регенеративними і компенсаційними здібностями. Крім того, мають значення природні особливості і інтенсивність ведення лісового господарства в регіонах, де розвиваються осередки даного виду, в тому числі лісистість території, напрям ведення лісового господарства, цільове призначення і використання лісів, їх екологічна цінність. Очевидно, що порушення третього – екосистемного рівня можна розглядати як наслідки найвищої тяжкості. Це різноманітні, найчастіше небажані, з точки зору людини, зміни в складі і структурі біоценозів і зміни параметрів екосистеми, які можуть перевищувати допустимі межі, що забезпечують збереження її стійкості. Це може спричинити за собою створення кризових ситуацій, коли параметри екосистеми наблизяться до критичних порогів, після чого можуть наступити незворотні зміни і деградація лісових екосистем, що супроводжуються руйнуванням або порушенням екологічних зв'язків між окремими компонентами, що забезпечують нормальний обмін речовини і енергії всередині екосистеми і з навколишнім середовищем в цілому. На екосистемному рівні можна розглядати наслідки пошкоджень в залежності від їх зворотного або незворотного характеру трьох типів: катастрофи – незворотні наслідки або з періодом оборотності більш оборота рубки (50 - 100 років); екологічного лиха – частково оборотні (1, 2 і 3 категорії); порушення – повністю відновне. По масштабу прояву наслідки пошкоджень на екосистемному рівні можна поділити на наступні категорії: глобальні – в межах багатьох країн і планети Земля в цілому; національні або державні – в межах однієї країни (держави); регіональні; локальні. Явищами локального масштабу вважаються явища і процеси з радіусом дії менше 10 км, регіонального від 10 до 100 км, понад 100 км – глобального масштабу. Узагальнена класифікація наслідків пошкоджень лісу на екосистемному рівні і пов'язаних з ними втрат наведені в таблиці 15. При цьому всім наслідкам які мають екологічний характер, присвоюється одне з трьох найменувань: катастрофи, екологічного лиха і порушення; крім того, дві останні категорії екологічних наслідків (лихам і порушення) присвоюється додатково ще три підкатегорії (від 1-ї до 3-ї), в залежності від ступеню або тяжкості їх прояву, переліку реєстрованих факторів ушкоджень і наслідків пошкоджень. Їх необхідно класифікувати в межах діючих в лісовій галузі еколого-господарських об'єктів: в насадкових господарствах і на плантаціях; в розсадниках; в лісових культурах (до змикання і після змикання); для підросту (під пологом насаджень і в

вирубках); в лісових насадженнях різних вікових груп (в молодниках, древостанах середньовікових, пристигаючих, стиглих і перестійних); для деревини на складах і в спрудах. В склад наслідків пошкоджень і пов'язаних з ними втрат обов'язково включають і так звані непродуктивні витрати, втрачені внаслідок відсутності ефекту вкладень через загибель сіянців, лісових культур, врожаю насіння в насінневих господарствах, на створення і зміст яких витрачалися кошти лісового господарства. Крім того, класифікуються і систематизуються категорії лісової продукції і лісокористування в різних еколого-господарських об'єктах лісового господарства, види і розміри затрат на їх створення і підтримання, а також планований прибуток від їх реалізації для різних органів управління лісовим господарством України (держави, областей, районів, обласних управлінь лісового і мисливського господарства, лісгоспів, лісництв, майстерських ділень).

Таблиця 15

**Класифікація наслідків ураження лісових насаджень комплексом шкочочинних факторів
(за матеріалами обстежень 2008 – 2018 років)**

Наслідки пошкодження лісу на екосистемному рівні			Категорії важкості наслідків	
Повне всихання лісів на території з переходом категорії лісо-покритої площі в іншу категорію земель	В лісонепокриту нелісову площу з незворотними змінами середовища, або з довготривалим (більше 100 років) природним відновленням	Непродуктивна техногенна територія (відвал, кар'єр, тощо)	Екологічна катастрофа	Зниження вартості землі, природних ресурсів
		Біологічно продуктивна територія (болото, прогалина та інші.)	Екологічне лихо підкатегорії 1;	
	В непокриту лісом лісову площу, де можливе лісовідновлення		Екологічне лихо підкатегорії 2;	
Часткове всихання деревостанів із зниженням повноти, запасу і біологічної продуктивності, а також стійкості насаджень	До ступеня зрідження із небереженням лісового середовища, а також значними втратами ресурсних функцій		Екологічне лихо підкатегорії 2;	Зниження вартості землі, природних ресурсів
	Із збереженням лісового екоценозу та зниженням ресурсних функцій		Екологічне лихо підкатегорії 2;	Зниження вартості ресурсів
Зниження приросту дерев	Не відновне		Порушення 1 підкатегорії;	Зниження вартості землі, природних ресурсів
	Частково відновне		Порушення 2 підкатегорії;	
	Відновне повністю		Порушення 3 підкатегорії;	

Зниження якості, (сортиментності) деревини	До неліквідної деревини	Ні	Втрати у вартості деревини
	Значне, не менше ніж на 2 сорти	Ні	
	Не значне (не більше ніж на 1 сорт)	Ні	
Зниження кількості і якості насіння і плодів	Повна втрата врожаю, повна втрата схожості	Порушення 1 підкатегорії;	Втрати у вартості врожаю
	Часткова втрата врожаю, зниження сортності	Порушення 2 підкатегорії	
Зниження кількості виходу і якості посадкового матеріалу в розсаднику	Повна загибель сіянців і садженців	Порушення 1 підкатегорії;	Збиткове виращування
	Часткова загибель і зниження якості посадкового матеріалу	Порушення 2 підкатегорії	
Всихання лісових культур	Повна загибель молодих рослин	Порушення 1 підкатегорії;	Нераціональні витрати на створення і догляд за культурами
	Часткова загибель молодих рослин і доповнення молодих культур	Порушення 2 підкатегорії	

При прийнятті рішення про призначення захисних заходів необхідно, перш за все, враховувати можливість катастрофічних наслідків і лих, що викликаються діяльністю шкідників і хвороб. Можливі незначні порушення, викликані ними в лісових екосистемах, можна залишати без уваги і без втручання людини, покладаючись на регенераційні здатності і стійкість популяцій дерев. Однак слід враховувати при цьому високий ступінь мінливості реакції лісових екосистем при високій мінливості кліматичних і погодних умов, при різного роду ступенях і характерах антропогенних впливів.

Надійним обґрунтуванням ефективності прийняття лісозахисних рішень повинні служити дані лісопатологічного моніторингу та його багаторічна база даних, які дозволять розробити алгоритм послідовного аналізу щорічно оновлюваних матеріалів спостережень за динамікою стану лісів, популяційних показників шкідників і показників розвитку хвороб, оцінку очікуваної загрози пошкодження ними лісів і потенційних наслідків ураження. Оцінці втрат від шкідників і хвороб лісу повинні передувати дві операції:

- виявлення насаджень з різним ступенем ослаблення і всихання з підрозділом їх на дві категорії:

- а) з порушеною стійкістю, життєздатністю;

- б) з втраченою стійкістю, життєздатністю;

- оцінка ролі шкідників і хвороб в ослабленні і всиханні насаджень.

Для виявлення насаджень з різним ступенем ослаблення і всихання необхідно мати у своєму розпорядженні дані про ділянки з порушеною і втраченою стійкістю (життєздатністю) в межах контрольованої лісової території. Цілком очевидно, що наслідки порушень тим вище, чим більша територія біотопу, ділянки, лісової площі, де вони проявляються, і чим

більша кількість дерев піддається ушкодженню (ураженню) шкідниками і хворобами.

Для оцінки ролі шкідників і хвороб в ослабленні і всиханні насаджень необхідно мати дані про співвідношення дерев різних категорій стану в насадженнях (за даними пробних площ) і дані про їх пошкодження шкідниками і ураженості хворобами або іншими негативними факторами впливу, а також відомості про розміри (діаметр на висоті 1,3 м над рівнем землі) дерев різних категорій стану. До числа негативних факторів впливу, окрім шкідників і хвороб, можуть бути віднесені різні фактори природного та антропогенного походження або їх комплекс. Для цього можна зіставити дані розподілу дерев за категоріями стану на пробних площах з їх середнім діаметром і пошкодження шкідниками і корисними або іншими факторами. Це дозволить визначити роль кожного з факторів у ослабленні і всиханні дерев. Середній діаметр дерев різних категорій дозволить зрозуміти характер відпаду в насадженні. Якщо до 4-й, 5 і 6-ї категорій стану відносяться дерева інших діаметрів, то характер відпаду виявиться ближче до природного, якщо ж діаметр ослаблених в різному стані, усихаючих і сухостійних дерев близький або вище середнього діаметра насаджень, то можна говорити про патологічний його характер. На підставі моніторингу для певної лісової території або окремих її частин і еколого-господарських об'єктів лісового господарства може бути виявлений комплекс негативних факторів, що впливають на визначення втрат від їх впливу. Втрати від шкідників і хвороб і від впливу інших несприятливих факторів в лісовому господарстві – це реальні наслідки, що відбулися внаслідок ушкоджень лісу, які виражаються в частковій або повній втраті цільових функцій лісу.

До їх числа можна віднести:

- передчасне всихання дерев і насаджень;
- функціональний розлад насаджень зі зміною в них біологічних процесів в несприятливому напрямі;
- погіршення якості насаджень, їх передчасне старіння і втрата біологічної стійкості;
- зниження виходу ділової деревини, знецінення її частини, зниження терміну її служби, погіршення технічних якостей і ін;
- нераціональні витрати на ведення лісового господарства.

При обліку втрат від шкідників, хвороб і пошкоджень лісу об'єктами оцінки можуть бути:

- ліс, як біогеоценоз (екосистема);
- ліс, як середовищеформуючий, середовищестабілізуючий і середовищезахисний фактор;
- лісова земля, як головний засіб виробництва в лісовому господарстві;
- деревостани, як джерело деревини і інших його продуктів;
- ресурси побічного користування лісу;
- продукція мисливського господарства та мисливська фауна.

Підлягають класифікації та систематизації основні категорії лісової продукції і користування лісом в різних еколого-господарських об'єктах лісового господарства, види і розмір витрат на їх створення і підтримання,

планований прибуток від їх реалізації (так звані непродуктивні витрати) для різних органів управління лісовим господарством України (областей, районів, обласних управлінь лісового та мисливського господарства, лісгоспів, лісництв, майстерських діляниць). На підставі цих даних для еколого-господарських об'єктів можна систематизувати і скласти перелік вагомих і невагомих, економічних, екологічних та соціальних втрат від впливу несприятливих природних і антропогенних чинників (таблиця 16). До вагомих (матеріальних) ресурсів лісу відносяться: деревина, урожай плодів і насіння (для відтворення лісу і споживання у вигляді харчових продуктів), лікарська сировина, кора, продукти підсочки лісу, луб'яні волокна, саджанці і сіянці в розсадниках для створення лісових культур і озеленення, лісові продукти (лікарська сировина, гриби, ягоди та ін.), дичина, хутро, продукти лісового бджільництва та ін. Враховуються основні категорії показників і втрат від ураження шкідниками і хворобами деревних рослин і лісової продукції, які наведені в таблиці 17.

Таблиця 16

**Екологічні групи шкідників та хвороб лісу
(середні показники за 2008 – 2018 роки)**

Екологічні групи шкідників і хвороб деревних порід і лісової продукції	Категорії об'єктів лісової галузі	Категорії втрат ресурсів і непродуктивних витрат лісопродукції
Шкідники і хвороби генеративних органів	Насінневі господарства, плодоносні насінневі плантації	Врожай шишок, насіння, жолудів, горіхів, плодів, витрати на створення та утримання господарств і плантацій
Шкідники та хвороби молодників	Розсадники, лісові культури, насінневі плантації, підріст головних порід, збережений на вирубках	Сіянці, саджанці, крупномірний посадковий матеріал, витрати на їх виробництво, вартість посадкового матеріалу, витрати на посадку і догляд за ґрунтом, на рубки догляду. Молоді рослини і витрати на їх збереження
Хвоє- та листогризучі шкідники, стовбурові шкідники, некрозно-ракові, судинні і гнилеві хвороби лісу	Молодники, середньовікові, що досягають, стиглі і перестійні насадження різного цільового призначення	Хвоя, листя, приріст і запас деревини, якість деревини, зниження доходу від побічного користування, витрати на догляд за лісом, його охорону від пожеж і ін., зниження екологічних та ін. якостей лісу, втрата прибутку від лісокористування
Технічні шкідники і гнилові хвороби	Деревина на складах і в сопорудах	Запас і якість деревини, затрати на лісозаготівлі, втрата прибутку.

Основні категорії лісопродукції з врахуванням показників і втрат від пошкодження шкідниками і хворобами деревних рослин

Категорії облікових втрат	Одиниці виміру	Поріг шкідливості
Втрати деревостанів внаслідок їх всихання через ураження шкідниками і хворобами	га	1
Втрат лісопродукції від пошкодження шкідниками і хворобами заготовленої деревини	м ³	1
Ступінь пошкодження дерев (молодих рослин)	%	20
Розмір патологічного відпаду (всихання) дерев (молодих рослин) а) в пошкоджених шкідниками насадженнях б) у відділеннях базового розсадника, на насінневих плантаціях, в групах підросту лісових культур до змикання і після змикання культур	м ³	5 м ³
Непродуктивні витрати на створення і догляд за повністю загиблими культурами, насінневими плантаціями	гривні	10 тис. грн.
Зниження виходу посадкового матеріалу різних вікових категорій і категорій крупності на розсадниках	тис. шт.	1
Непродуктивні витрати на вирощування загиблого посадкового матеріалу різних вікових категорій і категорій крупності на розсадниках	гривні	10 тис. грн.
Втрати приросту деревини в пошкоджених насадженнях	%, м ³	20%
Зниження врожаю насіння, плодів, горіхів і ін., насіннєвого матеріалу і реалізованої продукції: а) кількості б) якості	кг, ц % гривні	20%
Зниження виходу ділової деревина і втрачений дохід	%, м ³ , гривні	20% 10 тис. грн.
Зниження кількості і сортності деревини і втрачений дохід	%, м ³ , гривні	20% 10 тис. грн.

Більш складним (і поки до кінця не вивченим) є облік втрат продуктів побічного користування (ягід, грибів, мисливських трофеїв, дикорослих лікарських рослин і ін.), порушень рекреаційних функцій лісу, погіршення його ландшафтоутворюючих, водорегулюючих, ґрунтозахисних, кліматорегулюючих властивостей, його здатності служити фітофільтром і акумулювати забруднення. Поки що важко визначити втрати і збиток від пошкодження лісу шкідниками і хворобами за рахунок

можливого зсуву циклу відтворення лісу і за рахунок зниження його сумарної біологічної продуктивності як заходу депонованого вуглецю.

10.2. Методи інтегральної оцінки стану дерев і насаджень.

Категорії стану дерев. При проведенні лісопатологічного моніторингу, призначення лісозахисних заходів і прогнозу стану і стійкості насаджень виникає необхідність в оцінці стану як окремих дерев, так і всього насадження в цілому. Для вирішення цього складного завдання використовують такі універсальні показники, як категорія стану дерев і насаджень. **Категорія стану дерев** – інтегральна бальна оцінка стану дерев по комплексу візуальних ознак (густоті і кольору крони, наявності та частці всохлих гілок в кроні, станом кори і ін.). Виділяють 6 основних категорій стану дерев: 1 – без ознак ослаблення, 2 – ослаблені, 3 – сильно ослаблені, 4 – всихають, 5 – сухостій поточного року, 6 – сухостій минулих років.

Застосування категорій стану дерев дозволяє формалізувати процес відведення дерев у санітарну рубку, тому опис основних 6-ти категорій дерев окремо для хвойних і листяних порід було закріплено в додатку до 'Санітарних правил в лісах України' (редакція 1992 року). Крім згаданих в санітарних правилах 6-ти основних категорій стану дерев, часто доводиться виділяти ряд додаткових.

Дерево суховершинне – дерево з всохлою вершиною під впливом хвороб, шкідників, посухи, промислового забруднення або інших несприятливих факторів середовища. Залежно від протяжності всохлої вершинної частини дерев, воно може відноситися до будь-якої з трьох: 1-ї, 2-ї, 3-ї або 4-ї категорій стану (рис. 56).

Дерева вітровальні – дерево, повалене під дією вітру на землю з частково або повністю вирваною або відірваною від ґрунту кореневою системою, міцність якої зазвичай порушена гниллю або в зв'язку з несприятливими ґрунтово-кліматичними умовами (рис. 57).

Дерева буреломні – дерево, зламане під дією вітру або іншого дерева, що впало (рис. 58).

Сніговал і сніголам – дерева, як правило, молоді високі і тонкостовбурові, зігнуті або зламалися під вагою рясного снігопаду (рис. 59).

Для вітровально - буреломних і зламаних снігом дерев при їх обліку слід окремо вказувати час їх загибелі – в поточному році або в минулі роки.

Оцінка категорії стану дерев проводиться і при моніторингу стану насаджень під час їх обліку на пробних площах різного типу. При цьому у кожного дерева вимірюють діаметр на висоті грудей (1,3 м) і відзначають пошкодження шкідниками, ураженість хворобами та іншими негативно впливаючими факторами природного та антропогенного характеру (наприклад: пожежею, вирубуванням, падінням інших дерев, техногенними або дорожньо-транспортними забрудненнями і ін.). Застосування шкали категорій стану в практиці лісозахисту складає основу формування системи лісопатологічного моніторингу всього лісового фонду України.



Рис. 56. Суховершинне дерево



Рис. 57. Вітровальні дерева



Рис. 58. Буреломні дерева



Рис. 59. Сніговальні і сніголамні
дерева

Однак з плином часу стають очевидними і деякі недоліки даної шкали, в тому числі суб'єктивність оцінки категорій стану; відсутність відмінностей в оцінці при відведенні в рубку насаджень різного цільового призначення; недостатня чутливість шкали при відстеженні невеликих змін в стані дерев. Суб'єктивність оцінки категорій стану можна подолати, використовуючи візуальні образи категорій стану основних лісоутворюючих порід (додаток 7). Часто буває необхідно виявити динаміку всихання за наявності в насадженні мертвого лісу. В цьому випадку старий сухостій можна диференціювати по роках всихання, використовуючи ряд специфічних ознак. При певному досвіді старий сухостій хвойних порід простежується за період до 20 років. Якщо виникає

необхідність відстежування слабких змін у стані насаджень за невеликий проміжок часу, можна використовувати дробові категорії стану. В цьому випадку інтервал між категоріями станів ділиться на десять частин і в відомостях категорій вказується з десятими. Цей метод може застосовуватися тільки після ретельного тренування фахівцями з великим стажем робіт.

Категорії стану насаджень. Стан насаджень – його якісна характеристика за комплексом показників, що відображає відповідність і характеризується відповідність об'єкта визначеній нормі в конкретних обставинах місця і часу відповідно до цільового призначення лісів, їх породним складом, віковою структурою при певних умовах середовища. Вони визначається за комплексом ознак, в тому числі по співвідношенню дерев різних категорій стану. Розрізняють лісопатологічний і санітарний стан насаджень.

Лісопатологічний стан насаджень – його характеристика за комплексом ознак, враховує пошкодженість насаджень шкідниками і ураженість хворобами та іншими несприятливими факторами середовища природного та антропогенного характеру, що діагностує причини (фактори) ослаблення і всихання дерев і вказує їх роль. Лісопатологічний стан насаджень включає дані про склад, структуру і рівні чисельності популяцій шкідників, а також особливості поширення і розвитку хвороб.

Показники пошкодження шкідниками – комплекс показників, які використовуються при лісопатологічному обстеженні насаджень з порушеною стійкістю і при моніторингу в осередках шкідників.

Пошкодженість, або заселеність, шкідниками – частка пошкоджених або заселених комахами дерев.

Ступінь пошкодження крон хвое- і листогризух комахами визначають окомірно: слабка – до 25%, середня – 25 - 50, сильна – 50 - 75, повна – більше 75%.

Показники ураженості насаджень хворобами – комплекс показників, які використовуються при лісопатологічному обстеженні насаджень з порушеною стійкістю і при моніторингу в осередках хвороб.

Поширеність хвороби, або ураженість хворобами деревостану – частка хворих дерев у відсотках.

Розвиток хвороби – ступінь ураження дерев, виражений у балах або відсотках. Бальну шкалу застосовують при окомірній оцінці ураження і користуються нею при оцінці ролі (шкодочинності) хвороби. Ураження дерев хворобами встановлюють за наявністю плодових тіл, ракових ран, суховершності, пожовтіння хвої (листя), смолотечією та іншими ознаками (див. розділ 9).

Санітарний стан насаджень – характеристика, яка враховує співвідношення дерев різних категорій стану, дані про частку або запаси сухостою і хмизу, дані про характер їх розподілу в насадженні.

Показники, що характеризують санітарний стан насаджень:

поточний відпад – частка або запас дерев, всохлих в поточному році. Розрізняють абсолютний і відносний поточний відпад: абсолютний

поточний відпад обчислюють за кількістю дерев на 1 га і за запасом деревини – в м³/га, відносний поточний відпад оцінюють за кількістю стовбурів у відсотках від загального числа і за запасом деревини в відсотках від загального запасу насадження; загальний відпад – це обсяг сухоостою і хмизу (вітровалу, бурелому, сніголому і ін.), загальна захаращеність лісу, обсяг порубкових залишків, необкорованої деревини.

При оцінці санітарного стану насаджень враховують сухостій, вітровал, бурелом, як і не вивезену з лісу деревину зі зразковим зазначенням зайнятої ними площі (в га) і масою. Запас сухоостою обчислюють в м³/га або в % від загального числа дерев. Вказують також час утворення сухоостою (свіжий, старий) і його стан (незаселений, заселений або уражений стовбуровими шкідниками, уражений гниллю та ін.).

При оцінці стану насаджень визначають особливості розміщення сухоостою, хмизу і уражених хворобами дерев, а саме:

одиничне – враховуються категорії дерев, що зустрічаються на обстежуваній ділянці одинично;

групове – невеликими групами до 10 дерев;

куртини – спостерігається всихання або ураження дерев куртинами різної величини до 0,25 га;

суцільне – всихання дерев, ураженість їх хворобами спостерігається часто на ділянках площею більше 0,25 га.

При характеристиці санітарного стану насаджень повинні бути встановлені причини ослаблення і всихання дерев (наприклад: кореневі гнилі, порушення санітарних правил і ін.), виявлено основні види хвороб і шкідників і особливості їх поширення.

Оцінка санітарного стану насаджень проводиться за комплексом індикаторних показників: розмір поточного і загального відпаду (всихання), характер (розмірність і тип розподілу) відпаду, пошкодженість деревостану шкідниками, ураженість хворобами і іншими несприятливими факторами природного та антропогенного характеру, збереження або порушення лісового середовища та ін.

До I класу (біологічно стійким, життєздатним) відносять насадження, в яких поточний відпад не перевищує нормального для даних віку і умов зростання, пошкодженість дерев шкідниками і хворобами незначна або відсутня; лісозахисні заходи тут, як правило, не потрібні.

До II класу (з порушеною стійкістю, життєздатністю) відносять насадження, де розмір всихання, в тому числі поточний відпад, значно перевищує нормальний для даних віку і умов зростання, при цьому середній діаметр відпаду близький або вище середнього діаметра насадження; тут зазвичай потрібно призначення лісозахисних заходів.

До III класу (насадження, втратили стійкість, життєздатність) відносять розладнані насадження, в складі яких всохла або всихає значна частина дерев основного складу, після взяття яких утворюється рідколісся; в цих насадженнях, як правило, призначають суцільні санітарні рубки з наступним лісовідновленням.

Поділ насаджень на три класи дозволяє виявити ділянки лісу і лісові території, де діяльність шкідників і хвороб та інших чинників негативного впливу призвела до повного або часткового всихання лісу, і диференційовано підійти до вибору і призначенням в них лісозахисних заходів. Для інтегральної оцінки стану деревостану часто використовують середньозважену категорію стану дерев на пробній площі.

Для цього кожній категорії стану дерева надається індекс – N_i . Деревам 1-ї категорії (без ознак ослаблення) - N_1 ; 2-й категорії (ослаблені) - N_2 ; 3-й (сильно ослаблені) - N_3 ; 4-й (всихають) - N_4 ; 5-й (сухостій поточного року) - N_5 ; 6-й (сухостій минулих років) - N_6 . Стан деревостану в цілому (середньозважена категорія стану) оцінюється по кількісним співвідношенням дерев різних категорій або за часткою їх запасу в насадженні:

$$N_{\text{ср.}} = (N_1 + 2 \times N_2 + 3 \times N_3 + 4 \times N_4 + 5 \times N_5 + 6 \times N_6) / (\sum N_i)$$

Насадженнями незадовільного санітарного стану вважаються такі, середньозважена категорія стану яких перевищує 1,5 бали, а також насадження з поточним відпадом, що перевищує норму. Слід мати на увазі, що старий сухостій слід включати в розрахунок середньозваженої категорії стану тільки в тому випадку, якщо патологічний процес відпада дерев почався недавно і триває до теперішнього часу. В іншому випадку штучно занижується поточний стан деревостану. Подібні випадки зазвичай в Поліських лісах, де старий сухостій хвойних порід, що утворився, наприклад, після пожежі, знаходиться на ділянках десятки років і ніяк не характеризує поточний стан насадження. Лісовпорядники зазвичай виводять такий сухостій за межі складу насадження. Інтегральним показником стану лісових насаджень є індекс стану насаджень (I_s), за допомогою якого можна оцінити не лише стан лісових насаджень в поточний момент, але і його динаміку і темпи зміни. При його обчисленні головним показником є структура деревостану, співвідношення дерев різних категорій стану (N_i) з урахуванням їх розмірів. Частка кожної категорії стану дерев визначається як сума їх площі поперечного перетину ($\sum q_i$), яка прирівнюється до 10:

$$\sum q_i = (\sum q_1 + \sum q_2 + \sum q_3 + \sum q_4) = 10$$

Це дає можливість врахувати їх розміри і внесок в продуктивні процеси деревостану.

У кожній категорії стану дерев визначається (візуально або емпірично) коефіцієнт охоплення (облистяності) крони (f_i). У дерев 1-ї категорії (N_1 – без ознак ослаблення) f_i приймається рівним 1, у сухостійних дерев (N_5 і N_6) - рівним 0. У інших категорій дерев він коливається від 0,8 до 0,16.

Наближено можна прийняти їх рівними:

для категорії N_2 (ослаблених) - $f_2 = 0,8$;

для категорії N_3 (сильно ослаблених) - $f_3 = 0,4$;

для категорії N_4 (всихаючих) - $f_4 = 0,16$ або округлено 0,2.

Індекс стану (I_s) характеризує загальний стан і життєздатність насаджень. Він визначається за сумарним ступенем охоплення (облистяності) крон деревостану (F) і збереження природного (лісового) середовища, про яку судять по зімкнутості крон (повноті) деревостану (P). При цьому повноті насадження, нормальної для даних умов місцезростання і властивій його віковою етапу, присвоюється коефіцієнт $P_{(норм.)}$, що дорівнює 1; при середній в відповідних умовах повноті – $P_{(середовищ.)} = 0,8$, при низькій – $P_{(низький.)} = 0,6$.

Додатково можна вводити коефіцієнти, що враховують діючі на території насадження екстремальні фактори середовища, тривалість і характер їх несприятливого впливу (забруднення, рекреація, пожежа, комахи і хвороби та інші) і реакцію дерев на цей вплив (k_i).

Індекс стану насадження, таким чином, визначається як:

$$I_s = F p' k_i,$$
$$F = \sum q'_1 + \sum q'_2 f_2 + \sum q'_3 f_3 + \sum q'_4 f_4,$$

де:

$\sum q'_i$ - суми площ перетину дерев i -ї категорії стану, виражені як частка від 10 одиниць;

f_i - коефіцієнт охоплення, облистяності дерев різних категорій як міра їх біологічної продуктивності і життєздатності;

p' - коефіцієнт, що відображає відповідність повноти насадження, лісорослинним умовам і віку лісового насадження;

k_i - коефіцієнти, що характеризують інтенсивність впливу екстремального фактора середовища.

При відсутності достовірних даних про значення коефіцієнтів, що характеризують ступінь або рівень впливу (вагу) тих чи інших факторів впливу на стан деревостанів, коефіцієнти K , можна опустити. Вони важливі, в основному, при прогнозі динаміки зміни стану насаджень (в прогностичних моделях) і можуть бути згодом отримані емпіричним шляхом за результатами багаторічних спостережень на постійних пробних площах.

РОЗДІЛ 11. АНАЛІЗ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЛІСОПАТОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Клімат і погода – найважливіші чинники сезонної і багаторічної динаміки чисельності лісових комах. **Під кліматом розуміють багаторічний режим погоди, зумовлений географічним положенням місцевості.** До основних кліматоутворюючих чинників відносять сонячну радіацію, атмосферну циркуляцію і підстилаючу поверхню. Закономірності географічної мінливості клімату необхідно враховувати при розробці зональних систем лісозахисних заходів. Клімат визначає поширення комах, межі їх ареалів і зон шкодочинності, а погодні умови впливають на терміни та інтенсивність розвитку комах, динаміку чисельності їх популяцій.

11.1. Основні принципи використання гідрометеорологічної інформації для лісопатологічного моніторингу.

Аналіз гідрометеорологічної інформації для лісопатологічного моніторингу базується на основних законах екології та кліматології. Найважливіші з них такі:

1. Закон рівнозначності (або незамінності) різних екологічних факторів. Сутність його полягає в тому, що жоден з факторів, що забезпечують життєдіяльність комах, не може бути ні виключений, ні замінений іншим. Так, світло не можна замінити теплом, тепло вологою і т. д. – всі вони необхідні для життя комах.

2. Закон нерівноцінності чинників довкілля для особин. Сутність його полягає в тому, що не всі фактори навколишнього середовища створюють однаковий вплив на комах, тому їх умовно поділяють на основні та другорядні. Основні чинники: світло, тепло, волога – безпосередньо створюють прямий і непрямий вплив на поведінку і розвиток комах. Інші – другорядні (вітер, дощ, атмосферний тиск і ін.) Вони відіграють непряму роль, коригуючи дії основних чинників: посилюючи або послаблюючи їх дію. Так, вітер пом'якшує дію заморозків, хмарність в нічний час, зменшує охолодження ґрунту. Основні фактори здійснюють вплив на всіх етапах життєвого циклу комах і на всій території їх проживання. Роль другорядних факторів проявляється лише на окремих етапах життєвого циклу комах і, як правило, на відносно невеликих територіях.

3. Закон мінімуму (або лімітуючого фактора). Згідно з цим законом, при оптимальних інших умовах проживання особин рівень чисельності їх популяцій визначається тим фактором, який знаходиться в мінімумі.

4. Закон оптимуму (або сумісної дії факторів). Згідно з цим законом, найбільший коефіцієнт розмноження особин певного виду забезпечується оптимальним поєднанням всіх чинників, що модифікують їх чисельність.

5. Закон критичних періодів в життєвому циклі комах. Сутність його полягає в тому, що в життєвому циклі окремих видів і популяцій комах існують критичні періоди, коли комахи найбільш гостро реагують на зміну будь-якого фактора (температури, вологи, сонячної радіації і т. д.) або на поєднання кількох факторів середовища проживання.

6. Закон фотоперіодичної реакції, який полягає в тому, що комахи, реагуючи на тривалість світлового дня, прискорюють або уповільнюють свій розвиток.

Закономірності зв'язків комах з кліматом і погодою носять просторово-часовий характер, що є їх найважливішою особливістю. Для характеристики впливу погоди і клімату на комах зазвичай використовують такі поняття, як біокліматичні і біометеорологічні умови. Під біометеорологічними умовами розуміється режим погоди, який визначається сукупністю метеорологічних і гідрологічних елементів, що мають істотне значення для життєдіяльності комах. До них відносять: температуру повітря і ґрунту, вологість повітря і ґрунту, сонячну радіацію, опади, сніговий покрив, вітер і ін. При аналізі біометеорологічних умов, на відміну від біокліматичних, основний акцент робиться на виявленні тимчасових закономірностей.

Біокліматичний критерій прогнозу ($Md\Sigma$) характеризує погодні умови ранньолітнього періоду (остання декада травня, перша і друга декади червня). Перехід на однорічний цикл можливий за умови коли $Md\Sigma < 0,4$.

11.2. Метеорологічна інформація в лісопатологічному моніторингу.

Для лісопатологічного моніторингу використовують чотири форми метеорологічної інформації, що забезпечує багатопланову оцінку:

- кліматичних особливостей регіону;
- погодних умов окремих років і сезонів року (весни, літа, осені, зими);
- погодної ситуації в критичні періоди життєвого циклу комах;
- метеорологічних явищ, що викликають абіотичний стрес у рослин і через складну систему біоценотичних зв'язків, що модифікують чисельність комах.

Первинна інформація про клімат регіону представляє собою середні показники головних його характеристик за багаторічний період метеорологічних спостережень, проведених в даному регіоні. Ця інформація включає:

- середньорічні показники температури і суми опадів;
- середні терміни настання сезонів року – весни, літа, осені, зими і відхилень від них;
- показники температури і сум опадів в кожному сезоні.

За початок весняного сезону приймають період стійкого підвищення середньодобової температури від 0 до 15 °C; літнього сезону – період зі стійкими середньодобовими температурами вище 15°C. За початок осіннього сезону приймають період стійкого переходу середньодобової температури від 15°C в бік її зниження; початок зимового сезону – встановлення температури нижче 0°C.

Суттєве значення для характеристики клімату регіону мають такі показники:

- найвищі і найнижчі середньодобові температури повітря;
- тривалість посушливих періодів в залежності від їх сезонного прояву;

- періоди максимального випадання опадів, найбільша висота снігового покриву і тривалість його безперервного збереження на поверхні ґрунту;

- глибина промерзання ґрунту в зимовий період.

Для життєдіяльності комах особливе значення мають метеорологічні показники, що характеризують діапазони мінливості всіх основних кліматичних даних по роках і чистоту повторюваності найбільших відхилень в сторону мінімальних і максимальних величин.

Для характеристики погоди минулого року використовують такі показники:

- температура повітря (°C) середньодобова (фактична і відхилення від багаторічної норми по середнім декадних даними), мінімальна і максимальна за декаду;

- сума опадів у міліметрах і відсотках від багаторічної норми по декадах, а також характер розподілу опадів по території.

Для характеристики фенологічних сезонів (весна, літо, осінь, зима) використовують час настання сезону (фактична дата); відхилення від середніх термінів (+, -) в добі і середньосезонні показники температури повітря і опадів.

Характеристика зимового сезону включає:

- терміни настання і закінчення сезону (фактична дата, відхилення від середніх термінів (+, -) на добу);

- мінімальну температуру ґрунту на глибині зимівлі комах;

- найбільшу і середню висоту снігового покриву;

- дату встановлення і сходу стійкого снігового покриву.

Для характеристики клімату регіону, кліматичних особливостей окремих років і сезонів, використовують дані метеорологічних станцій, розташованих в регіоні з врахуванням їх місця розташування (рельєф, висота над рівнем моря). Метеорологічна інформація, необхідна для розрахунку фенологічних показників, характеризується термінами розвитку і виживання комах, повинна надходити в регіональні центри захисту лісу для подальшої обробки, аналізу та зберігання в комп'ютерній базі даних. Ця база включає показники температури і вологості повітря, суми опадів, а також гідротермічного режиму за окремі відрізки часу. Найчастіше їх використовують для узагальнення кількісних характеристик стану погоди в окремі критичні періоди життєвого циклу шкідників. З цією метою розраховують суми температур (середніх, екстремальних, активних, ефективних і ін.), або різні показники зволоження, визначаються за формулами Г. Т. Селянінова, Д. І. Шашко, М. І. Будико та ін.

Для окремих видів комах-шкідників підраховують кількість днів і декад, відповідних критичного періоду, коли для них складаються особливо екстремальні умови. Основними показниками термічних ресурсів території та потреби комах у теплі є суми активних і ефективних температур (таблиця 18).

Трансформація середньодакдних температур в суми ефективних температур за декаду при нижній межі ефективних температур, що дорівнює 10° С.

°С	Десяті долі від 1°С									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
5	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
6	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
7	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9
8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12
9	12	12	12	13	13	14	14	15	15	15
10	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
11	20	21	21	22	23	24	24	25	26	26
12	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33
13	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41
14	42	42	43	44	45	46	46	47	48	49
15	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59

Під тепреатурними ресурсами регіону розуміють сумарну кількість тепла, яка формується на певній території в залежності від ґрунтово-кліматичної зони. Вона вимірюється в кілокалоріях. Потреба в теплі є кількість тепла, необхідна даному виду комах для проходження життєвого циклу. Термічні ресурси території зазвичай оцінюють сумою активних температур повітря вище 10°С, так як при середній добовій температурі повітря 10°С і вище спостерігається активний розвиток багатьох видів лісових комах і деревних порід, які вони вражають. Термічні ресурси території змінюються в залежності від широти місцевості, висоти над рівнем моря і ряду інших факторів. Потреба окремих видів комах в теплі виражається сумами активних або ефективних температур повітря за період, обмежений лімітними температурами (нижнім і верхнім порогами розвитку). Для багатьох видів лісових комах пороговою температурою початку розвитку є середня добова температура повітря 5 - 8°С. Для теплолюбних видів комах (наприклад, сонових златок) лімітними є середньодобові температури повітря 10 - 12°С. Порівнюючи термічні ресурси території і потребу окремих видів комах в теплі, обчислюють таку важливу біокліматичну характеристику, як забезпеченість комах теплом. Її розраховують за допомогою інтегральних кривих забезпеченості, побудованих для різних кліматичних зон. Для характеристики термічних ресурсів ґрунту використовують суми температур вище 0,5; 10; 15°С на різних глибинах, а також суму негативних температур (-5, -10, -15°С). Прямим показником вологозабезпечення є кількість опадів (за рік, сезон або місяць). Непрямими показниками служать різні коефіцієнти, які становлять відношення опадів до випаровуваності або факторів випаровування (температур, дефіциту вологості повітря). Запропоновано

ряд показників: гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова, показники зволоження Д. І. Шашко, М. І. Будико, В. С. Мезенцева.

Показниками умов зимівлі комах служать абсолютний мінімум температури повітря на висоті 2 м над поверхнею ґрунту, і ґрунту (на глибині 3 см), середній з абсолютних мінімумів температури повітря і ґрунту (на тій же висоті і глибині), середня температура повітря найхолоднішого місяці. У ряді випадків для характеристики зимових умов застосовують так званий сніжно-температурний коефіцієнт: відношення висоти снігового покриву до середньої температури повітря, або висоти снігового покриву до середнього з абсолютних річних мінімумів температури повітря.

Показником ступеня континентальності клімату можуть служити тривалість весни (в температурних межах 5-15°C) і осені (в температурних межах 15-5°C). **Чим континентальніший клімат, тим більш короткими виявляються весна і осінь, що має велике значення для життєдіяльності комах (темп розвитку, рівень смертності, відрив від паразитів) і проведення лісозахисних робіт.** Крім вищеназваних показників, для оцінки кліматичних особливостей територій додатково використовують: дати настання фенологічних фаз розвитку сезонів, екстремальні значення основних метеорологічних елементів, тривалість безморозног періоду, показники посушливості.

11.3. Метеорологічні характеристики температурного режиму.

При оцінці температурного режиму території для лісопатологічного моніторингу використовують показники, що дають найбільш повну уяву про загальну кількість тепла за рік або за окремі періоди (сезон, місяць, декаду, добу), а також про річний і добовому ході температури повітря. Виділяють 3 групи показників термічного режиму: середні температури, екстремальні температури, суми температур.

Середні температури – широко використовуються температурні показники, що обчислюються за різні часові інтервали (декаду, місяць, сезон, вегетаційний період і т. д.). Середня добова температура обчислюється як середнє арифметичне температур за всі терміни спостереження. **В даний час (з 1966 р.) на метеорологічних станціях України температуру повітря вимірюють 8 разів на добу. Встановлено єдині терміни спостереження: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 21 година.** Підсумовуючи температури за всі терміни спостережень і розділивши цю суму на 8, отримують середньодобову температуру повітря. Середньомісячна температура – середнє арифметичне з середніх добових температур за всі дні місяця. Середня річна температура – середнє арифметичне з середніх добових (або середніх місячних) температур за весь рік. Середня річна температура повітря дає лише наближене уявлення про загальну кількість тепла, але не характеризує річний хід температури. Тому для характеристики річного ходу температур використовують дані про середні температури найхолоднішого і самого теплого місяців року. Середні місячні і середні декадні температури використовують для

характеристики температурних умов окремих періодів. Однак всі середні характеристики не дають досить повного уявлення про добовий і річний ходи температур. Екстремальні температури суттєво доповнюють відомості про середні температури. Амплітуда добового і річного ходу температур повітря характеризує ступінь континентальності клімату, має істотне значення в житті комах. Добовий режим температури повітря обумовлений добовим ходом температури середовища. Він нерідко порушується вторгненнями теплих і холодних повітряних мас. Амплітуда добового ходу температури в континентальному кліматі досягає 20°C і більше. Це – важливий показник термічних умов розвитку і розмноження комах. Річний хід температури повітря в основному визначається річним ходом температури підстилаючої поверхні. Амплітудою річного ходу називається різниця між середніми місячними температурами самого теплого і найхолоднішого місяців. Абсолютною річною амплітудою називається різниця між абсолютним максимумом і абсолютним мінімумом температури повітря за рік, тобто між найвищою і найнижчою температурою, що спостерігалася протягом року. Амплітуда річного ходу температури повітря залежить від географічної широти місцевості, її віддалення від моря, абсолютної висоти і річного ходу хмарності. Суми температур (біологічні, ефективні, активні і ін.) знайшли широке застосування в сільськогосподарській та лісгосподарській метеорології і захисті рослин, як показники, що характеризують в умовних одиницях (градусоднях) теплозабезпечення території або сумарну потребу в теплі рослин і тварин. В Україні для сільськогосподарської оцінки клімату Г. Т. Селяніновим вперше були використані суми активних температур вище 10° С. Вони служать показником забезпеченості теплом періоду активного розвитку комах і активної вегетації їх кормових рослин. Суми активних температур складаються з середніх добових температур вище 10°C. Встановлено тісний зв'язок між сумою температур вище 10°C і річною сумою радіаційного балансу. Для вираження потреби біологічних об'єктів в теплі зазвичай використовують суми ефективних температур. Це суми середніх добових температур, відрахованих від біологічного мінімуму, при якому розвивається той чи інший вид рослин або комах. Зараз суми ефективних температур встановлені для багатьох видів лісових комах (як для окремих етапів їх онтогенезу, так і для всього життєвого циклу). Суми активних і ефективних температур мають екологічне значення, виражаючи зв'язок комах зі середовищем існування. Схема розрахунку сум активних і ефективних температур повітря наведена в таблиці 19. Середня добова температура і її суми нівелюють термічні відмінності в добовому просторі під час зміни температури повітря. Це визначає необхідність роздільного обліку середніх денних і середніх нічних температур повітря і їх сум для більш точної оцінки впливу температурного режиму на поведінку і розвиток лісових комах. Суми середніх денних і середніх нічних температур повітря, як правило, розраховують за період, коли середні температури дня і ночі перевищують 10°C (аналогічно підрахунку сум активних температур). У середніх денних і середніх нічних температурах

повітря додатково враховуються географічна мінливість довжини дня і ночі, а також зміна континентальності клімату і особливостей температурного режиму різних форм рельєфу, тому при одній і тій же середньодобовій температурі повітря можуть спостерігатись різні поєднання середніх денних і середніх нічних температур. Суми денних температур більше середніх добових сум температур, а сума нічних температур менше середніх добових сум. В Центральному Поліссі України різниця між сумами температур дня і ночі в період активного розвитку соснового пильщика становить більше 116°C (точніше, градусоднів). Це визначає регіональну специфіку фенології шкідника і потенційну можливість його розвитку по однорічній генерації.

Таблиця 19

Приклад рзрахунку сум активних і ефективних температур повітря (з 10 по 18 травня), °C

Температурапо вітря	10.05	11.05	12.05	13.05	14.05	15.05	16.05	17.05	18.05	Сума
Середня добова	12	10	8,6	4,9	7,6	12	15,1	18,2	16,0	106,9
Активна вище 10°C	12	10	0	0	0	12	15,1	18,2	16,0	83,8
Ефективна вища 5°C	7	5,5	3,6	0	2,6	7	10,1	13,2	11,0	60,0
Ефективна вища 10°C	2	5	0	0	0	2	5,1	8,2	6,0	23,08

11.4. Прогноз теплозабезпечення за вегетаційний період.

Забезпеченість теплом вегетаційного періоду характеризується сумами активних температур повітря за період з середньою добовою температурою, що перевищує 10°C, які щорічно більш-менш значно відхиляються від середньої багаторічної норми. В окремі роки ці відхилення можуть досягати $\pm 400 - 600^\circ\text{C}$, що дуже впливає на терміни розвитку комах, їх популяційні параметри та поступову активність. При великій позитивній аномалії сум активних температур створюються сприятливі умови (особливо в поєднанні з дефіцитом опадів) для різкого подйому чисельності комах-шкідників. Метод прогнозу теплозабезпечення вегетаційного періоду, розроблений Ф. Ф. Давітая, ґрунтується на зв'язку сум активних температур ($\Sigma t > t^\circ$) з датою весняного переходу середньої добової температури повітря через 10° С. Цей зв'язок встановлений в результаті обробки багаторічних метеорологічних спостережень, проведених в різних географічних пунктах на території зони Полісся України і суміжних кліматичних зон. Встановлено, що коефіцієнти кореляції між датами переходу температури повітря через 10° С і сумою температур вище 10° С виражаються величинами від 0,6 до 0,9 залежно від

географічного району. Для міста Коростень, де метеорологічні спостереження проводяться з 1844 року, рівняння зв'язку має такий вигляд:

$$\Sigma t = -18,25D + 2759;$$
$$R = -0,74;$$

де:

Σt - сума температур за період з середньою добовою температурою повітря $> 10^{\circ}\text{C}$;

D - дата весняного переходу температури через 10°C , виражена числом днів від 1 квітня;

R - коефіцієнт кореляції.

Наприклад, перехід температури через 10°C навесні в холодному 2008 році зафіксований 26 травня,

звідси: $\Sigma t = -18,25 \times 56 + 2759 = 1737^{\circ}\text{C}$.

Фактично в цьому році сума активних температур становила 1775°C . Різниця між фактичною і розрахованою сумою склала всього 38°C , тобто помилка прогнозу дорівнює 2%. Аналогічні кореляційні рівняння складені і для інших пунктів на території Українського Полісся, включаючи Передкарпаття і Закарпаття (таблиця 20). Аналіз цих зв'язків показує: чим пізніше настає дата стійкого переходу температури через 10°C , тим менше тепла ($\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$) накопичується за вегетаційний період. Пізня весна є передумовою загального дефіциту тепла в даному році. Встановлено, що при пізній весні різко зростає сума тепла першої половини вегетаційного періоду (протягом 2 місяців від весняного переходу температур вище 10°C) і навпаки, різко знижується сума тепла в решту вегетаційного періоду. Найбільш контрастні відмінності в розвитку сезонних явищ при ранніх і пізніх веснах в районах з помірно та континентальним кліматом. Залежно від темпу весняного розвитку природних процесів змінюється кількість тепла, що накопичується в першу і другу половину вегетаційного періоду. Наприклад, в Малині (Житомирська область) згідно метеорологічних довідників спостережень за погодою в 1898 році перехід температур вище 10°C спостерігався 28 травня (пізня весна) і сума температур вище 10°C склала 1872°C , з них в першу половину вегетаційного періоду накопичилося 1250°C , а в другу - 622°C . У 1998 році перехід температур вище 10°C зареєстрований 9 травня (рання весна), і сума температур вище 10°C склав 2129°C , з якої в першу половину вегетаційного періоду накопичилось 970°C , а в другу - 1159°C , тобто майже в 2 рази більше, ніж в 1898 році. Таким чином, при пізній весні створюються сприятливі умови для розвитку комах, личинки яких живляться в ранньолітній період і навпаки, при ранній весні значне накопичення тепла в другій половині вегетаційного періоду сприяє зростанню чисельності комах, які складають літньоосіннє фенологічне угруповання. Метод довгострокового прогнозу теплозабезпечення вегетаційного періоду і його частин (підперіодів) має велике практичне значення. Результати прогнозу можуть бути використані для коригування термінів проведення лісопатологічного моніторингу та

інших лісозахисних заходів з урахуванням регіональних особливостей фенології окремих видів і екологічних груп лісових комах.

Таблиця 20

**Кореляційний зв'язок між датами стійкого переходу температури повітря через 10° С навесні (D) і сумами активних температур за вегетаційний період (ΣT) в зоні Полісся України
(за даними Левчено В. Б. з 2001 по 2019 роки)**

Населені пункти	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Сарни	$r = -0,65 \pm 0,06$	$\Sigma T = -18,36D + 2139$
Гоща	$r = -0,64 \pm 0,06$	$\Sigma T = -20,73D + 2172$
Рівне	$r = -0,62 \pm 0,06$	$\Sigma T = -24,1 D + 2224$
Малин	$r = -0,76 \pm 0,05$	$\Sigma T = -20,76D + 2199$
Коростень	$r = -0,74 \pm 0,06$	$\Sigma T = -24,34D + 3366$
Житомир	$r = -0,66 \pm 0,07$	$\Sigma T = -20,23D + 2671$
Чернігів	$r = -0,61 \pm 0,08$	$\Sigma T = -14,60D + 2741$

Примітка: D - дата весняного переходу температури через 10°С визначається числом днів відліку від 1 квітня.

11.5. Оцінка умов зволоження вегетаційного періоду.

Як показники зволоження території, зазвичай використовують середні багаторічні суми опадів за різні часові інтервали (рік, сезон, місяць, декада). Однак опади є хоча і простим, але найбільш приблизним показником вологозабезпечення, так як їх ефективність неоднакова при різних умовах випаровування. У зв'язку з цим до суми опадів доцільно додавати певні поправки в залежності від умов випаровування, які характеризуються дефіцитом вологи повітря. Ефективне значення місячних опадів доцільно враховувати при побудові кліматограм і аналізі умов зволоження вегетаційного періоду і його окремих частин (підперіодів). В агрометеорології та лісометеорології для оцінки умов зволоження використовують відношення кількості опадів до випаровуваності або основних факторів випаровування (температури і дефіциту вологості повітря, сонячної радіації та ін.). Широко застосовується запропонований Г. Т. Селяніновим гідротермічний коефіцієнт (ГТК), що визначається за формулою:

$$\text{ГТК} = \Sigma P \times 10 / \Sigma T > 10, \text{ або } \text{ГТК} = \Sigma P / 0,1 \times \Sigma T_{>10}$$

де:

ΣP - сума опадів за певний період (не менше трьох декад);

ΣT > 10 - сума температур повітря вище 10° С за той же період.

Випаровування в цій формулі (в мм) чисельно прирівнює до суми середніх добових температур за період з температурою вище 10°С,

зменшеною в 10 разів. Чисельні значення гідротермічного коефіцієнта, по Г. Т. Селянінову, означають: 2,0 - надмірне зволоження, 1,5 - достатнє, 1,0 - на межі посухи, 0,5 - сильна посуха, 0 – абсолютна посуха.

З використанням гідротермічного коефіцієнта можна розрахувати календарні терміни початку і кінця посушливих і сухих періодів, а також їх тривалість. Для розрахунку календарних дат початку і кінця цих періодів застосовують формулу:

$$Д = (К - b/a - b) \times d + 15$$

де:

Д - дата початку або кінця зазначених періодів;

К - порогове значення ГТК (1,0 або 0,5);

b - середнє місячне значення ГТК нижче порогового;

a - відповіднє значення ГТК вище порогового;

d - число днів у місяці з ГТК = b.

Аналогічним чином можна розраховувати дати початку і кінця посушливого і сухого періодів з використанням порогових значень і інших коефіцієнтів зволоження. Істотним недоліком показника зволоження Г. Т. Селянінова є те, що його значення при нестійкій погоді (навесні і восени) збільшують, а при високих літніх температурах – зменшують оцінку зволоження і, тим самим неточно визначається сезонна динаміка зволоження. Тому гідротермічний коефіцієнт можна застосовувати для оцінки по придатних умов весни і осені, коли температура повітря нижче 10° С. Умови зволоження в окремі роки можуть значно відрізнятися від середніх багаторічних, тому практичного значення набувають розрахунки ймовірності і повторюваності в роки з різним зволоженням.

Крім гідротермічного коефіцієнта Г. Т. Селянінова, застосовують і інші показники зволоження, запропоновані Д. І. Шашко, М. І. Будико, В. С. Мезенцевим і ін. Показник зволоження Д. І. Шашко (Md) характеризує відношення річної або місячної суми опадів до суми середньодобових дефіцитів вологи повітря і визначається за формулою:

$$Md = \Sigma P / \Sigma d$$

де:

Md - показник зволоження;

ΣP - сума опадів, мм;

Σd - сума середньодобових значень дефіциту вологості повітря, мб (або гПа),

Радіаційний індекс сухості розраховується за формулою:

$$IR = R/LP$$

де:

IR - радіаційний індекс сухості;

R - радіаційний баланс;

L - прихована теплота випаровування;

Р - річна кількість опадів.

Застосування цього індексу ускладнено обмеженням даних по радіаційному балансу. Однак автор формули показав можливість визначення радіаційного балансу за сумами температур вище 10°C. В цьому випадку радіаційний індекс сухості виражається формулою:

$$IR = P / 0,18 \times \Sigma T > 10$$

Де: Р - опади за рік, мм.

Коефіцієнт зволоження по В. С. Мезенцеву (Кзв розраховується за формулою:

$$Кзв = P / 0,22 \times T > 10 + 306$$

де:

Р - опади за рік, мм;

T > 10 - сума температур повітря вище 10°C.

11.6. Приклади прогнозування розвитку комах на основі метеорологічної інформації.

Температура, нижче якої життєдіяльність комах припиняється, визначає нижній поріг розвитку; температура, вище якої життєдіяльність так само стає неможливою, – верхній поріг розвитку. В межах цих порогів вплив температури на життєдіяльність комах різноманітний на всіх стадіях сезонного розвитку. З температурним режимом безпосередньо пов'язана і вологість. Затяжна дощова погода, як правило супроводжується зниженням температури повітря, що знижує стійкість організму комах по відношенню до хвороб і посилюється непрямим фактором – змінами біохімічного складу корму, особливо для відкрито живучих видів, що, в свою чергу, призводить до порушень функції травної системи. Температура визначає швидкість онтогенезу лісових комах, тривалість життя і плодючість імаго, рухливість комах, їх харчову активність і т. д. При збільшенні температури середовища зростає швидкість розвитку і проходження фаз онтогенезу комах.

Тривалість розвитку може обчислюватися за формулою:

$$Tr = C / T - To$$

де:

Tr - тривалість розвитку, діб ;

С - сума середньодобових температур, потрібна для розвитку (термальна константа);

T - середньодобова температура періоду розвитку;

To - температура порогу розвитку.

На підставі численних дослідів з різними шкідливими комахами Сандерсон і Пірс виявили, що залежність швидкості розвитку комах від температури може бути виражена формулою гіперболи. В Україні

Укрлісозахистом спільно з УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького в лабораторних умовах були проведені дослідження залежності швидкості окремих фаз онтогенезу соснового п'ядуна, соснового пильщика, сибірського шовкопряда, шовкопряда-монашки і чорного ялицевого вусача. У всіх випадках спостерігалася гіперболічна залежність швидкості онтогенезу від температури, при якій відбувався розвиток особин. Однак час розвитку не визначається однозначно показником суми ефективних температур або середньою температурою середовища. На швидкість розвитку комах впливає розмах температурних коливань. Розвиток комах зазвичай сповільнюється при коливаннях температури вище оптимальних. Якщо ж коливання температури досягають нижнього порогу оптимуму, то розвиток особин прискорюється. За даними В. І. Кожанчікова, у непарного шовкопряда зміни температурного режиму сповільнюють швидкість розвитку особин тільки в разі, коли ці зміни ведуть до скорочення споживання їжі. Поряд зі зміною термінів розвитку окремих фаз комах, температура навколишнього середовища впливає на морфофізіологічні параметри особин. Так, для соснового п'ядуна і шовкопряда-монашки виявлений зв'язок між зміною температури в період розвитку личинки і масою лялечки. Маса лялечки, в свою чергу, визначає масу імаго і плодючість метеликів. Таким чином, збільшення температури в період розвитку личинок соснового п'ядуна позначається на популяційних характеристиках шкідника в наступному році. Якщо в період харчування гусениць соснового п'ядуна спостерігаються низькі температури і велика кількість опадів, то при заляльковуванні в популяції різко зростає частка самців. Збільшення частки самок в популяції соснового п'ядуна пов'язано з теплою і сухою погодою. О. О. Орлов на прикладі соснового п'ядуна показав, що температура відіграє специфічний вплив на комах на певних стадіях розвитку. Так, низькі температури вересня призводять до затримки заляльковування і загибелі гусениць шкідника. Самці заляльковуються раніше самок, здорові – раніше заражених, тому при затримці заляльковування співвідношення статей в популяції порушувався в сторону самців, а ступінь зараженості популяції паразитами знижувалася. З одного боку, зрушення статевого індексу зменшує загальне число яєць, відкладених в наступному році, а отже, призводить до зменшення чисельності популяції соснового п'ядуна. З іншого боку, зменшення рівня зараження паразитами призводить до збільшення виживання особин і далі, – до збільшення числа самок, числа відкладених яєць і числа гусениць наступного покоління. Таким чином, в цьому випадку вплив температури індукує складність і неоднозначний за спрямованістю свого впливу ланцюг причинно-наслідкових зв'язків. При лісопатологічному моніторингу доводиться мати справу не з окремо взятими кліматичними факторами, а з їх поєднаннями, причому які безперервно змінюються в часі і просторі, найчастіше – з температурою і опадами вегетаційного періоду. При обстеженні необхідно організувати отримання не рідше ніж один раз на декаду або півмісяць відомостей з найближчої метеорологічної станції про середньодобові температури повітря і сум опадів. Одночасно потрібно мати

у своєму розпорядженні дані по тій же станції про багаторічні середні, по декадах або за півмісяця вегетаційного періоду, для середньодобових температур повітря і сумарних опадів. Після отримання даних обчислюються абсолютні та відсоткові відхилення за минулу декаду або півмісяць від багаторічних середніх як по температурі, так і по опадах. Отримані дані і результати обчислень дають можливість зробити висновок про те, наскільки минула декада або півмісяць сприяли або не сприяли розвитку і життєдіяльності моніторингових шкідників. О. О. Орлов, використовуючи імітаційні моделі динаміки чисельності популяцій, зокрема вибравши в якості модельного виду соснового пильщика, а в якості модельних територій – Державне підприємство 'Малинське лісове господарство', Іршанське лісництво, довів, що для моделі соснової пильщика ключовими кліматичними факторами є ГТК травня і опади червня та серпня. Тепла і суха погода в травні, а також суха погода в червні-серпні будуть сприяти зростанню чисельності популяції. При кліматичній зміні, які будуть виражатися в підвищенні температури травня на 2 - 3°C і зменшенні рівня травневих опадів на 20 - 30% в центральних районах Житомирської області, може виникнути кліматична обстановка, сприятлива для розвитку спалахів масового розмноження соснового пильщика. Зв'язок спалахів масового розмноження соснового верхівкового короїда з посухами підтверджується усіма авторами, що вивчали їх. Чим довший і інтенсивніший посушливий період, тим інтенсивніший викликаний ним спалах. Таким періодом, наприклад для Центральної частини Полісся, була сильна посуха в 1949-1955 рр., яка викликала спалах масового розмноження соснового пильщика, небувалому по територіальному охопленні, інтенсивності протікання і усихання пошкоджених дерев. Сосновий пильщик і верхівковий короїд настільки добре реагують на потепління і інсоляцію, які супроводжують посушливу погоду, що навіть вже затухлі спалахи знову інтенсифікуються і набувають тривалий характер. Тому при настанні першої ж посухи в місцевостях з річним або змінним циклом розвитку шкідника, слід посилити нагляд і розширити його на інші облікові резервації. При повторній посусі слід провести детальне обстеження тих резервацій, а також схожих з ними насаджень. В місцевостях, розташованих на північ від липневої ізотерми +18°C, сосновий пильщик розвивається по 2-річному циклу, в місцевостях на південь від липневої ізотерми + 20°C розвиток протікає за річним циклом, в місцевостях, розташованих в межах міжназваними ізотермами, розвиток протікає по змінному циклу. Як приклад використання метеорологічної інформації можна навести прогноз розвитку соснового пильщика в умовах центрального лісгосподарського району Рівненщини. Прогноз був представлений фахівцями УкрНДІЛГА в 2008 році. Для прогнозу розвитку спалахів масового розмноження соснового пильщика були проаналізовані дані чотирьох метеостанцій в районі обстеження і побудовані графіки зміни дефіциту вологості повітря за вегетаційний період. Дефіцит вологості повітря за 2008-2017 рр. по всіх метеостанціях постійно тримались або в межах норми, а в окремі роки

перевищував багаторічну норму на 15 - 25%. Високий дефіцит вологості відповідав спекотній і сухій погоді, сприятливій для реалізації спалахів масового розмноження соснового пильщика. В доповнення до графіка зміни дефіциту вологості була побудована термічна діаграма погодних умов літа 2008 року. Погодні умови літа 2010 року були сприятливі для розвитку соснового пильщика, так як травень і липень виявилися посушливими. Заляльковування гусениць, літ метеликів і розвиток яєць проходило в оптимальних для шкідника умовах. Серпень і вересень характеризувались підвищеною кількістю опадів, але розподіл їх був нерівномірним і велика частка їх припадала на перші декади липня. Гусениці соснового пильщика пішли на зимівлю в суху підстилку, в зв'язку з чим розвитку грибних захворювань типу коренева губка не очікувалось. На підставі цих даних і даних по динаміці чисельності шкідника був складений прогноз про очікуване сильне пошкодження хвої сосновим пильщиком, який надалі повністю підтвердився.

11.7. Вплив стихійних явищ погоди на стан насаджень.

Негативний вплив на стан лісових насаджень створюють аномальні відхилення основних метеорологічних показників від норми.

Гідрометеорологічною службою України розроблені і використовуються критерії гідрометеорологічних, геліофізичних явищ і екстремально високого забруднення природного середовища, які за своєю інтенсивністю або районі поширення можуть завдати шкоди господарству і населенню, а також викликати стихійні лиха. Критерії метеорологічних, агрометеорологічних явищ і екстремально високого зараження середовища можуть успішно використовуватися при оцінці можливості пошкодження і ослаблення лісових насаджень (бурелом, вітровал, градобій, пошкодження заморозками в вегетаційний період, морозобій, пошкодження промисловими викидами і т. д.). Аналіз стихійних явищ природи в масштабах країни дозволить оперативно координувати роботи по лісопатологічному обстеженні пошкоджених лісових масивів, своєчасно ліквідувати наслідки. Стихійні (особливо небезпечні) явища погоди реєструють всі метеостанції і пости країни. Щорічно по регіонах, відповідними територіальними управліннями по гідрометеорології та контролю природного середовища, виконується фіксація і опис цих явищ. Нижче коротко наведено перелік критеріїв, можливих для використання в оперативному прогнозі стану лісових насаджень у відповідності з "Положенням про порядок складання та передачі попереджень про виникнення стихійних (особливо небезпечних) гідрометеорологічних, геліофізичних явищ і екстремально високе забруднення природного середовища".

Метеорологічні і агрометеорологічні явища:

вітер, в тому числі шквали та смерчі – максимальна швидкість 25 м / с і більше;

злива – кількість опадів 50 мм і більше протягом 12 годин і менше, а в гірських, селевих і зливонебезпечних районах – 30 мм і більше за 12 год. і менше;

крупний град – діаметр градин 20 мм і більше;

сильні снігопади – кількість опадів 20 мм і більше за 12 год і менше;

сильні хуртовини – протягом дня або ночі переважна швидкість вітру 15 м / с і більше;

сильна ожеледь – діаметр відкладень на дротах стандартного ожеледного верстата 20 мм і більше; складні відкладення – діаметр 35 мм і більше;

заморозки в вегетаційний період – зниження температури повітря (на поверхні ґрунту) нижче 0°C;

сильний мороз (критерії встановлюються Укргідрометом);

сильна спека (критерії встановлюються Укргідрометом);

надзвичайна пожежна небезпека – показник пожежної небезпеки більше 10000°C (за формулою В. Г. Нестерова).

Критеріями екстремально високого забруднення природного середовища для атмосферного повітря є вміст одного або декількох речовин, що перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК):

в 50 разів і більше;

в 30 - 49 разів при збереженні цього рівня концентрації 8 годин і більше;

в 20 - 29 разів при збереженні цього рівня концентрації більше 2 діб.

В якості основних джерел інформації слід використовувати дані річних технічних оглядів стихійних явищ. Однак для цілого ряду випадків необхідно передбачити отримання відомостей по півріччях або кварталах. Наприклад, сильні морози в початку року, весняні заморозки і урагани в цей період часу. Найбільша оперативність можлива при організації централізованого отримання матеріалів через Гідроцентр у вигляді зведених даних і картограм. Для зберігання і обробки матеріалу передбачається створення баз метеоданих і координат стихійних лих.

Вітровал, бурелом. Пошкодження лісових насаджень вітром часто набуває стихійний характер, завдаючи істотної шкоди лісовому господарству. Слідом за поваленням лісу часто поширюються пожежі. Відзначено, що вітровали протягом багатьох років приурочені до одних і тих же районів, що пов'язано з особливостями рельєфу. Зі збільшенням віку збільшується і частка буреломних дерев. Більшість вітровальних дерев спостерігається в місцях, де рівень ґрунтових вод влітку вище 1 м. Це оптимально для високобонітетних насаджень І та Іа класу бонітету. Ступінь пошкодження листяних порід пов'язана з сезоном року: в безлистому стані значно підвищується стійкість до вітру.

Вітровал і вітролом окремих дерев або груп їх в лісі – явище, що відбувається вже при швидкостях вітру до 8 - 10 м / с, тобто при звичайних середніх, а за певних умов і слабких швидкостях. Особливу небезпеку для лісу представляють шторм і ураган, при яких сила вітру досягає 9 - 12 балів за шкалою Бофорта, що перевищує 18,3 м/с. Суцільні площі вітровалу

утворюються при швидкості вітру 35 - 40 м/с. При швидкості 20 - 24 м/с відбувається більш-менш масовий вивал перестійних або уражених кореневими гнилями дерев; при швидкості 20 м/с – одиничний або груповий вивал біологічно приречених дерев. Вітровалам сприяють гнилі коренів, а бурелому – гнилі стовбурів.

Особливо небезпечні при сильних вітрах грибні хвороби заболонної деревини. За даними С. І. Ваніна, 85% обстежених дерев після урагану 2004 року в ДП 'Радомишльське ЛМГ' Житомирської області виявилися ураженими різними грибними захворюваннями. Основними причинами вітровала є наступні групи факторів: орографічні (вітронебезпечні форми рельєфу, розташування гірських систем вздовж напрямку переважаючих вітрів, підвищення крутизни схилів, приуроченість до понижених елементів рельєфу); кліматичні (вітер, сильні посухи і морози, велика кількість опадів у вигляді дощу і мокрого снігу; ґрунтово-гідрологічні (надлишково зволожені і поганодреновані ґрунти, поверхнева коренева система); біологічні (вік, схильність до вивалювання різних порід дерев, структурна організація надземних і підземних частин дерев, зараженість хворобами, клас бонітету, повнота, породний склад, характер змішування порід); господарські (відсутність рубок догляду, безсистемні рубки і інтенсивна експлуатація лісів, вік рубки, неправильне розміщення лісів по околицях галявин суцільних лісосічних рубок і на ділянках, відкритих панівним вітрам, створення монокультур сосни, ялини на великих площах, використання насіння сосни, ялини невідповідних посівних якостей). В даний час визнано неможливість розрахунку стійкості дерев проти вивалювання. Міцність на злам залежить, наприклад, від характеру гнілі і її поширення, взаємодії корневих систем, нерівномірності річних кілець та інших факторів. Вплив вітру на ліс пов'язаний з комплексом факторів і умов, відобразити які тільки у вигляді механічних розрахунків поки не можливо. Тому в прогнозі можливих пошкоджень лісових насаджень вітром можна рекомендувати дані аналізу вітрової обстановки при масових вітровалах. За даними О. О. Орлова, критичною для лісу є швидкість вітру 25 ± 5 м/с. Це значення має експериментальне підтвердження. Пошкодження лісових масивів вітром на значних площах завдає шкоди найбільш цінним для лісового господарства насадженням. Для оперативного прогнозу можливості пошкодження вітром лісових насаджень необхідно здійснювати контроль вітрової обстановки. Обліку підлягають всі випадки, коли швидкість вітру, в тому числі і його поривів, сягає 25 м/с. У агрометеорології вітер такої швидкості відноситься до стихійних (особливо небезпечним) явищ погоди і фіксується метеостанціями і метеопостами.

Сніголам, ожеледь, град. До твердих опадів, що пошкоджують дерева відносяться сніг, ожеледь, град. Від навалу снігу на крони дерев хвойних порід вони можуть бути зламані, зігнуті або вивернуті з корінням. Відомо, що ступінь пошкодження дерев залежить від кількості снігу, стану його на момент випадання (сухий, вологий), а також від температури і вологості повітря. У разі, якщо температура дерев залишається деякий час нижче

0°C, а падаючі снігові опади вологіші, вони швидко примерзають до холодних гілок і утворюють важкі, міцні нашарування. Цей процес активізовується, коли температура повітря поблизу земної поверхні низька, а в атмосфері відбувається переміщення шарів повітря. Якщо в таких випадках снігопад є досить тривалий, то накопичення снігу на кронах досягає таких розмірів, що ламаються стовбури і гілки навіть дерев старшого віку. Пошкодження від сніголаму проявляється у вигляді початкового нахилу стовбурів або флагоподібної крони. При цьому є велика ймовірність вивалювання дерев або поперечного їх переламування. Найбільша ймовірність пошкоджень від навали снігу створюється в молодих насадженнях при тривалій безвітряній погоді і рясних снігопадах, при відлизі, коли сніг вологий і важкий. Такі пошкодження найчастіше відбуваються в надмірно густих древостанах сосни і ялини з тонкими і слабкими стовбурами, а також в древостанах, де нещодавно пройшли рубки догляду, коли дерева ще не встигли зміцнити свої стовбури після розрідження. Таким чином, вихідними параметрами для визначення загрози сніголаму в першу чергу є інтенсивність снігопаду і температурні показники стану повітря. Додаткова умова – наявність безвітряної погоди, що не дає змоги струшування снігу з крон дерев. У літературі немає відомостей про порогову інтенсивності снігопаду, що викликає сніголам. Це пов'язано з тим, що пошкодження викликається сукупним впливом ряду приведених факторів і умов. Снігопади в будь-якому випадку повинні бути рясними, але при різних інших умовах кількість снігу, що викликала сніголам, може істотно відрізнятись. Так, для поліських лісів несприятливим періодом був листопад-грудень 2003 року, коли випало 40 - 50 см снігу на галявинах при безвітряній погоді, а рівненські ліси постраждали в другій половині травня 2005 року від несподіваного і рясного снігопаду: шар снігу досяг 15 см за 2 доби. Сніголам може виникати в різних районах України. Вивчення відомих випадків вмасового сніголаму дозволяє зробити висновок, що найбільша ймовірність господарського збитку приходить на зимові снігопади, що супроводжуються відлигами. Це найбільш характерно для Північно-Західної частини зони Полісся України. Сильні снігопади з кількістю опадів 20 мм і більше (в перерахунку на рідкі опади) відносяться в агрометеорології до стихійних (особливо небезпечних) явищ погоди. Даний критерій інтенсивності снігопаду може бути запропонований для використання в прогнозуванні сніголамів. Додатково слід аналізувати випадки значного перевищення норми опадів в зимові місяці. Відсоток перевищення норми вимагає уточнення для конкретних регіонів. Інтенсивність снігопадів повинна розглядатися на тлі температурного режиму і аналізу вітрової обстановки.

Ожеледь – намерзання прозорого льоду на гілках дерев. Збільшення ваги гілок, або в цілому крон дерев призводить до їх згинання, часто вони не витримують і ламаються. Лісу ожеледь заподіює пошкодження набагато рідше, ніж сніг, і частіше відзначається в лісостеповій зоні країни. Однак пошкоджуються не тільки хвойні породи, а й листяні, в разі, якщо явище

має місце до листопада. У листяних порід в безлистому стані значно підвищується стійкість до ожеледі. Ожеледь – типовий прояв ожеледних явищ; виникає у випадку випадіння рідких опадів при негативних температурах повітря в нижньому шарі атмосфери. В агрометеорології інтенсивність ожеледиці реєструється за допомогою стандартного ожеледного верстата. Діаметр відкладень його на електродротах в 20 мм і більше оцінюється як стихійне (особливо небезпечне) погодні явище. Аналіз ожеледних явищ такої інтенсивності может стати основою оперативного прогнозу та ймовірних пошкоджень насаджень. Випадання опадів у вигляді граду досить поширене метеорологічне явище, зазвичай відзначається в травні-серпні. Однак істотні пошкодження градом лісових насаджень відмічається рідко. Це відбувається при дуже великому розмірі градин. У агрометеорології випадання граду з розмірами 2 см і більше відноситься до стихійних (особливо небезпечним) явищ погоди. Такі опади викликають масову загибель посівів, на плодових і інших деревах виникають градобійних рани, пошкоджуються листя і генеративні органи. Цей критерій з успіхом може бути використаний і при оцінці можливих пошкоджень лісових насаджень.

Вплив крайніх температур. Вплив вкрай високих і низьких температур на стан лісових насаджень викликано тим, що у всіх випадках найбільш часто і інтенсивно пошкоджується дві породи – дуб і ялина. В центральних районах зони Полісся України згубними частіше бувають не зимові 20-ти градусні морози, а весняні заморозки, особливо при зниженні температур до -1, - 5°C. Особливо небезпечний швидкий перехід від холоду до тепла і навпаки. Облік весняних і осінніх заморозків найбільш простий, оскільки ми маємо справу зі звичайним фіксуванням певного рівня температур, які останнім часом можуть бути надійно передбачуваним. В багатьох випадках виникає необхідність враховувати фактори, які посилюють прояв несприятливого впливу заморозків (ландшафтна структура місцевості і приуроченість лісових масивів). Деревні рослини найбільш чутливі до низьких температур в молодому віці. У зв'язку з цим найбільшої шкоди заморозки спричиняють навесні, де завдають природному поновленню на свіжих зрубках, лісових культурах і розсадниках особливої шкоди. В таких умовах найбільш ймовірно пошкодження вкрай високими температурами. Особливо характерні опіки травневих пагонів сосни і ялин, загибель їх сходів від опала кореневої шийки. У зв'язку з цим, до зони з ймовірною господарською шкодою слід віднести райони інтенсивного ведення лісового господарства, інтенсивних лісозаготівельних робіт з урахуванням ареалів зростання ялини, сосни дуба. Реакція деревних порід на зимові морози залежить від попереднього вегетаційного періоду. Посушливий період, особливо на півдні, може так послабити деревні рослини, що понижені температури зими виявляються для них згубними. Зазвичай пошкодження рослин викликається температурами, значно нижче середнього багаторічного рівня. Вплив екстримально низьких температур посилюється в тому випадку, якщо вони діють тривалий час. Складність оцінки порогової температури, яка може завдати шкоди рослинам,

пов'язана, з одного боку – з сильною географічною мінливістю цього показника, з іншого – різноманіттям погодних обставин. Так, наприклад, рослини північних районів України витримують низькі температури в безсніжний період. Пошкодження зимовими низькими температурами посилюється попереднім об'їданням листогризучими шкідниками. Сувора зима 2002-2003 рр. завдала шкоди дібровам Бердичівського і Коростенського районів Житомирської області, проте так як цьому передували об'їдання листогризучими шкідниками і ураження посухою, то наслідки були катастрофічні. В результаті дії низьких температур при сильних зимових морозах виникає ще одне ураження, властиве головним чином дубу та ясену – морозобойні тріщини. Морозобійні тріщини служать своєрідним сенергітом грибної інфекції, яка проникає в середину дерев. Для різних регіонів країни в залежності від середніх багаторічних і екстремальних значень від'ємних зимових температур в агрометеорології розроблені критерії, що дозволяють виділяти особливо небезпечні понижені температури. Такі критерії встановлюються територіальними управліннями по гідрометеорології та контролю природного середовища для кожної метеостанції або близько розташованих метеостанцій. Критерії враховують можливості успішної перезимівлі сільськогосподарських культур, в тому числі і деревинно-чагарникових плодових порід. У зв'язку з цим дані критерії можуть бути основою для прогнозування стану лісових насаджень. Згодом, накопичена в базах метеоданих інформація і аналіз на цій основі конкретних випадків пошкодження насаджень дозволяє внести необхідні поправки. В літературі на сьогоднішній день немає чітких відомостей про пошкодження хвойних порід зимовими заморозками навіть в умовах Північних районів України. Аборигенні види рослин в природних умовах зазвичай проявляють достаточною зимостійкість. У деяких випадках відзначається лише загибель генеративних органів (чоловічі сережки ліщини, вільхи). Однією з найбільш уражаємих зимовими заморозками порід є дуб, особливо в північно-східній частині Житомирської і Рівненської областей.

РОЗДІЛ 12. ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОСНОВНИХ ВИДІВ ФІТОФАГІВ

Прогноз в захисті лісу – це ймовірна науково-обґрунтована оцінка майбутньої зміни чисельності шкідливих комах, поширення їх осередків, ступеня пошкодження насаджень і очікуваного збитку. Основна мета прогнозів – ефективне планування і своєчасне проведення захисних заходів, їх оптимізація та запобігання пошкодженню лісів. Для розробки систем прогнозування осередків головних шкідників лісу і їх практичного застосування необхідні багаторічні дослідження динаміки чисельності конкретних видів комах і ведення лісопатологічного моніторингу. Отримання інформації вимагає великих витрат. Тому накопичення вже наявних матеріалів щодо захисту лісу в базах даних і повноцінний їх аналіз – необхідна умова підвищення ефективності прогнозування. Основними джерелами ретроспективної лісопатологічної інформації є статистична звітність щодо захисту лісу та матеріали стаціонарних наукових досліджень. Створена за часів Радянського Союзу 50 років тому система нагляду за господарсько-небезпечними комахами і лісозахисного прогнозування була однією з найбільш досконалих. Осередки шкідників лісу враховувалися по багатьом регіонах країни з 1955 року минулого століття. Використання цих матеріалів для вивчення взаємозв'язків геліофізичних і біологічних явищ, а також прогнозу поширення вогнищ показало, що вони мають велику цінність. Широкі можливості для підвищення ефективності системи прогнозування відкривають комп'ютерні технології.

12.1. Завдання і методи прогнозування.

У практиці лісозахисту розрізняють багаторічні, довгострокові, короткострокові і поточні прогнози. Основним завданням прогнозування є створення системи алгоритмів, моделей і методів для автоматизованого аналізу лісопатологічної інформації, розробки прогнозів і рішення великого спектру управлінських рішень і завдань. Прогнозні моделі в формалізованому вигляді описують зміну чисельності шкідників, поширення їх осередків та вплив на насадження в залежності від комплексу найбільш важливих екологічних факторів. Склад необхідних параметрів для прогнозу визначається загальними закономірностями динаміки чисельності комах, екологічними особливостями різних груп і окремих видів, а також цільовим призначенням, тимчасовим і просторовим масштабом прогнозу. Для раціонального використання інформації при складанні прогнозів слід йти по шляху їх уточнення і зниження тимчасового інтервалу – від довгострокових до короткострокових і поточним прогнозам. При цьому необхідно розглядати зміну ситуації не тільки в часі, але і просторі.

Багаторічний (наддовгостроковий) прогноз. Мінімальним часовим інтервалом є або повний поступовий цикл, або тривалість масового розмноження шкідника. Для складання багаторічних прогнозів необхідні відомості про якісну розноманітність динаміки популяцій, а також вплив на

розмноження і поширення шкідників змін погодних умов (клімату), структури лісового фонду, господарської діяльності. Багаторічні прогнози дозволяють передбачити можливу зміну складу домінуючих видів шкідників, зміна їх шкодочинності, частоту і інтенсивність спалахів. У систему наддовгострокового прогнозування входить група методів оцінки загрози масових розмножень. Загроза – це ймовірність спалаху розмноження комах в конкретному насадженні або ландшафтній зоні, а також ймовірність пошкодження насаджень при даній сукупності умов. В екологічній обстановці, сприятливій для шкідників і несприятливій для їх природних ворогів і рослин-господарів, зазвичайні спостерігаються численні популяції шкідників або різко виражені цикли зміни чисельності. У зв'язку з цим виділення зон з різним рівнем чисельності або шкодочинності в межах ареалів комах, класифікація типів спалахів масового розмноження (локальні, зональні, пандемічні) або типів динаміки чисельності їх популяцій (вулканічний, відносно-стабільний, стабільний), а також класифікація вогнищ (первинні, вторинні, третинні, міграційні) мають велике значення для довгострокового прогнозування. Оцінка загрози зазвичай заснована на вивченні стану компонентів екосистеми і створенні прогностичної моделі. Існують різні види таких моделей: класифікаційні, графічні, математичні (дискримінантний аналіз, лінійна регресія і ін.).

Довгостроковий прогноз. Мінімальним часовим інтервалом є фаза градації. Довгостроковий прогноз враховує специфіку зміни чисельності хвоє- і листогризух комах (градаційний циклів) і заснований на припущенні про стаціонарність цього процесу. Це дає можливість розробляти довгострокові прогнози по одній реалізації процесу, наприклад по одному спалаху масового розмноження. Для прогнозування руху чисельності комах необхідні дані про стан популяцій (їх щільності і розподілі особин в просторі, плодючості, морфофізіологічних показниках, міграційної активності) і характеристиках зовнішнього середовища (метеорологічних, трофічних; структурі насадження, стан та умови зростання насаджень; вплив регулюючих факторів).

Короткостроковий прогноз. Мінімальним часовим інтервалом є одна генерація шкідника. Короткостроковий прогноз здійснюється в двох напрямках – для прийняття рішень про необхідність проведення лісозахисних заходів і для прогнозування руху чисельності на найближчий період. У першому випадку необхідні параметри, що зв'язують щільність популяції комах зі ступенем пошкодження насаджень і заподіяної їм збиткам. Прогноз чисельності шкідників в майбутньому році (генерації) заснований на аналізі тенденції зміни щільності популяції, показників її стану, структури і стану насаджень, гідротермічних умов.

Поточний прогноз. Мінімальним часовим інтервалом є стадія розвитку комах. Для поточних прогнозів термінів розвитку шкідників необхідні різні фенологічні показники і дані про накопичення сум ефективних температур. Прогнозування таких складних динамічних процесів, як масові розмноження лісових комах, з метою оптимального вирішення прикладних завдань, засноване на використанні методів

системного аналізу. Побудова простої моделі складного об'єкта можливо лише при правильному визначенні найбільш важливих екологічних процесів. Перевірка і удосконалення моделі неможливі без збору нових даних. Побудова моделі має мати інтерактивний характер, коли кожен варіант моделі перевіряється за допомогою додаткових спостережень. У разі низької точності моделі складається її новий варіант. Для опису системи популяцій використовують емпірико-статистичні та імітаційні моделі. Емпірико-статистичні моделі дозволяють характеризувати зміни параметрів популяції по співвідношенню між їх вихідним і кінцевим станом в конкретних умовах без детального вивчення. За допомогою добре розроблених алгоритмів будується рівняння, що дозволяє прогнозувати чисельність комах по набору факторів, вимірюваних в попередні моменти часу. Для аналізу великого числа факторів і відбору найбільш інформативних показників використовують метод покрокової регресії. Імітаційні моделі відображають структуру екосистеми, враховують взаємодію факторів, що чинять прямий і непрямий вплив на популяцію. Це дозволяє імітувати динаміку популяцій в різноманітних умовах і ситуаціях. Моделі середньої складності створюються з урахуванням найбільш істотних факторів, максимально ефективно використовують інформацію про лісові біоценози. Однак найчастіше більш досконалі імітаційні моделі не підвищують точність прогнозу, так як вони занадто складні і мають велику кількість параметрів, які неможливо оцінити з високою точністю.

12.2. Закономірності динаміки популяцій - як основа прогнозування чисельності комах.

Чисельність комах визначається співвідношенням процесів народжуваності, смертності та міграції особин в конкретних екологічних умовах. Ці процеси постійно змінюються внаслідок впливу безлічі факторів, які можна розділити на модифікаційні і регуляторні. Модифікація визначає підйоми і спади чисельності комах, обумовлені випадковими по відношенню до популяції змінами факторів. Регуляція полягає в згладжуванні виниклих коливань в результаті дії механізмів, що залежать від щільності популяції (внутріпопуляційні відносини, природні вороги і ін.) і що діють за принципом негативних зворотних зв'язків. Модифікуючу дію абіотичного середовища (особливо погодних умов) здійснюється як безпосередньо, так і опосередковано – через їжу і природних ворогів. Процеси регуляції щільності популяцій комах мають відносно стійкий характер і для багатьох видів господарсько-значущих шкідників вивчені досить добре. Це дозволяє з високою ймовірністю прогнозувати рівень і напрямок зміни чисельності на 1 - 3 генерації вперед. У той же час модифікуючий вплив складно прогнозувати внаслідок імовірнісного характеру і нестаціонарності чинників, переважно метеорологічних.

Типи динаміки популяцій комах. Для оцінки і прогнозу якісно різних етапів багаторічної динаміки популяцій лісових комах важливе значення має аналіз різноманіття логічно можливих фазових портретів динаміки популяцій і характеру дії механізмів регуляції на різних фазах

спалаху. Він став основою класифікації спалахів масового розмноження комах. Різні популяції можуть мати стабільний, природонормальний або вулканічний тип динаміки і формувати різні типи вогнищ. Найбільш руйнівні спалахи дають вулканічні типи динаміки розповсюдження видів комах. Стабільний тип динаміки характеризується невеликими флуктуаціями чисельності поблизу стійкого стану популяції в межах зони стабільності. Продромальний тип має більш значний діапазон коливань чисельності, мінімальне і максимальне значення якої може відрізнятись в 100 разів. Вулканічний тип властивий популяціям, що дають спалахи масового розмноження, з діапазоном гранично високого і мінімального рівня чисельності близько в 100 раз. Вулканічний і продромальний типи динаміки чисельності показані на прикладі конкретних популяцій непарного шовкопряда. Величина площі вогнищ в різних областях і характер її зміни в часі неоднакові. У Вінницькій області великі вогнища виникають рідше, а їх площа менше, ніж в Київській. Великі вогнища на півночі і північному заході зони спалахів масового розмноження непарного шовкопряда (Житомирська обл.) формувалися лише під час пандемічного спалаху (2003-2007 рр.). Після 2007 року масові розмноження в Рівненській області як і раніше охоплювали великі території з періодичністю один раз в 11 років і мають перманентний характер, в той час як в Волинській області вони були значно менш інтенсивними, а вогнища – локальними. Коливання площ осередків (їх виникнення і зростання) в Волинській області запізнювалися в порівнянні з коливаннями в Львівській області.

Закономірності спалахів масового розмноження. За класифікацією А. І. Іллінського (1965), спалахи масових розмножень хвое- і листогризухих комах при своєму розвитку у часі проходять чотири фази: першу, або початкову; другу, або фазу зростання чисельності шкідника (продромальна фаза); третю, або фазу власне спалаху (вулканічна фаза), і четверту, або фазу кризи. У першій фазі спалаху масового розмноження чисельність шкідника збільшується незначно, частіше в 2 - 3 рази, в порівнянні з чисельністю попереднього покоління. У другій фазі, що охоплює кілька (найчастіше два) поколінь, чисельність шкідника збільшується, проте пошкодження крон можна виявити лише при спеціальному огляді. Відбувається формування вогнищ розмноження шкідника, розширення їх території. При переході в третю фазу чисельність шкідника стрибкоподібно збільшується, крони пошкоджуються в сильному ступені або повністю. В кінці фази в результаті перенаселення і нестачі корму різко знижується плодючість особин, частка самок в популяції, збільшується зараженість паразитами і хворобами. Спостерігається інтенсивна міграція комах і утворення вторинних вогнищ. Третя фаза охоплює, найчастіше, 2 покоління і є кульмінацією спалаху і початком її переходу в фазу кризи. Однак у деяких видів комах (наприклад, зеленої дубової листовійки) фаза власне спалаху набагато триваліше. Вона становить 3 - 4 року. При цьому утворюються хронічні вогнища, що призводить до сильного пошкодження і усихання дерев дуба. У четвертій фазі чисельність шкідника починає різко йти на спад, спостерігається

мінімальна плодючість і частка самок, максимально заражена паразитами і хворобами. Закономірний характер зміни градаційних фаз дозволяє розробляти довгострокові прогнози. Вони дають вірогідну оцінку тривалості міжспалахового періоду, спалахи масового розмноження і окремих її фаз, а також межі зміни щільності популяції і тривалості пошкодження насаджень. Для прогнозу найбільш важливим є визначення початку масового розмноження і його кульмінацію (переходу в фазу кризи). Для цього необхідно використовувати логарифмічну шкалу, яка набагато наочніше відображає зміну щільності популяції при низькому рівні. Інформативність ще більш зростає, якщо тенденцію спалаху розглядати за класифікацією фаз масового розмноження А. С. Ісаєва (2001). Фазові портрети спалахів мають найважливіше значення для діагностики та прогнозу фаз масового розмноження.

Якісні та кількісні показники спалахів. Якісні показники характеризують стан популяції шкідника і фазу спалаху масового розмноження. До них відносяться: співвідношення статей (статевий індекс) і плодючість шкідників, мінливість їх забарвлення (співвідношення фенотипів), чисельність і ефективність паразитичних і хижих комах, поширення хвороб (ступінь зараженості), стан (життєздатність) комах.

Кількісні показники характеризують чисельність шкідника, її зміна в часі і просторі, інтенсивність розмноження і розвитку спалаху, рівень опору середовища, ступінь загрози насадженням. До кількісних показників відносяться: абсолютна і відносна заселеність насаджень, коефіцієнт розмноження, коефіцієнт розселення, коефіцієнт наростання спалаху, постійний і загальне опір середовища.

Прогноз виникнення спалахів масового розмноження. Початок нового підйому чисельності встановлюють, як правило, шляхом спостереження за метеорологічною ситуацією, станом популяції комах і насаджень. Вихід з депресії більшості фітофагів пов'язаний з посухою, яка призводить до зростання їх виживання і плодючості, зниження ефективності природних ворогів і біологічної стійкості насаджень. Крайні відхилення погоди вносять суттєві зміни і в подальший розвиток масового розмноження, впливаючи на його інтенсивність, тривалість в цілому і окремих фаз. Темпи реалізації масового розмноження залежать також від стану популяції в рік посухи, її готовності до виходу з депресії, ефективності ентомофагів. Якщо стан шкідника не задовільний (низька плодючість, статевий індекс, життєздатність), то чисельність росте повільно.

Критерієм, за яким судять про наближення спалаху масового розмноження сибірського шовкопряда, служить дефіцит вологості. Він протягом трьох вегетаційних періодів повинен перевищувати середній багаторічний рівень на 15 ... 20%. Для прогнозу масових розмножень соснового пильщика найбільш інформативний комплексний показник посушливості. Для динаміки чисельності соснового пильщика істотне значення має термічний режим в період розвитку гусениць молодших віків, а також лялечок і метеликів шкідника. У рік посухи істотно збільшуються

плодючість, частка самок і життєздатність особин, що призводить до зростання чисельності і початку спалаху масового розмноження. Вихід популяції златогузки з депресії відбувається зазвичай в роки з м'якою зимою і посушливої спекотною погодою в травні. При зниженні абсолютної мінімальної температури взимку до -25°C , збільшується смертність ембріонів. Помірно волога, тепла погода під час лета метеликів має велике значення для повної реалізації потенційної плодючості зеленої дубової листовійки і виникнення спалахів її масового розмноження. Для монашки тепла погода в липні і серпні, за умови теплої і вологої травня протягом 2 - 3-х років поспіль, є основним чинником, що викликає підйоми її чисельності. У роки з високими гідротермічними коефіцієнтами травня складається сприятливий харчовий режим для відродження гусениць монашки, так як вони протягом тривалого періоду можуть харчуватися квітковими нирками і молодий хвоєю, що значно збільшує їх виживання.

Сосновий п'ядун з'являється в масі синхронно з посушливими роками, які спостерігаються зазвичай в період спаду сонячної активності в 11-літніх циклах, коли показник дефіциту вологості повітря під час розвитку гусениць (липень-вересень) підвищується на 140 - 180 %. Критичним періодом у розвитку п'ядуна є ранні осінні заморозки, коли відбувається масова загибель личинок і пронімф. Спалаху масового розмноження соснової совки передують посушливий період тривалістю 3 роки, переважно з м'якими зимами. Дуже посушливий рік служить індикатором можливого спалаху через 1 - 2 роки. Зростання чисельності соснового шовкопряда починається зазвичай після посушливих років, коли гідротермічний коефіцієнт за травень-вересень становить 60 - 70% від норми. Критичним періодом розвитку гусениць соснового шовкопряда є їх вихід навесні з підстилки. Заморозки на ґрунті нижче -10°C викликають їх масову загибель. Висока смертність яєць шовкопряда відзначена при температурі повітря понад 40°C . Масовому розмноженню звичайного соснового пильщика зазвичай передують посушливі роки, що охоплюють 3 - 4 покоління. Критерієм для оцінки посушливості може служити гідротермічний коефіцієнт, який обчислюють за травень-вересень. Коефіцієнт від 1,0 і нижче свідчить про сприятливі умови для розвитку звичайного соснового пильщика. Тепла і суха погода в травні-липні протягом декількох років поспіль може призвести до спалаху масового розмноження рудого соснового пильщика. Це є досить актуальним для центральних і північно-західних регіонів нашої країни. У лісостеповій зоні збільшенню чисельності рудого соснового пильщика передують роки з вологою і прохолодною погодою під час харчування личинок, що веде до істотного зростання їх виживання.

12.3. Прогноз динаміки вогнищ фітофагів.

Інформаційною основою прогнозу просторово-часової динаміки вогнищ хвое- і листогризучих комах є база даних статистичної звітності щодо захисту лісу і матеріали лісопатологічного моніторингу. Для оперативного аналізу великих масивів інформації необхідно

використовувати комп'ютерні технології, які дозволяють автоматизувати процес прогнозування.

Багаторічний прогноз. Для попередньої оцінки лісопатологічної ситуації і її прогнозу на державному рівні важливе значення мають такі показники, як: середні багаторічні, мінімальні і максимальні щорічні площі вогнищ, кількість регіонів з вогнищами. На цій основі для господарсько-важливих видів комах визначається повторність вогнищ в просторі, тобто щорічна середня частка регіонів з вогнищами шкідника. Така інформація дозволяє в загальному вигляді робити висновки про значимість конкретних шкідників лісу і їх розповсюдженості по території країни (таблиця 21).

Таблиця 21

**Поширення і частота прояву вогнищ найважливіших видів
хвоє- і листогризух комах в умовах Житомирської області
(середнє за 2008 – 2018 роки)**

Види шкідників лісу	Площа вогнищ ураження, га			Кількість лісництв з вогнищами ураження, шт.		
	мінімальна	максимальна	середня багаторічна	мінімальна	максимальна	максимально можлива
Сибірський шовкопряд	4,24	6934,23	675,00	3	12	19
Сосновий шовкопряд	1,32	30,47	10,40	1	7	17
Шовкопряд- монашка	7,10	80,72	40,94	6	12	28
Сосновий п'ядун	1,47	149,89	28,40	3	14	30
Соснова совка	0,23	194,48	16,20	1	5	21
Рудий сосновий пильщик	1,43	137,88	50,10	4	24	40
Звичайний сосновий пильщик	0,04	42,28	24,40	1	12	30
Непарний шовкопряд	10,42	2063,72	662,60	11	34	52
Зелена дубова листокрутка	65,17	1103,28	374,25	9	31	44
Золотогузка	0,78	412,22	92,19	3	15	24

Показник "кількість лісництв з вогнищами ураження" характеризує зону спалахів масового розмноження, яка об'єднує території, де осередки спостерігалися хоча б один раз за весь період спостережень. Використовуючи дані таблиці, можна дати орієнтовну оцінку лісгосподарської значущості шкідників. В міру зниження площі осередків, господарсько-важливі види комах розташовуються в наступному порядку: сибірський шовкопряд, непарний шовкопряд, зелена дубова листокрутка, златогузка, рудий сосновий пильщик, шовкопряд-монашка, сосновий п'ядун, соснова совка, сосновий шовкопряд, звичайний сосновий пильщик. База даних дозволяє вести аналіз багаторічної динаміки вогнищ по кожному лісництву, починаючи з найбільш ентомогенних характеристик і закінчуючи дослідженням багаторічних рядів площ осередків. Це є основою довгострокового прогнозування виникнення вогнищ і їх просторового поширення. На підставі наявних даних розробляється багаторічний прогноз загрози виникнення, періодичності та інтенсивності спалахів масового розмноження стосовно конкретних видів і екологічних груп комах. Наприклад, за ймовірністю виникнення вогнищ (тривалість існування, % від років від всього періоду спостереження) можна дати наступний прогноз: протягом 2021-2030 рр. осередки зеленої дубової листокрутки в Житомирській області спостерігатимуться щорічно, їх площа становитиме від 30 до 117 тис. га. Вогнища соснової совки можливі тільки протягом 2 - 3 років на площі від 2 до 6 тис. га.

Іншим напрямом аналізу є узагальнення всієї інформації за видами шкідників. Розглянемо це на прикладі соснового пильщика. Для розробки прогнозів важливе значення має показник середнього багаторічного рівня і максимальної величини площі вогнищ, а також ймовірності їх виникнення в різних районах Львівської, Київської, Житомирської, Рівненської, Чернігівської областей. За останні 25 років осередки соснового пильщика функціонували в 8 регіонах України. Площа осередків і амплітуда її коливання залежали від географічного розташування, екологічних умов і величини регіону. Площа осередків змінювалася від 25 га до 180 га. Імовірність виникнення вогнищ коливалася від 2,8% до 86,1%. Періодичність коливання площ осередків оцінювали, аналізуючи кореляційні функції і періодограми рядів, які розраховували за допомогою стандартних комп'ютерних програм. Періодичність коливання площ осередків в різних регіонах варіювала від 6 до 22 років (вихідні дані трансформовані в логарифми і визначено їх кореляцію). Періодичність коливань, що дорівнює 22 рокам, характеризує великомасштабні спалахи масового розмноження, в проміжках між якими часто спостерігаються менш інтенсивні спалахи і локальні осередки. Тому середня періодичність виникнення вогнищ соснового пильщика становить в середньому 11 років. Вогнища соснового пильщика на території України спостерігаються щорічно, а їх площа в різні роки може відрізнятись більш ніж в 1500 разів. Мінімальна площа вогнищ була 4721 га (в 2001 р.), максимальна – 8 000 га (2011 р.) – під час останнього пандемічного спалаху масового розмноження. Кількість областей, де виникали спалахи варіювала від 3 до

12. Оцінка ступеня синхронності (запізнення) виникнення спалахів в різних зонах дає можливість прогнозувати розвиток вогнищ в просторі. Порівняльний аналіз асинхронності динаміки вогнищ в різних регіонах можна провести на основі оцінок кореляції рядів площ осередків і сонячної активності, а також зіставляючи їх графіки. Осередки виникають і розвиваються не синхронно. Ступінь синхронності зменшується зі збільшенням віддаленості місць розмноження один від одного. Найбільш сильно відрізняється динаміка вогнищ соснового пильщика, наприклад, в Рівненській і Чернігівській областях, проміжне положення займає Житомирська область. Зміна площ осередків достовірно корелює з динамікою сонячної активності (Числами Вольфа), що необхідно використовувати для довгострокового прогнозування масових розмножень. Отримані наступні коефіцієнти кореляції по розповсюдженні цього шкідника: $-0,44$ (в цілому по Україні); $-0,52$ (Закарпатська область); $-0,73$ (Львівська область); $-0,50$ (Рівненська область); $-0,62$ (Житомирська область); $0,41$ – (Київська область). Загалом зростання вогнищ соснового пильщика починається після піку сонячної активності (в середині періоду спаду сонячної активності в 11-літніх циклах) з мінімальним запізненням в областях з сприятливими для розвитку шкідника умовами. Прогноз динаміки площ осередків ураження проводили методами аналізу часових рядів. Багаторічну динаміку площ осередків багатьох комах при відсутності істотних змін в структурі лісових насаджень можна розглядати як випадковий стаціонарний процес, який використовували для моделювання і прогнозу методи аналізу часових рядів. Типовий часовий ряд зручно представляти у вигляді сучасних чотирьох складових: тренда або довгострокового руху, коливань щодо тренда, сезонної компоненти, несистематического випадкового ефекту. Коливальний рух і випадкова складова є основними компонентами часових рядів площ осередків. Вони не мають типової (в межах року) сезонної компоненти, але як сезонний ефект можна розглядати зміни площ протягом спалаху масового розмноження. Тренд для рядів площ осередків менш виражений, так як поширення вогнищ обмежено насадженнями, придатними для розвитку конкретних видів комах. Довготривале збільшення площ осередків може бути обумовлено незворотним погіршенням стану насаджень, зміною їх вікової структури або кліматичної ситуації. Оцінка і прогнозування тренда є найбільш складними питаннями внаслідок недостатньо довгого періоду спостережень.

Опис або моделювання структури часових рядів можна проводити за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми "Мезозавр" (версія 1,0, 1990, автори С. І. Кузнецов, А. М. Халілеєв і ін.), яка була розроблена Харківським національним авіаційним університетом (ХНАУ). Вона дозволяє розраховувати параметри моделей, проводити їх експертизу і вибирати найбільш адекватну. Програмне середовище дає можливість в режимі реального часу коригувати моделі при отриманні нових даних або розраховувати різні прогнозні сценарії, тобто здійснювати адаптацію моделей і коригування прогнозів в автоматичному режимі. Програма

забезпечує подання вихідних даних і результатів моделювання в графічній формі в різних шкалах (абсолютній, логарифмічній і інших). Це особливо зручно для попереднього аналізу специфіки структури рядів (наявності тренда, характеру і коливань), вибору відповідної моделі. Для прогнозування динаміки площ осередків оптимальним є наступний алгоритм аналізу ретроспективних біологічних даних:

1. Графічний аналіз структури часового ряду, візуальне визначення його специфіки: наявність коливань і ступінь їх регулярності, тренда.

2. Вибір методу трансформації даних і згладжування часового ряду. Зважування вихідних даних методом змінних середніх першого або другого порядку з 3 або 5-річним інтервалом підрахунку.

3. Визначення статистичних характеристик ряду: математичної кореляції, дисперсії і ін. Розрахунок періодограм для оцінки періодичності коливань і можливості застосування сезонної моделі.

4. Розрахунок автокореляційної функції для визначення стаціонарності процесу, наявності і суттєвості тренда, а також коливань щодо тренда, кореляції значень в ряду, можливості використання моделі авторегресії і визначення порядку авторегресії.

5. Кореляційний аналіз різних часових рядів для виявлення взаємозалежних змінних і оцінки істинності зв'язку з метою визначення показників, що мають найбільше прогностичне значення.

6. Вибір виду моделі і визначення її структури: вибір змінних, розрахунок коефіцієнтів, аналіз моделі.

7. Оцінка точності прогнозів, розрахунок прогнозних оцінок по декількох моделях або сценаріях і порівняння з результатами обліку (моніторингу) вогнищ.

Вибір найбільш точної моделі і її коригування з урахуванням даних моніторингу. Аналіз і визначення факторів найбільш сильно впливають на точність (реалістичність) моделі. Підбір типу моделі проводиться з урахуванням специфіки наявних рядів площ осередків. Найбільш ефективні такі моделі: авторегресії і динаміка середнього, сезонних ефектів, експоненціального рівняння. Метод усереджених середніх дозволяє апроксимувати вихідні дані полінома заданого порядку за допомогою критерію найменших квадратів. Це еквівалентно знаходженню середньозваженої оцінки за сумою значень ряду в певному інтервалі. Згладжування рядів площ осередків методом середніх і логарифмоване значення вихідних даних призводять до збільшення тісноти зв'язку між послідовними членами ряду (серіальних кореляцій) і зниження несистематичного випадкового ефекту. Метод експоненціального згладжування застосовується для короткострокового прогнозування нестаціонарних часових рядів, що мають випадкову зміну рівня і кута нахилу. Виділення тренда носить контрольний характер, так як найбільша точність приписуються останнім спостереженням, що не дозволяє підібрати підходящу параметричну криву для апроксимації ряду на всій його довжині. При вираженій періодичності в коливаннях площ осередків для

довгострокового їх прогнозування використовують модель сезонних ефектів. У адитивній формі цієї моделі ряд представляється у вигляді:

$$Y(t) = T(t) + S(t) + \text{err} ,$$

де:

$T(t)$ - тренд;

err - помилка;

$S(t)$ - сезонна складова, яка передбачається періодичною з періодом, рівним середньої тривалості масового розмноження або існування вогнищ.

Результати вибору прогнозної моделі, визначення її параметрів і розрахунку прогнозних оцінок динаміки вогнищ соснового пильщика (без урахування тренда) з використанням комп'ютерної програми аналізу часових рядів свідчить про ефективність моделі для довгострокового фонових прогнозування. Для уточнення прогнозу динаміки вогнищ застосовують комбіновану модель авторегресії і змінного середнього. Вона має вигляд:

$$P_n = A + b_1P(n-1) + b_2P(n-2)$$

де:

P - площа вогнищ в поточному (n) і попередні роки, га;

A та b - коефіцієнти рівняння авторегресії другого порядку.

Технологія створення моделі реалізована на прикладі багаторічних даних динаміки вогнищ соснового пильщика в різних областях зони Полісся України. Згладжування вихідних даних поліномом першого порядку з трирічним інтервалом по середніх значеннях суттєво збільшує тісноту кореляції (R) між площами осередків в році n і $n-1$ і в році n і $n-2$, і коефіцієнт детермінації авторегресії (D), що дозволяє використовувати для прогнозу авторегресійну модель другого порядку. Частка дисперсії площ осередків пояснюється цією моделлю, тому і точність прогнозу збільшується. В результаті для рядів площ осередків, динаміка яких відповідає умовам стаціонарності, визначені достовірні коефіцієнти рівнянь авторегресії другого порядку. Модель авторегресії більш ефективна для середньострокового (на 2 - 3 роки вперед) прогнозування. Істотне підвищення точності прогнозів за простими моделям вимагає постійного коректування їх параметрів при надходженні нової лісопатологічної інформації, тобто адаптивного підходу.

За даними за 2008 - 2018 рр. була збудована модель авторегресії і розроблений прогноз динаміки вогнищ шкідників лісових насаджень до 2030 р. Порівняння наведених прогнозованих оцінок і даних моніторингу вогнищ основних шкідників лісу за 2008-2018 рр., свідчить про достатню точність створеної моделі прогнозу появи та розповсюдження шкідників. Вона точно передбачила початок спалаху та масового розмноження і утворення вогнищ в соснового пильщика в лісгосподарських підприємствах Державного підприємства Малиське лісове господарство в 2012 році. Реальна зміна площ осередків знаходилося в інтервалі між

середніми і максимальними (ближче до максимальних) прогнозними оцінками. Отримані за 2008-2012 рр. дані використовували для коригування параметрів моделі, її уточнення (адаптації) і коригування прогнозу. Пропонована система простих моделей при послідовному їх використанні дозволяє істотно підвищити ефективність прогнозування. Причому це відбувається в більшій ступені не за рахунок оцінки додаткових показників, а завдяки веденню досить простих, але постійних спостережень (моніторингу), використання більш адекватних методів аналізу і комп'ютерної обробки даних за програмами, що автоматизує побудову та адаптацію моделей. Такі моделі в сукупності з фазовими портретами багаторічної динаміки чисельності шкідників є основою довгострокового прогнозування. Прогноз періоду зростання вогнищ, отриманий по сезонній моделі, коригується за моделями регресії. Останні стають основним інструментом прогнозування динаміки площ осередків під час спалаху масового розмноження. Для подальшого підвищення точності моделей необхідна оцінка додаткових показників (наприклад, гідротермічного коефіцієнта в період харчування гусениць в попередньому році, характеристик стану популяцій і насаджень) та використання методів аналізу багатовимірних часових рядів.

Оцінка загрози спалахів масового розмноження шкідників і хвороб. З огляду на значну площу лісів України, в системі лісозахисного прогнозування важливе значення має просторова складова оцінки загрози масового розмноження комах і хвороб. Щоб відповісти на питання, де і за яких умов можуть утворитися осередки, необхідно оцінити зв'язки між факторами середовища, найбільш сприятливими для розмноження шкідників і легковимірними змінними. Існує ряд методів оцінки загрози спалахів масового розмноження. Системи класифікації на основі якісних показників зазвичай застосовують, коли немає кількісних характеристик або вони не піддаються статистичному аналізу. Такі системи добре розроблені і тривалий час використовуються в практиці захисту лісів України. Вони дозволяють виявляти місця концентрації шкідників (резервації, первинні, вторинні, третинні і міграційні осередки) і прогнозувати розвиток спалахів хвороб в конкретних умовах. Резерваціями є насадження, особливості яких в максимальному ступені відповідають екологічним вимогам комах-шкідників і в яких в міжспалахові роки вони зберігаються в максимальних кількостях. У роки спалахів масового розмноження такі насадження перетворюються в первинні осередки. Вторинні осередки утворюються в насадженнях, менш придатних для розмноження хвоє- і листогризух шкідників. Чисельність комах в них менша, пошкодження насаджень відбувається із запізненням і не буває суцільним, як в первинних осередках. У теоретичних осередках розмноження шкідників йде уповільненими темпами і зазвичай не набуває господарського значення, так як має локальний характер і невисокий рівень чисельності комах. Міграційні осередки виникають в результаті активних перельотів або перенесення шкідників повітряними потоками. У разі

потрапляння комах в сприятливі екологічні умови, такі осередки можуть стати господарсько-значущими.

Ймовірність виникнення вогнищ по областях України. Зони шкодочинності. Для класифікації територій за ступенем шкідливості комах і прогнозу ризику пошкодження насаджень інформативним показником є ймовірність виникнення осередків шкідників лісу. Бази даних обліку осередків дозволяють отримати оцінки ймовірностей для господарсько-небезпечних видів комах по всіх регіонах і по частині лісгоспів Українського Полісся. Вони розраховуються як відношення кількості років з функціонуючими вогнищами до загального періоду спостереження. Наприклад, якщо за 50 років обліку осередки були протягом 10 років, то ймовірність їх виникнення становить 20%. На основі статистичної звітності щодо захисту лісу з 1990 по 2010 роки в областях отримані оцінки ймовірності виникнення вогнищ 10-ти найбільш небезпечних хвое- і листогризух шкідників. Поєднання баз даних з цифровою картою адміністративного поділу України дозволяє за допомогою комп'ютерних програм створювати карти-схеми поширення та ймовірності виникнення вогнищ і в межах ареалів виділяти зони шкодочинності. Такі матеріали є основою довгострокових прогнозів ризику виникнення і просторово-тимчасової динаміки вогнищ комах. Так, в Рівненській області ризик виникнення вогнищ соснового пильщика складає (93,3%), вони спостерігаються практично щорічно (періодичність спалахів один раз в 11 років). У Чернігівській області ступінь ризику в 4 рази менше, роки з вогнищами складають близько 20% всього періоду спостережень (періодичність інтенсивних спалахів один раз в 40 - 45 років). Висока (понад 75%) ймовірність виникнення вогнищ свідчить про перманентний характер масових розмножень. Область максимального ризику виникнення вогнищ комах включає Західне, Центральне та Північне Полісся України. Тут насадження мають низьку біологічну стійкість, великі площі монокультур. Вони знаходяться в субоптимальних умовах зростання, постійно піддаються інтенсивному антропогенному впливу і періодично впливу посух, тому вогнища масового розмноження шкідників виникають тут один раз в 11 років і спостерігаються щорічно на великих площах.

Класифікація насаджень за ступенем ризику виникнення вогнищ. На субрегіональному рівні проводиться оцінка структури і типології вогнищ на рівні ландшафтів і місцевостей. Розробляються критерії та індикатори потенційної придатності біотопів (груп типів лісу) до прискореного зростання чисельності шкідників. Для різних видів комах при побудові критеріїв використовується різноманітна інформація – від характеристик лісорослинних умов, рельєфу, гідрографії, мікрокліматичної ситуації до параметрів придатності кормових об'єктів. Наприклад, при класифікації насаджень по рівню придатності для чорного соснового вусача необхідні таксаційні характеристики насаджень, рельєфу місцевості, теплозабезпечення схилів різної експозиції в період масового льоту жуків, а також ряду популяційних показників, які характеризують перехід до спалахового стану. Для хвое- і листогризух комах, наприклад

сибірського і непарного шовкопрядів, поряд з перерахованими характеристиками, для побудови критерію придатності біотопів важливе значення мають будова деревостанів, їх вікова і породна структура, а також гідротермічний режим в критичні періоди життєвого циклу – зимівель, міграцій, масової кладки яєць, розвитку гусениць молодших і середніх вікових груп. На локальному рівні характеризуються вогнища і резервації в межах укрупнених лісотаксаційних виділів (урочищ). Дається лісотаксаційний опис насаджень, характер розміщення за елементами рельєфу. Визначаються розміри і типологія вогнищ, ступінь пошкодження насаджень і їх потенційна стійкість. Збираються відомості про популяції комах, необхідні для прогнозу швидкості і напрямку руху вогнищ, стану пошкодженого деревостану. В системі лісопатологічного моніторингу ця інформація використовується в рамках короткострокових (річних) прогнозів. Приуроченість осередків масового розмноження комах і їх резервацій до специфічних ландшафтно-екологічних умов і середовищ існування є основою створення прогнозно-оціночних карт і прогнозу просторового розвитку осередків. Величина щільності популяції комах залежить від рельєфу та експозиції місцевості, складу, структури і віку насаджень, особливостей ґрунтів та інших факторів, що дозволяє виділяти деревостани – потенційні вогнища (резервації) шкідників по таксаційними описам, використовуючи методи багатовимірної статистичного аналізу та ГІС-технології. Наприклад, для непарного шовкопряду був розроблений дискримінантний критерій (Z) (насадження відносяться до резервації при $Z > 0$):

$$Z = 51,59 + 0,20x_1 - 1,58x_2 + 0,30x_3 - 42,18x_4 - 7,77x_5 + 1,53x_6.$$

де:

- x_1 - частка деревної породи, якій віддається перевага в складі, %;
- x_2 - середній діаметр на висоті 1,3 метра, см;
- x_3 - середній вік, років;
- x_4 - повнота;
- x_5 - клас бонітету;
- x_6 - середня категорія стану.

Прогноз поширення вогнищ. Використання ГІС-технологій. На обласному рівні необхідна оцінка розвитку осередків та зміни санітарного стану насаджень. Найбільш ефективним і зручним поданням інформації про розповсюдження вогнищ є картування території. Вихідною територіальною одиницею тут є область, район. За допомогою комп'ютерних програм бази даних площ осередків найважливіших видів листогризучих шкідників по територіальним управлінням лісами поєднуються з цифровою картою адміністративного поділу України масштабу 1:8000000. Щорічне створення таких карт-схем і їх співставлення дозволяють досить наочно уявити лісопатологічну ситуацію і прогнозувати її розвиток. Подібне картування для виділення зон шкодочинності комах

має сенс для центральної частини зони Полісся України, де площа районів відносно невелика, і можна виявити зональність в розподілі вогнищ в межах ареалу виду. Для зон Лісостепу і Карпат та Криму це неприйнятно, оскільки кордони частини адміністративних територій виходять за межі ареалу. Щоб скорегувати кордони зон шкодочинності, необхідні дані по лісгоспам. Такою інформацією в потрібному обсязі ми не володіємо. Більш доступним методом є використання екологічних показників, що мають схожу з вогнищами просторовий розподіл. Поширення комах і рівень їх чисельності насамперед визначаються наявністю уражених ними деревних порід і кліматичними умовами. Найбільш точно коригувати кордонну зону шкодочинності комах можна по ізолініях гідротермічного коефіцієнта і сум температур за період з температурами вище 10°C. Встановлені оцінки показників посушливості і теплозабезпечення територій збігаються з межами поширення осередків різних видів комах. Для коригування меж ізолінії ГТК повинні бути проведені з інтервалом в 0,2, а сум активних температур – з інтервалом в 200°C. Інтеграція цифрових карт лісів України за видами порід і карт-схем ймовірності виникнення осередків шкідників дозволяє здійснити прив'язку вогнищ 10-ти найбільш небезпечних видів комах до насаджень, переважаюча порода яких є кормовою породою комах. Ці карти так само схематичні, але мають більше екологічного сенсу, так як інформація віднесена ні до адміністративної території, а до лісових масивів. Їх недолік – однакова ймовірність виникнення вогнищ для всіх лісів в межах адміністративної території. Аналіз карт за різні роки дає можливість визначити тенденції просторового поширення вогнищ. Так, протягом спалаху масового розмноження зеленої дубової листокрутки і непарного шовкопряда осередки поширюються з південного сходу на північний захід зони Полісся України. Інтеграція карт дозволяє виділити для кожного виду комах територію, в межах якої осередки їх масового розмноження спостерігаються найбільш часто. Виявлення таких закономірностей і їх опис кількісними методами є необхідною умовою підвищення ефективності системи прогнозування і лісопатологічного моніторингу. ГІС-технології дозволяють систематизувати різноманітну картографічну і атрибутивну інформацію про природні процеси, що протікають в лісах, коригувати модельні параметри динаміки чисельності популяцій і просторове розміщення вогнищ, контролювати ступінь пошкодження насаджень, визначати ефективність лісозахисних заходів, а також здійснювати виконання ряду інших науково-прикладних завдань, пов'язаних зі збереженням лісів.

12.4. Прогноз чисельності комах.

Фазові портрети динаміки чисельності комах. Багаторічний прогноз. Метод фазових портретів широко застосовується в популяційній екології. Вихідною величиною системи "Популяція комах – зовнішнє середовище" є щільність популяції. Зміна цієї величини описується диференціальним рівнянням другого порядку і зображується точкою на фазовій площині, на якій по осі абсцис відкладена щільність популяції, а по

осі ординат – швидкість її зміни (коефіцієнт розмноження). Середні квадратичні рівняння відхилень мають більш просту форму, якщо використовувати логарифмічну шкалу. Оскільки щільність популяції змінюється в часі, то на фазовій площині виходить певна траєкторія. За її виглядом можна робити висновки про характер популяційної динаміки. При згасаючих коливаннях траєкторія має наступний вигляд – закручується навколо особливої точки спіралі. У випадку періодичних коливань траєкторія представлена сумою замкнутих кривих із загальним центром в особливій точці. При наростаючих коливаннях траєкторія являє собою розгорнуту з особливої точки спіраль. Можливості використання методу фазових портретів проаналізовані з урахуванням специфіки динаміки чисельності соснового пильщика в умовах Малинського, Радомишльських лісгоспів Житомирської області. Спалахи масового розмноження закономірно розвиваються в часі і просторі і проходять 5 якісно різних етапів (фаз): наростання чисельності, максимуму, зрідження, депресії і відновлення стабільної чисельності популяції. У той же час фазові портрети відрізняються за структурою, граничним значенням щільності популяції і коефіцієнтів розмноження. В ослаблених, простих за структурою борах та суборах на північному заході Житомирської області популяції характеризуються більш високим середнім рівнем чисельності, меншою максимальною щільністю і амплітудою коливань, значно більш високим рівнем мінімальної щільності, перманентним характером масових розмножень.

Аналіз структури і меж фазових портретів дозволяє виявити закономірності градаційних процесів, типових для виду в цілому і встановити особливості динаміки популяції. Масові розмноження в Малинському та Радомишльському районах мають як загальні риси, типові для вулканічних спалахів, так і суттєві відмінності. У більш складних за складом і структурою лісових біоценозах і субоптимальних для соснового пильщика кліматичних умовах, середній рівень чисельності нижче, вулканічні спалахи масового розмноження в 3-4 рази рідше, але їх інтенсивність, амплітуда коливань щільності популяції і ступінь депресії – вище.

Критерії фаз масового розмноження. Довгостроковий прогноз. В системі прогнозування велике значення має визначення фази масового розмноження, так як спалах закономірно розвивається в часі і просторі. Для діагностики і прогнозу фаз можна використовувати зміну ряду параметрів стану популяцій комах.

Непарний шовкопряд. Для прогнозу напрямку зміни чисельності та визначення фаз градацій розроблена система численних критеріїв. До них відносяться показники, що характеризують напрямок і ступінь зміни якісного стану популяції та її просторової структури. Для діагностики фаз градації і напрямків динаміки чисельності комахи найбільш інформативними є: плодючість, статевий індекс, асиметрія розподілу величини плодючості, маса яєць. Вони тісно корелюють з коефіцієнтом розмноження шкідника в майбутній генерації, характеризують не лише

народжуваність, а й величину смертності, в точках перетину характеристичної кривої мають екстремальні значення, а також стрибкоподібний характер зміни. Про вихід популяції з депресії (переході від фази відновлення до фази наростання чисельності) свідчать істотне збільшення до максимального або близького до нього значення плодючості і статевого індексу при середній величині маси яйця, а також максимальна агрегація популяції в просторі насаджень, зниження зараженості особин паразитами і, в цілому, смертності на різних фазах розвитку. Для кульмінації спалаху (фаза максимуму) характерна мінімальна величина плодючості, маси яйця, статевого індексу, ступеня просторової агрегації популяції. Перераховані показники в точках перетину характеристичної кривої значно і достовірно відрізняються, а на етапах зниження і зростання чисельності їх зміна має протилежний зміст. Закономірний характер зміни популяційних параметрів по фазах масового розмноження зберігається в широкому діапазоні екологічних умов. Однак останні істотно впливають на абсолютні значення і ступінь мінливості показників фаз градації. Порівняльний аналіз динаміки показників свідчить про більш високий рівень їх мінливості в Житомирській області. Для деталізації прогнозу фаз градації в період зниження і зростання чисельності необхідно враховувати й інші показники, головним чином щільність популяції (коефіцієнт розмноження) і характеристики погоди.

Зелена дубова листокрутка. Початок зростання чисельності пов'язано зі збільшенням реальної плодючості до 60 яєць, зниженням зараженості гусениць до 5-10%, низьким рівнем зараженості лялечок спеціалізованим наїзником-феогенесом. Виявлено тісні залежності між щільністю популяції листовкрутки і зараженістю її паразитами.

Златогузка. Вихід популяції з депресії характеризується збільшенням кількості яєць в кладці до 180-200 шт. і маси лялечок до 150 мг, високою життєздатністю гусениць в зимових гніздах і низькою зараженістю лялечок паразитами.

Сосновий п'ядун. Перехід популяції соснового п'ядуна з стабільного стану в фазу зростання чисельності відбувається при щільності популяції лялечок від 0,1 до 1,0 шт/м². В цю фазу спостерігаються максимальні коефіцієнти розмноження ($r = 35$), низька зараженість лялечок паразитами (менше 20%), високий статевий індекс (0,55) і плодючість (125 яєць). Відбувається зміна просторового розподілу популяцій п'ядуна за рахунок збільшення заселеності окремих ділянок насаджень. З настанням вулканічної фази різко зростає щільність популяції. Площа ділянок з критичною щільністю (більше 6 лялечок на 1 м²) становить близько 30% всіх заселених насаджень, а на окремих ділянках щільність може досягати більше 100 лялечок на 1 м². В переушільнених первинних осередках п'ядун відчуває різку нестачу корму, що обумовлює загострення внутріпопуляційних відносин і проявляється у збільшенні загибелі гусениць, зменшенні запасу лялечок і плодючості самок. Подальший перехід в фазу кризи характеризується різким спадом чисельності,

зменшенням плодючості до 80 яєць, високим ступенем зараженості лялечок ентомофагами і патогенними мікроорганізмами (до 70 - 90%).

Соснова совка. При переході популяції зі стабільного стану в фазу зростання чисельності її щільність збільшується в 20 разів і більше і досягає в середньому 1 лялечки на 1 м². Зараженість лялечок паразитами не перевищує 20%, частіше 10-12%, хворих лялечок 2-4%, статевий індекс становить близько 0,5; частка лялечок з "віспинами" 10-20%, а плодючість становить 150-160 яєць. Об'їдання крон незначне, лише в окремих ділянках добре помітні всохлі пагони поточного року. Коли популяція переходить в еруптивну фазу, щільність лялечок ще більш зростає, і в середньому становить в первинних осередках 25-30 шт. на 1 м². Плодючість знижується до 80 яєць, частка хворих лялечок становить 10-15%, а заражених паразитами – до 40%, лялечок з "віспинами" – 20-35%.

Загасання спалахів соснової совки відбувається під впливом біотичних факторів – паразитів і інфекційних хвороб. Плодючість в фазу кризи становить 10-40 яєць. При цьому статевий індекс протягом спалаху мало змінюється і дорівнює приблизно 0,5.

Шовкопряд-монашка. За сприятливої погоди і умов харчування, початок зростання чисельності популяції монашки характеризується високою виживаємістю лялечок (95%), середньою плодючістю 220 яєць на 1 самку і статевим індексом 0,6 – 0,7. У цей період збільшення численності відбувається на невеликих площах в лісових масивах. Без ретельного ведення моніторингу початок спалаху не реєструється. На другий рік чисельність різко збільшується (до 40 разів), дефоліація насаджень наближується до 10%, метелики на стовбурах дерев добре помітні. Смертність лялечок збільшується, і становить 10-20%, середнє число яєць на самку знижується до 150 шт., а статевий індекс дорівнює 0,5-0,6. При переході в еруптивну фазу різко збільшується чисельність монашки до 2 тис. гусениць і більш на дерево в середньовікових насадженнях. Дефоліація досягає 50-90%. Вогнища ушкоджень добре помітні. Смертність лялечок становить 50-80%, статевий індекс метеликів 0,2-0,4, а середня плодючість знижується до 80 яєць на самку. Таким чином, репродуктивний рівень монашки стає в 6 разів нижче, а смертність в 13 разів вище першого року. Все це веде до загасання спалаху. У фазу кризи в первинних вогнищах осередків, що залишились гусениці сильно ослаблені, частково хворі, харчуються мало, і тільки деякі з них заляльковуються. Більшість гусениць гине від вірусу ядерного поліодроза, інших хвороб та ентомофагів.

Сосновий шовкопряд. Перехід популяції соснового шовкопряда з стабільного стану до зростання чисельності відбувається при щільності популяції зимуючих гусениць, що дорівнює 1-2 шт/м². При цьому чисельність збільшується в 25 разів, а відносна заселеність в 15 разів і становить 45%. Одночасно відбувається перехід популяції від переважно 2-річної генерації до розвитку по 1-річному циклу. У цій фазі плодючість складає в середньому 300 яєць на самку. При цьому переважають кладки із середньою вагою яйця більш 4,0 мг, що вказує на високу життєздатність популяції шовкопряда. При переході в еруптивну фазу спалаху, щільність

популяції зимуючих гусениць досягає в середньому 12-15 особин на 1 м², що викликає сильне або повне об'їдання насаджень. Недостаток корму сприяє ослабленню популяції і зміни еколого-популяційних показників. Плодючість самок знижується до 120-150 яєць, збільшується смертність гусениць першого віку і зараженість комплексом ентомофагів: яєць – до 50%, гусениць III-IV віку – до 40% і лялечок шовкопряда – до 75%. Подальше ослаблення популяції і активізація біотичних факторів сприяють затуханню спалахів, коли велика частина особин в популяції переходить на 2-річний цикл розвитку. У цю фазу плодючість знижується до 50 яєць, зменшується зараженість ентомофагами, але збільшується смертність особин від фізіологічних і інфекційних захворювань.

Звичайний сосновий пильщик. Паразити, хижаки, хвороби і діапауза являються основними факторами на всіх фазах масового розмноження звичайного соснового пильщика. При 2-кратній генерації пильщик має тривалість спалаху не більше двох років. У фазі зростання чисельності, популяція соснового пильщика характеризується низьким відсотком діапаузуючих особин, низькою заражуваністю паразитами. При сприятливих погодних умовах в період розвитку личинок популяція за 3 генерації досягає критичного рівня (більше 25 коконів на 1 м²). При досягненні високої щільності різко збільшується зараженість пильщика паразитами і патогенами, а велика частина решти популяції йде в діапаузу, яка може тривати до 2 років. За час діапаузи 50% личинок знищується дрібними ссавцями, а частина, що залишилася – паразитами і хворобами.

Рудий сосновий пильщик. Перехід популяції рудого соснового пильщика у фазу росту чисельності відбувається в роки, коли основна його частина не впадає в діапаузу і з 90-95% коконів вилітають дорослі особини. У цей період поступового циклу статевої індекс частіше всього дорівнює 0,7, а середня плодючість однієї самки становить близько 100 яєць. Відбувається швидкий ріст чисельності пильщика, і на 3-й рік спалах досягає кульмінації. При сприятливих умовах на наступний рік спостерігається сильне об'їдання насаджень. Спалах закінчується або в результаті епізоотії поліедроза, або введення здебільшого особин в тривалу діапаузу, коли популяція майже повністю знищується мелкими дрібними ссавцями, наїзниками, жуками щелкунами. Таким чином, у соснового пильщика спалах масового розмноження швидко закінчується під впливом біотичних факторів і внаслідок діапаузи. Зараження пильщиків ентомофагами, патогенами і частка діапаузуючих особин є основним еколого-популяційним показником для прогнозування розвитку і спалахів.

Регресійні моделі для прогнозу чисельності комах. Методи прогнозу чисельності комах засновані на побудові прогнозу моделей-рівнянь, в яких залежною змінною виступає щільність популяції або її коефіцієнт розмноження, а незалежними змінними (аргументами) є оцінка параметрів, що характеризують прямі або непрямі причини зміни чисельності комах. Для цього організовують спеціальну систему спостережень та вибіркового вимірювань (обліків) в популяціях, спрямованої на побудову таблиць виживання за генерації. Використовуючи оцінки виживання особин в

популяції за віковий інтервал, можна в цілому оцінити виживання популяції за генерацію:

$$S_n = S_1 S_2 S_3 \dots S_t,$$

де: S_t - виживаність за вікової інтервал t .

Вживання дорівнює відношенню щільності популяції в кінці і на початку вікового інтервалу: $\Delta t S_t = N_t + 1/N_t$

Величину $(-\log S_t)$ прийнято позначати K_t . Якщо за проміжок часу Δt діє тільки один фактор смертності, K_t буде виражати загибель особин від цього фактора:

$$K_t = \log N_t - \log N_{t+i}$$

Смертність за генерацію можна виразити як суму смертностей від окремих факторів:

$$K_n = k_1 + k_2 + \dots + k_t$$

Це рівняння засновано на припущенні, що чинники смертності діють послідовно і незалежно. Для прикладних задач це припущення цілком виправдано. За аналогією можна висловити смертність за генерацію за віковими інтервалами:

$$K_n = k_1 + k_2 + \dots + k_t$$

де: k_1 - смертність за віковий інтервал.

Аналіз рівнянь виживання і смертності популяції і коефіцієнта її розмноження за генерацію служить основою для побудови статистичних моделей динаміки чисельності. Для кожного ключового фактора або ключового вікового інтервалу, що вносить найбільший внесок в смертність (виживання) за генерацію, прийнято будувати допоміжні моделі (або субмоделі). Такі моделі можуть будуватися на основі вивчення причин варіювання величини смертності (виживання) від ключового фактора (або за віковий інтервал) в часі. Їх опис мають вигляд диференціальних і звичайно-різницевих рівнянь. Можуть використовуватися і готові моделі, наприклад: для опису смертності від паразитів, хижаків. Основою побудови допоміжних моделей є статистичний аналіз попарних вимірювань причинно-наслідкових зв'язків, коли в якості залежної змінної виступає смертність (виживання) за віковий інтервал, а незалежними змінними є всі прийнятні параметри середовища. Ряди таких вимірювань можна виразити як лінійну функцію багатьох змінних у вигляді регресійного рівняння:

$$f(g) = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_j x_j$$

де:

$f(g)$ - залежна змінна;

$x_1, \dots, x_j$ - незалежні змінні;

$b_0, b_1, \dots, b_j$ - коефіцієнти.

Точність популяційної моделі визначається величиною суми квадратичних відхилень в емпіричних рівняннях від загальної кількості

популяцій на певній лісопокритій площі, а також за цими даними обчислюється дисперсія. Важливість окремих параметрів моделі визначається за показником варіювання кожного окремого параметра обчислень видової структури шкідників в популяції. Для перевірки правильності розрахунків проводять дисперсійний аналіз отриманих даних. При виборі змінних моделі виходять з доступності та простоти отримання даних в природі та аналізу прогностичної цінності різних чинників динаміки чисельності шкідників. Виявлення якісно різних режимів динаміки чисельності лісових комах є необхідним етапом побудови прогностичних моделей. Однак лише багаторічне вивчення динаміки чисельності конкретних видів комах, визначення провідних факторів і їх взаємозв'язків дає можливість розробити моделі для практичного застосування. Визначення фази градації дозволяє використовувати для короткострокового прогнозу досить точні, але нескладні за формою регресивні моделі. У цьому випадку на етапах росту і зниження чисельності слід застосовувати різні рівняння, які ефективніше і більш точно описують ці процеси. Для створення таких моделей необхідно виконати наступні роботи: проаналізувати динаміку чисельності комах, визначити ключові фактори, оцінити їх по експериментальними даними, вивчити взаємозв'язки і встановити прогностичну цінність різних змінних, розрахувати параметри моделі і провести її оптимізацію. Так, для короткострокового прогнозу динаміки чисельності непарного шовкопряда було складено множинне регресійне рівняння, де з введених в аналіз різних показників найбільш ефективними виявилися такі змінні: щільність популяції і плодючість, частка дуба в складі насаджень і мінімальна температура в травні наступного року. Рівняння пояснює близько 72% варіювання числа яєць восени майбутнього року і має такий вигляд:

$$Y = 9,267 + 0,608x_1 + 0,295x_2 + 0,010x_3 - 1,297x_4$$

де:

Y - натуральний логарифм кількості яєць на 100 точок зростання в році (n + 1);

x₁ - натуральний логарифм кількості кладок яєць на 100 точок зростання в році n;

x₂ - мінімальна температура травня в році (n + 1);

x₃ - частка дуба в складі насаджень,%;

x₄ - натуральний логарифм середнього числа яєць в кладці в році n.

Регресивні моделі дозволяють передбачити зміну чисельності з осені цього року на осінь наступного року і скорегувати прогноз навесні з урахуванням погоди в період розвитку гусениць молодшого віку. Для довгострокового прогнозу зміни чисельності комах досить ефективні методи аналізу часових рядів. Нами розроблена модель прогнозу чисельності соснового пильщика. Вона заснована на результатах багаторічних (2008-2018 рр.) обліків чисельності на стаціонарних пробних площах в умовах ДП 'Малинське лісове господарство'. Ряд середніх оцінок

чисельності кладок соснового пильщика був перетворений в логарифм. Потім провели систематизацію вихідних даних методом узагальнення середніх за 5-річним інтервалом підрахунку середнього поліномом другого порядку.

Після проведеного таким чином аналізу і коригування вибірових оцінок щільності популяції проводять підбір типу моделі. Найбільш адекватною виявилась авторегресія другого порядку.

$$Y = -0,777 + 1,595x_1 - 0,935x_2; R = 0,771$$

де:

Y - число кладок на дерево (lg) восени року $n + 1$;

x_1 - число кладок на дерево (lg) в році n ;

x_2 - число кладок на дерево (lg) в році $n-1$.

Імітаційне моделювання. При створенні методів прогнозування необхідним етапом є математичне моделювання складних динамічних систем. Інструментом, придатним для аналізу таких систем, є комп'ютерні імітаційні моделі. Незважаючи на широке застосування системного аналізу, дуже мало моделей, що описують взаємодію: "Шкідник - ліс". Ще менше ефективних прогностичних моделей, які забезпечують потрібний часовий інтервал. Імітаційна модель взаємодії комах з дубовим деревостаном дозволяє відтворювати за допомогою комп'ютера і досліджувати багаторічні коливальні процеси в лісовій екосистемі: динаміку щільності популяції, ступінь дефоліації насаджень, величину приросту деревини та його втрату в залежності від найбільш істотних факторів. Для реалізації моделі розроблено комплекс алгоритмів і програм. Аналіз обчислювальних експериментів, проведених за допомогою моделі, показав її реалістичність. Цього вдалося домогтися після декількох корекцій моделі. З використанням імітаційного комп'ютерного моделювання на основі багаторічних таблиць виживання проаналізована роль різних факторів в динаміці чисельності соснового п'ядуна в лісах Радомишльського району Житомирської області. Для кожної стадії сезонного розвитку комах будувалася окрема модель. Визначалися фактори, що впливають на чисельність комах кожної стадії (яйця, гусениці, лялечки і т. д.), вид і параметри функцій, що описують ці дії. Для автоматизації побудови моделі створювалися комп'ютерні модулі, які можна модифікувати і доповнювати при появі нових гіпотез і даних. На основі оцінки параметрів переходу комах з однієї стадії розвитку на іншу (сезонної динаміки) з модулів будувалася загальна модель динаміки чисельності. Для створення моделей використаний механізм реляційних баз даних. Система забезпечує прогноз чисельності на короткостроковий період і дозволяє виявити специфіку динаміки популяції при різних сценаріях зміни зовнішнього середовища.

12.5. Короткостроковий прогноз пошкодження асиміляційного апарату дерев хвощ- і листогризучими комахами.

При короткостроковому прогнозуванні використовується той факт, що за короткий період часу змінами системи можна знехтувати або вважати їх лінійними. Існуючі методи короткострокового прогнозування пошкодження асиміляційного апарату включають, в тому або іншому вигляді, три компоненти: кормову норму шкідника, тобто кількість хвої або листя, знищене однією особиною протягом фази гусениці при надлишку корму; оцінку щільності популяції шкідника; оцінку запасу корму для шкідника. Розглянемо найбільш найпоширеніші з них. У практиці лісозахисту для прийняття рішень і виділення насаджень, в яких доцільно провести боротьбу, використовується метод критичних чисел. Ці оцінки отримані шляхом порівняння вихідної щільності популяції і подальшого ступеня об'їдання насаджень. Критичні числа відображають щільність популяції комах, при якій найбільш ймовірно повне об'їдання насаджень (додаток 4).

Ф. Н. Семевский (1971) запропонував методику виробничого прогнозування, що дає можливість приблизно оцінити кількість зеленої маси, знищеної середньою гусеницею в умовах нормальної смертності при надлишку корму (реальної кормової норми – rm). Її величина розраховується за рівнянням:

$$rm = 1,35 \text{ tcp} (rk \ W + r_0),$$

де:

tcp - половина періоду розвитку гусениці (число вікових груп поділена навпіл);

rk - кормова норма шкідника в сирій масі листя або хвої, г;

W - виживаність гусениць, частки одиниці;

r_0 - початкова маса вилупилася гусениці, помножена на 9.84 м.

Потім визначається найбільш ймовірна ступінь дефоліації насаджень:

$$f = rm \times N_0$$

де:

f - очікувана ступінь пошкодження насаджень, %;

rm - реальна кормова норма;

N_0 - початкова щільність гусениць (личинок) 1-го віку на 100 г зеленої маси.

Точність запропонованого методу залежить від точності визначення параметра W при різному рівні щільності популяції. Виживання гусениць (личинок) можна отримати наближено на основі моделі. Кормова норма шкідників може бути отримана безпосереднім підрахунком з'їженого корму або непрямым шляхом по одному з трьох рівнянь, запропонованих Ф. Н. Семевським. Запропоновані моделі засновані на середніх оцінках змінних,

отриманих в різних насадженнях. Тому для підвищення точності прогнозів необхідне коригування параметрів моделей з урахуванням лісорослинних зон (груп типів лісу, насаджень), тобто створення регіональних моделей. Для короткострокового прогнозування ступеня об'їдання грудових умов лісу (дібров) найбільш небезпечними видами шкідників, за експериментальними даними, отриманими в насадженнях Поліської зони, складені рівняння, які мають вигляд:

для зеленої дубової листокрутки:

$$\lg d = 0,642 + 0,501 \lg x_1;$$

для непарного шовкопряда:

$$\lg d = 0,989 + 0,492 \lg x_2;$$

для зимового п'ядуна:

$$\lg d = 0,416 + 0,545 \lg x_2;$$

де:

d - ступінь об'їдання,%;

x₁ - кількість кладок яєць на 100 точок зростання;

x₂ - кількість яєць на 100 точок зростання.

Методика складання рівнянь ґрунтується на порівнянні щільності популяції комах восени і подальшої дефоліації насаджень в широкому діапазоні варіювання. Ці рівняння відображають реальні залежності і мають криволінійну форму зв'язку між чисельністю комах і величиною об'їдання. Біологічні системи, які реально описують їх моделі, в дійсності можуть сильно залежати від малих змін своїх параметрів. Тому тільки експериментальна перевірка всіх методів і порівняння прогнозних оцінок з реальними (верифікація моделей) може дати впевненість в їх правильності. На цій основі необхідно створювати систему міжобласних прогнозних моделей, достовірність і точність яких буде набагато вищою.

12.6. Автоматизована система прогнозування поширення вогнищ фітофагів. Адаптивний підхід.

На сучасному етапі найбільш важливим завданням є створення автоматизованої системи аналізу лісопатологічної інформації. Вона повинна включати бази даних, методи обробки інформації (алгоритми, моделі), комп'ютерні програми для автоматизації прогнозування і прийняття управлінських рішень. Основні завдання системи прийняття рішень про необхідність лісозахисних заходів:

- визначення та прогноз ступеня пошкодження насаджень при різних щільності і стану популяції комах;

- визначення збитку (всихання дерев, втрат приросту, зниження не-деревної продукції лісу і т. д.) в залежності від інтенсивності ушкодження насаджень в різних екологічних умовах;

- оцінка збитку і витрат на проведення лісозахисних заходів, визначення порогів шкодочинності комах і хвороб лісу.

Практична реалізація такої системи полягає у визначенні регіональних порогів шкодочинності, які є інтегральним критерієм для прийняття рішень щодо захисту лісу і їх коригування, для вибору варіанту захисту конкретних насаджень. Структура баз даних та інформаційних систем в цілому визначається рівнем прийняття рішень (локальний, обласний, державний). Однак, за основними параметрами бази даних повинні бути уніфіковані і забезпечувати передачу інформації на більш високий рівень шляхом її агрегації. Завданням локального рівня є створення баз даних первинної інформації для короткострокового прогнозу пошкодження насаджень, оцінки збитку і проведення лісозахисних заходів.

На обласному рівні накопичення і аналіз інформації повинні забезпечувати розробку систем лісозахисних заходів на основі прогнозно-оціночних карт лісопатологічної ситуації і обласних порогів шкодочинності комах і хвороб.

Завданнями загальнодержавного рівня є аналіз статистики щодо захисту лісу, прогноз динаміки лісопатологічної ситуації в цілому і в областях, визначення (коригування) режимів лісозахисту з урахуванням районування лісового фонду. Аналіз статистичної звітності щодо захисту лісу свідчить про високу інформативність одержуваних даних. Вони дозволяють робити висновки про санітарний стан лісів і тенденції його зміни на державному і обласному рівнях. Створення сумісної бази даних площ осередків і картографічної інформації дозволяє районувати територію, виділяти зони з різною шкідливістю комах і розробляти фонові прогнози розвитку вогнищ в часі і просторі. Для уточнення меж зон необхідно використовувати ГІС-технології, карти лісів та кліматичні параметри. Забезпечення необхідної точності прогнозів неможливо без посилення адаптивної складової системи прогнозування: створення комплексу моделей і комп'ютерних програм для їх реалізації і постійного вдосконалення в автоматизованому режимі на основі даних лісопатологічного моніторингу та оцінки точності прогнозів. Для реалізації адаптивного підходу слід дотримуватися наступних умов:

- 1) постійний облік вогнищ (моніторинг);
- 2) створення та ведення баз даних;
- 3) розробка прогнозних моделей;
- 4) запровадження комп'ютерних програм для швидкого і зручного розрахунку прогнозних оцінок по наявних моделях;
- 5) розробка програм, що забезпечують вибір найбільш адекватних моделей і уточнення (налаштування) їх параметрів, а також прогнозних оцінок з урахуванням надходження нових результатів моніторингу вогнищ. Позитивним моментом технології є можливість швидкої адаптації моделей і коригування прогнозів.

РОЗДІЛ 13. СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ЛІСОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ

Прийняття рішень про доцільність лісозахисних заходів здійснюється на економічній основі, так як більшу частину наслідків (витрати на боротьбу, втрати деревини, витрати на відновлення лісу) можливо оцінити в матеріально-грошовій оцінці. Однак найбільш доцільним є еколого-економічний критерій. Він враховує екологічну сторону проведення операції – втрати приросту, всихання насаджень, збитки побічного користування та корисної фауни, соціальні втрати в результаті проведення боротьби і її економічну складову – вартість боротьби і втрати товарної деревини. При розрахунках економічної ефективності лісозахисних заходів проти хвоє- і листогризучих комах необхідно враховувати фактор часу, тобто прогноз майбутньої ефективності експлуатації оцінюваного насадження. Розроблена методика дозволяє, знаючи породу дерева, вид комах, кратність і ступінь пошкодження крони, кількісно оцінити ступінь всихання і величину втрат приросту. Це в свою чергу, дозволяє визначити втрати в матеріально-грошовому еквіваленті. Боротьба повинна призначатися тоді, коли економічні втрати в результаті пошкодження асиміляційного апарату комахами перевищують вартість лісозахисних заходів. Ухвалення рішення може здійснюватися за кількістю всохлих дерев. Крім того особа, що приймає рішення може враховувати поряд з рекомендаціями, що впливають з математичних розрахунків, ще ряд параметрів (кількісного і якісного характеру), які цим розрахунком не були враховані. Це може бути повнота насадження, рекреаційна корисність, збиток побічного користування і т. д.

13.1. Визначення наслідків знищення асиміляційного апарату дерев хвоє - і листогризучими комахами.

Прогноз майбутнього пошкодження асиміляційного апарату дерев здійснюється на підставі обліку зимуючого запасу хвоє- і листогризучих комах з використанням 'Настанови з нагляду, обліку та прогнозу хвоє- і листогризучих комах'.

Визначення ступеня всихання дубових насаджень. Прогноз ступеня всихання дубових насаджень здійснюється за допомогою таблиць 22 і 23. Таблиці враховують ступінь, час і кратність пошкодження асиміляційного апарату. Різні види листогризучих комах згруповані в 3 фенологічні групи: перша група – комах, що об'їдають насадження ранньою весною (п'ядун-шовкопряд, зимовий п'ядун, дубова зелена листокрутка); друга – комах, що об'їдають насадження навесні і в першу половину літа (непарний шовкопряд, кільчастий шовкопряд, дубова хохлатка), і третя група – комах, що об'їдають насадження в другій половині вегетаційного періоду або комбіновано, в другій половині літа і потім навесні (золотогузка, лунка срібляста, червонохвіст).

Таблиця 22

**Всихання насаджень дуба звичайного в залежності від ступеня
пошкодження крони весняною фенологічною групою, %
(середні значення по Житомирському ОУЛМГ
за 2008 – 2018 роки)**

Пошкоджен ня крони, бали	Всихання насаджень, шт	Пошкоджен ня крони, шт	Всихання насаджень, шт	Пошкоджен ня крони, шт	Всихання насаджень, шт
0	0	140	3	280	12
10	0	150	3	290	14
20	0	160	4	300	15
30	0	170	4	310	16
40	0	180	5	320	18
50	0	190	5	330	21
60	0	200	6	340	23
70	0	210	6	350	26
80	0	220	7	360	28
90	0	230	8	370	32
100	1	240	9	380	35
110	2	250	9,5	390	38
120	2	260	10	400	43
130	3	270	11	410	46

Таблиця 23

**Всихання насаджень дуба звичайного в залежності від ступеня
пошкодження крони літньою фенологічною групою, %
(середні значення по Житомирському ОУЛМГ
за 2008 – 2018 роки)**

Пошко дження крони, шт	Всихання насаджень, шт	Пошкоджен ня крони, шт	Всихання насаджень, шт	Пошкоджен ня крони, шт	Всихання насаджень, шт
10	0	110	3	210	13
20	0	120	4	220	15
30	0	130	5	230	19
40	0	140	5	240	22
50	0	150	6	250	25
60	0	160	7	260	29
70	1	170	8	270	33
80	2	180	9	280	38
90	3	190	10	290	43
100	3	200	12	300	50

Таблиці побудовані з використанням математичних моделей для
весняної групи:

$$C_{\text{вдн}} = \mu\beta \times \left[0,02 \times \left(1 - \frac{Л1}{100} \right)^3 + 0,04 \times \left(1 - \frac{Л2}{100} \right)^2 + 0,09 \times \left(1 - \frac{Л3}{100} \right)^{1,5} \right];$$

для літньої групи:

$$C_{\text{вдн}} = \mu\beta \times \left[0,03 \times \left(1 - \frac{Л1}{100} \right)^3 + 0,09 \times \left(1 - \frac{Л2}{100} \right)^2 + 0,38 \times \left(1 - \frac{Л3}{100} \right)^{1,5} \right].$$

де:

$C_{\text{вдн}}$ - ступінь всихання дубових насаджень, частки одиниць;

$Л_1$; $Л_2$; $Л_3$ - частка листя, що залишилася на дереві по роках
пошкодження, %;

$\mu\beta$ - віковий коефіцієнт ($\mu\beta = 1$).

Наприклад, при пошкодженні крони дубовою зеленою листокруткою на 60% всихання насаджень не відбудеться (див. табл. 22). Якщо ж на наступний рік відбудеться об'їдання на 80%, сумарне об'їдання складе 140%, і найбільш вірогідна поява 3% усихаючих дерев понад фонового всихання. Якщо між об'їданнями є перерва більше року і якщо об'їдання було менше 30%, то величини об'їдання не складаються. Якщо об'їдання відбувається комбіновано, в другій половині літа, а потім навесні, то в цьому випадку до частки пошкодження асиміляційного апарату навесні додається величина його ушкодження восени, а всихання визначається по таблиця. 23.

Визначення втрат приросту дуба. Втрати приросту дуба в результаті пошкодження крони листогризучих комах визначаються по формулі:

$$В_{\text{приросту}} = L \times \frac{X}{100};$$

де:

$В_{\text{приросту}}$ - втрати приросту за обсягом в частках одиниці;

X - ступінь пошкодження крони, %;

L - коефіцієнт.

**Значення коефіцієнта L в залежності від фенологічної групи
листогризучих комах:**

Фенологічна група:

Значення коефіцієнта:

1

0,40

2

0,42

3

0,38

Наприклад, при об'їданні крон дубовою зеленою листокруткою на 50% втрати приросту складуть:

$$V_{\text{приросту}} = 0,4 \times \frac{50}{100} = 0,2 \text{ або } 20\%;$$

При пошкодженні крони на другий рік, втрати приросту обчислюються, як і для першого року.

Визначення ступеня всихання соснових і ялинових насаджень.

Визначення ступеня всихання соснових насаджень в результаті пошкодження крон хвоегризучими комахами здійснюється за математичною моделлю:

$$V_{\text{сосн.нас.}} = Y_0 \times \left(1 - \frac{X_{(t)}^e}{100}\right)^4 \mu\beta;$$

де:

$V_{\text{сосн.нас.}}$ - величина всихання насаджень сосни в частках одиниці;

Y_0 - максимальна величина всихання;

$X_{(t)}^e$ - кількість хвої, що залишилася на дереві, %;

$\mu\beta$ - коефіцієнт, що залежить від віку насаджень.

Значення коефіцієнта (Y_0) максимального всихання насадження при пошкодженні крон хвоегризучими комахами:

Вид комах-шкідника:

Значення коефіцієнта:

Рудий сосновий пильщик	0,3
Соснова совка	0,5
Зірчастий ткач-пильщик	0,65
Сосновий шовкопряд	0,7
Шовкопряд-монашка	0,6
Сосновий п'ядун	0,5
Звичайний сосновий пильщик	0,8

Значення коефіцієнта $\mu\beta$ в залежності від віку насадження:

Вік насадження, років:

Значення коефіцієнта:

0-20	0,25
21-40	0,50
41-80	0,75
81 і більше	1,00

Наприклад, в насадженнях сосни у віці 30 років передбачається об'їдання крон рудим сосновим пилильщиком на 80%. Тоді найбільш ймовірно всихання насадження складе:

$$V_{\text{сосн.нас.}} = 0,3 \times \left(1 - \frac{20}{100}\right)^4 \times 0,5 = 0,06, \text{ або } 6\%;$$

Розмір всихання дерев в насадженнях ялини визначається за математичною моделлю:

$$B_{\text{ял.нас.}} = C_0 \times \left(1 - \frac{X_t^{(e)}}{100}\right)^4 \mu\beta;$$

За літературними даними було встановлено, що $C_0 = 0,75$, $\mu\beta = 1$.

Підставляючи в рівняння ступінь пошкодження асиміляційного апарату, отримаємо ступінь всихання насадження (таблиця 24).

Таблиця 24

Інтенсивність всихання ялини звичайної в насадженнях в залежності від ступеня їх опадання хвої (середнє за 2008 – 2018 роки)

Ступінь ураження крони, %	Відсоток всохлих дерев, %	Ступінь ураження крони, %	Відсоток всохлих дерев, %
10	0	60	27
20	3	70	37
30	7	80	48
40	12	90	61
50	19	100	75

13.2. Визначення втрат приросту.

Щоб зв'язати втрати приросту зі ступенем пошкодження асиміляційного апарату насаджень, необхідно мати багаторічні дані з різних деревних порід із різним ступенем пошкодження крон. В результаті проведених досліджень було отримано рівняння, що зв'язує зазначені вище величини для різних видів шкідників і порід дерев:

$$B_{\text{приросту}} = K \times \frac{X}{100};$$

де:

$B_{\text{приросту}}$ - втрати приросту за обсягом, в частках одиниці;

X - втрати листя або хвої, %;

K - коефіцієнт, що враховує вид шкідника і повреждаемую породу.

До весняної групи комах, які пошкоджують крони дуба, наприклад, ми віднесли дубову зелену листокрутку, зимового п'ядуна, п'ядуна-обдирало. До весняно-літньої групі – непарного шовкопряда і дубову чубатку. До літньо-осінньої групи - лунку сріблясту. Значення коефіцієнта K для першої фенологічної групи дорівнює 0,40; другої – 0,42; третьої – 0,38.

Втрати приросту сосни і ялини в результаті пошкодження крон хвоєгризучими шкідниками визначаються, відповідно, за формулами:

$$B_{\text{приросту}} = 1,27 \times \frac{X}{100};$$

$$B_{\text{приросту}} = 1,19 \times \frac{X}{100}$$

де:

В приросту - втрати приросту за обсягом в частках, одиниці;
Х - знищення хвої, %.

13.3. Прийняття рішень про доцільність господарських заходів в осередках хвороб.

Якщо можна визначити прибуток від будь-якого заходу в матеріально - рошовому еквіваленті, прийняття рішень стає простим завданням. Максимізація такого прибутку відрізняється від максимізації прибутку до затрат: П/З. Перша – передбачає отримання найбільшого прибутку в результаті якихось заходів, а друга – максимальний прибуток на кожную вкладену гривню. Зауважимо, що максимізація прибутку не еквівалентна мінімізації витрат. Рішення приймається, якщо різниця між прибутком і витратами більше нуля. Якщо розглядається кілька варіантів заходів, то найкращою буде той, де різниця між прибутком і витратами найбільша. У разі застосування відносини прибутку до витрат, рішення приймається, якщо відношення більше одиниці. Як приклад розглянемо систему заходів в осередках всихання берези повислої, що складається з декількох альтернативних варіантів.

Варіант перший (інтенсивний метод). З березня по червень було обстежено насадження і зрубані всі всохлі дерева, пропущені в попередньому році. Потім з липня по вересень обстежують кожне дерево на предмет появи нових ознак хвороби. Потім прибирають мертві дерева і дерева, заселені шкідниками. За необхідності зрізають всохлі гілки діаметром більше 5 см.

Варіант другий (зимовий). Роботи проводяться з вересня по грудень. Виявлені раніше і промарковані заражені дерева прибирають протягом зимових місяців. При такому методі виявляється 90% заражених дерев. Решта 10% прибирають в наступному році разом з 90% наступного року.

Варіант третій (мінімальний). Обстеження проводиться з вересня по листопад. Тільки 80% заражених дерев буде виявлено і прибрано щороку, 20% буде прибрано в наступний рік. Прибирання дерев проводиться з жовтня по березень. Вартість цього варіанта становить 10% першого варіанту. Для визначення витрат по кожному варіанту за рік було вибрано наступне рівняння:

$$C_{it} = RDt + TLt + F$$

де:

C_{it} - загальна вартість варіанту і в рік t ;

R - середня вартість прибирання всохлого дерева;

Dt - число всохлих дерев, прибраних в рік t (перший варіант – всі всохлі дерева прибиралися в поточному році; другий варіант – 90% забирається в поточному році і 10% попереднього року; третій варіант – забирається 80% дерев поточного року і 20% попереднього);

T - середні витрати на одне живе дерево;

Lt - число живих дерев, що залишилися в кінці року;

F - фіксовані накладні витрати.

Наприклад, для першого варіанту маємо:

$$C_{it} = RD_t + TL_t + F = 250(4,323) + 3,88(82,145) + 268,706 = 1668,1 \text{ грн.}$$

Для другого варіанту маємо:

$$250(6,395) + 1,04(73,982) + 268,706 = 194439 \text{ грн.}$$

Для прийняття рішень необхідно порівняти варіанти заходів, причому мінімальний варіант вважаємо за контрольний.

В цьому випадку:

$$NPWi = \frac{\sum_{t=1}^n C_{mt} - C_{it}}{(1+d)^t},$$

де:

NPWi - чиста вартість альтернативи i;

CMT - вартість мінімального варіанту;

CIt - вартість альтернативного варіанту;

d - норма дисконтування.

Якщо NPWi позитивно, тоді альтернативний варіант кращий мінімального. Якщо NPWi негативно, тоді мінімальний варіант кращий альтернативного. Наприклад, сума вартості варіанту з мінімальною господарською діяльністю за 10 років склала:

$$\Sigma C_{mt10} = 24025 \text{ грн.}$$

Для найбільш інтенсивного варіанту ця величина дорівнює:

$$C_{it} = 11477 \text{ грн.}$$

Тоді при нормі дисконтування, яка дорівнює 0,05 (5% річних) маємо:

$$NPWi = \frac{124025 - 11477}{(1+0,05)^{10}} = 7698 \text{ грн.}$$

Отримана величина позитивна, отже, кращим виявляється варіант з інтенсивним веденням лісового господарства. Перевага тут строго економічна. Екологічні та соціальні причини так само впливають на вибір господарських заходів і прийняття рішень про доцільність цих заходів.

13.4. Еколого-економічне обґрунтування доцільності системи лісопатологічного моніторингу.

Одне з найголовніших завдань всесвітньої стратегії охорони природи – збереження і підтримання життєзабезпечуючих екосистем. Життєзабезпечуючі системи – це ліси і сільськогосподарські угіддя. Для захисту лісу від шкідників і хвороб потрібна потужна служба моніторингу, яка включає в себе систему відстежування, прогнозування руху чисельності фітофагів і поширення хвороб лісу, а також прийняття рішень про доцільність лісозахисних заходів. У яких випадках ми повинні вкладати кошти в функціонування цієї служби? З теоретичних позицій ми повинні вкладати інвестиції в систему відстежування тільки в тому випадку, якщо вартість моніторингу менше ймовірності невдачі, помноженої на суму загальної вартості функціонування і шкоди, що завдається загибеллю насаджень від шкідників і хвороб.

$$C_m < P(C_o + D)$$

де:

C_m - вартість моніторингу;

C_o - довготривалі поточні експлуатаційні витрати на лісове господарство;

D - збиток від загибелі насаджень;

P - ймовірність невдачі.

Зазначені величини можуть бути середніми за певний період часу (наприклад, останні 10 років). Імовірність невдачі в лісозахисті звичайно приймається рівної 0,3. Це зв'язано з тим, що невдала боротьба буває в трьох випадках з десяти. Звідси випливає, що система моніторингу доцільна в будь-якому випадку, оскільки витрати на моніторинг завжди менше 30% витрат на лісове господарство плюс втрати від загибелі насаджень. Таким чином, теоретично лісопатологічний моніторинг в лісовому господарстві повинен виправдовувати себе завжди. Розглянемо емпіричний підхід до цього питання. Прямі витрати на проведення лісозахисту і оцінки поточного приросту деревини наведені в таблиці 25.

Таблиця 25

**Прямі витрати на лісозахист і оцінка поточного приросту
деревини
(середнє за даними «Вінницялісозахист», 1990 – 2019 роки)**

Показник	Україна	Німеччина
Прямі затрати на лісозахист	$0,591 \times 10^9$	$1,4 \times 10^9$
Оцінка поточного приросту деревини	$3,34 \times 10^9$	$4,35 \times 10^9$

Таким чином, і в цьому емпіричному випадку система моніторингу виправдана економічно. Теоретичні дослідження про величину пластичних речовин, що витрачаються деревом для захисту від пошкоджень асиміляційного апарату, показують, що вони складають в середньому 6 %. Емпіричні дані підтверджують це значення. Тоді в середньому, якщо лісгосподарських заходів не проводити, всихання складе 6%. Площа осередків по роках, втрати деревини та вартість втрат представлені в таблиці 26.

Якщо прийняти, що в середньому запас 1 га насаджень становить 400 м^3 і середня вартість 1 м^3 деревини становить 750 грн., тоді втрати за 5 років складуть 80273×10^5 грн. Ця величина значно більше величини витрат на лісопатологічний моніторинг а, отже, система моніторингу доцільна.

**Площа вогнищ хвоє- і листогризучих шкідників, втрати деревини
і вартість втрат в цілому по Україні
(за даними «Вінницялісозахист» середнє 2014 -2019 роки)**

Роки спостережень	Пльща вогнищ ураження, га	Запас деревини, м ³	Втрати деревини від всихання, м ³	Вартість втрат, тис. грн.
2014	1566703	628681200	37600872	56401 x 10 ⁵
2015	3035461	1214184400	72851064	109276 x 10 ⁵
2016	1443016	577206400	34632384	51949 x 10 ⁵
2017	1600916	664366400	39861984	59792 x 10 ⁵
2018	3443000	1377200000	82632000	123948 x 10 ⁵
Середнє:	2229819	891927600	53515656	80273 x 10 ⁵

До цього ми оцінювали лише вартість деревини, але, як відомо, ліс виконує і багато інших функцій, в результаті порушення яких відбуваються додаткові втрати:

- зміщення циклу відтворення;
- збільшення витрат на відновлення;
- зниження ґрунтозахисних властивостей;
- зниження водоохоронних і водорегулюючих властивостей;
- зниження поглинаючих властивостей;
- зниження рекреаційних властивостей.

Зміщення циклу відтворення лісу. У разі загибелі молодників відбувається зміщення циклу відтворення лісу. Наприклад, на певній території був сосновий молодняк у віці 10 років, який знищив рудий сосновий пильщик. В цьому випадку збиток визначається наступним чином. Існує модель, що зв'язує втрати деревини, які можуть бути у вигляді запобіжних заходів захисту від шкідників. У найпростішому випадку передбачається проводити лісозахисні заходи тоді, коли втрати більше витрат на лісозахист:

$$Y - C > 0;$$

де:

Y - втрати деревини;

C - витрати на лісозахист.

Втрати деревини визначають математичним виразом:

$$Y = R(t_i) - R(t_1);$$

де:

R (t_i) - вартість зростаючого лісу, дисконтованного до моменту t_i;

R (t₁) - вартість всохлого лісу.

Вартість всохлого лісу в цьому випадку має від'ємне значення, оскільки всі вироблені при цьому дії носять витратний характер (прибирання деревостану, підготовка ґрунту, лісозахисні роботи і т. д.). В цьому випадку:

$$Y = R(t_1) - R(t);$$

де:

$R(t)$ - вартість лісових культур плюс вартість інших лісогосподарських заходів.

Нехай площа молодників, в яких є осередки масового розмноження шкідників, становить 10% загальної площі осередків (таблиця 27).

Таблиця 27

Розрахунок загального збитку від зміщення циклу відтворення лісу (за даними «Вінницялісозахист», середнє 2014 -2019 роки)

Роки	Площа вогнищ ураження в молодника х, га	Запас стовбурової деревини у віці рубки, м ³	Вартість деревини, тис. грн.	Дисконтована вартість деревини, тис. грн.	Вартість культур, тис. грн.	Вартість деревини і посадки культур, тис. грн.
2014	156670	62668000	94002 x 10 ⁵	839 x 10 ⁵	15667 x 10 ⁵	16506 x 10 ⁵
2015	303546	121418400	182127 x 10 ⁵	1626 x 10 ⁵	30358 x 10 ⁵	16506 x 10 ⁵
2016	144301	57720400	86581 x 10 ⁵	773 x 10 ⁵	14430 x 10 ⁵	18203 x 10 ⁵
2017	166091	66436400	99654 x 10 ⁵	889 x 10 ⁵	16609 x 10 ⁵	17498 x 10 ⁵
2018	344300	137720000	206580 x 10 ⁵	1844 x 10 ⁵	34430 x 10 ⁵	53772 x 10 ⁵
Середнє:				1194 x 10 ⁵	22298 x 10 ⁵	23492 x 10 ⁵

Дисконтована вартість лісового насадження у віці рубки (60 років для соснових і 120 років для дубових насаджень) визначається виразом:

$$R(t_i) = VM / (1+a)^T;$$

де:

$R(t_i)$ - поточна вартість насадження у віці рубки, грн;

V - запас деревини у віці рубки, м³;

M - вартість 1 м³ деревини, грн.;

a - норма дисконтування;

T - вік рубки.

Питання про норму дисконтування дуже складне. В першому наближенні її беруть рівною 2%. У нашому випадку її потрібно брати рівною швидкості росту національного доходу, тобто 6%. Тоді збиток від зміщення циклу відтворення лісу в середньому за рік складе:

$$23492 \times 10^5 \text{ гривень.}$$

Це так само набагато більше щорічних витрат на функціонування системи моніторингу.

Зниження ґрунтозахисних властивостей лісу. В результаті загибелі насаджень розвивається ерозія ґрунтів. Було встановлено, що ерозія ґрунтів на відкритому просторі в 400 разів більше, ніж під пологом лісу. Вона залежить від інтенсивності дощу, механічного складу ґрунту і типу лісоролінних умов. Це призводить до того, що в річках і озерах збільшується концентрація твердих і завислих часток, що в свою чергу призводить до збільшення органіки, зниження освітленості річкової рослинності і її загибелі. В результаті скорочується число безхребетних і риби, а також знижується їх видова різноманітність. Підрахувати втрати лісового та інших господарств в результаті ерозії ґрунтів поки не представляється можливим, однак втрати ці значно більші, ніж від інших корисних властивостей лісу.

Зниження водоохоронних і водорегулюючих властивостей лісу. Методика розрахунку зниження водоохоронних і водорегулюючих властивостей лісу була розроблена в УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького. Водоохоронні функції лісу визначаються збільшенням водоносності підземних джерел за рахунок поверхневих вод. Збиток від повної або часткової загибелі лісів оцінюють через зниження поповнення поверхневими водами підземних джерел за формулою:

$$Z_{\text{заг.лісів}} = U_{\text{гс}} \times T \times B \text{ гривень / га};$$

де:

$Z_{\text{заг.лісів}}$ - поповнення поверхневими водами підземних джерел;

$U_{\text{гс}}$ - обсяг приросту ґрунтового стоку (північна половина території України - 80 м³/га, південна - 50 м³/га);

T - тариф на воду (грн./м³);

B - час, необхідний для відновлення гідрологічних властивостей лісових ґрунтів (3 - 5 років).

Втрата водорегулюючих властивостей лісу в результаті висихання 6% насаджень визначається з використанням моделі:

$$B_{\text{вв}} = U_{\text{гсп}} \times T \times B; \text{ грн./га.}$$

де:

$U_{\text{гсп}}$ - обсяг переведення заборонених і водоохоронних зон поверхневих вод у внутрішньогрунтовий (для ялиників - 10000 м³ / га, для сосняків - 20000 м³ / га);

T - тариф на воду (грн./м³);

B - час, необхідний для відновлення властивостей лісових ґрунтів (3 - 5 років).

Зниження поглинальних властивостей лісу. Під поглинальними властивостями лісу розуміють поглинання ним шкідливих викидів в атмосферу від промислових підприємств, транспорту, сільськогосподарського виробництва і т. п. Поверхня ґрунту і рослин є основним поглиначем домішок, що надходять в підземні екосистеми. Прогнозована кількість частинок газоподібних домішок, які акумулюються деревами, дорівнює загальній площі поверхні дерева, помноженої на швидкість поглинання газоподібних домішок. Встановлено нормативи оплати за викиди забруднюючих речовин. Розрахунки показали, що середня вартість поглинутих речовин деревом середнього віку в рік становить приблизно 10000 грн/рік. Площа осередків шкідників і хвороб становить в середньому 409121 га. Припустимо, що тільки 1% цієї площі припадає на частку приміських лісів. Кількість дерев на 1 га візьмемо рівним 600.

Всихання навіть 6% від їх кількості дає такий економічний збиток природокористування:

$$409121 \times 0,06 \times 0,01 \times 600 \times 1000 = 24\,547\,260 \text{ гривень.}$$

Приблизно такі цифри виходять при визначенні втрат рекреаційних властивостей лісу.

Таким чином, виходить, що втрати від діяльності шкідників і хвороб в кожній з окремо взятих цільових функцій лісу багаторазово перевершують витрати на організацію і ведення лісопатологічного моніторингу. Якщо підсумувати ці результати, то необхідність моніторингу є абсолютно зрозумілою.

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ:

А

АБІОТИЧНІ ЧИННИКИ – компоненти та явища неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на живі організми, у т.ч. на людину.

АВАРІЯ ЕКОЛОГІЧНА – небезпечна подія природи чи техногенного характеру, що спричинює екстремальне забруднення навколишнього середовища, становить загрозу для біоти, здоров'я людей, матеріальних цінностей, створює надзвичайну екологічну ситуацію.

АВТОТРОФИ – організми, які синтезують з неорганічних сполук органічні речовини під впливом енергії Сонця (фототрофи) або енергії, що звільняється під час хімічних реакцій (хемотрофи). До автотрофів належать усі зелені наземні і водні рослини та деякі групи водних та ґрунтових бактерій.

АВТОТРОФІЯ – живлення організмів неорганічними речовинами, що здійснюється через фотосинтез або хемосинтез.

АГРОФІТИ – рослини, які виростила людина.

АДАПТАЦІЯ – властивість живих систем пристосовуватися до умов навколишнього середовища.

АДВЕНТИВНІ РОСЛИНИ – рослини, які з'явилися в певному регіоні, що лежить за межами їх природних ареалів, внаслідок навмисного або випадкового занесення людиною.

АЕРОБИ – організми, здатні жити лише в середовищі, де є вільний молекулярний кисень, а енергію для життєдіяльності одержують в результаті окислювальних процесів, в основному за рахунок клітинного дихання.

АЕРОБІОСФЕРА – приземний шар біосфери, в якому існують живі організми, що здатні нормально жити та розмножуватись у відповідних субстратах.

АЕРОПЛАНКТОН – мікроскопічні організми, які заселяють товщу атмосфери та живуть за рахунок органічних речовин повітряного середовища (бактерії, спори, мікроскопічні гриби).

АЗОНАЛЬНА РОСЛИННІСТЬ – рослинність, яка ніде не утворює самостійних зон, а трапляється вкрапленнями в різних зонах (на луках, болотах, пісках).

АКЛІМАТИЗАЦІЯ – пристосування рослин або тварин до нових для них кліматичних умов в результаті розселення їх людиною. В Україні акліматизовано такі живі об'єкти: с/г рослини – кукурудзу, соняшник, картоплю; ссавці – єнотовидну собаку; птахи – фазана; риби – товстолобика, амура. Акліматизацію рослин проводять ботанічні сади та дендрологічні парки, а тварин – окремі заповідники та зоопарки.

АКСЕЛЕРАЦІЯ – прискорення темпів індивідуального розвитку організму на певній його стадії в порівнянні з темпами розвитку попередніх поколінь.

АКТИВНІСТЬ СОНЯЧНА – сукупність циклічних і нециклічних фізичних змін, що проходять на Сонці, які обумовлені взаємодією сонячного магнітного поля й плазми. У момент спалахів Сонце викидає велику кількість енергії і заряджених частинок, які при досягненні Землі, викликають на ній електромагнітні бурі, полярні сяйва та інші явища. Активність сонячна впливає на клімат, ряд біосферних процесів, зміну чисельності тварин, стан здоров'я людей.

АЛЕЛОПАТІЯ – взаємний вплив рослин у результаті виділення ними у зовнішнє середовище біотично активних речовин (фітонцидів, антибіотиків, фенолів тощо).

АЛЕРГЕНИ – речовини, які викликають алергію. Розрізняють екзоалергени, які потрапляють в організм із зовнішнього середовища через дихальні шляхи, слизову оболонку шлунково-кишкового тракту, під час ін'єкцій; аутоалергени – нормальні або денатуровані в результаті травми, опіків, інфекційного процесу власні білки організму.

АМЕНСАЛІЗМ – форма біотичних відносин між організмами, коли один вид пригнічує інший, але сам не відчуває його негативного або позитивного впливу. Наприклад, деякі гриби виділяють антибіотики (мікроміцети), що пригнічують ріст бактерій; бактерії ж на гриби не впливають.

АНАБІОЗ – стан організму, за якого життєві процеси так уповільнюються, що немає видимих проявів життя.

АНАБОЛІЗМ - сукупність хімічних процесів у живому організмі, які спрямовані на засвоєння поживних речовин і утворення та поновлення структурних частин клітин і тканин. Відомі два типи анаболізму – фотосинтез і хемосинтез.

АНАЕРОБИ – організми, здатні існувати в безкисневому середовищі (наприклад, бактерії, війчасті інфузорії).

АНЕМОФІЛІЯ – пристосування рослин до перехресного запилення за допомогою вітру. Це єдиний спосіб запилення у хвойних, а також характерний для деяких квіткових рослин – злакових, осокових, багатьох деревних рослин (береза, осика, дуб, граб, ліщина та ін.).

АНТАГОНІЗМ – суперечність між живими організмами, що проявляється у боротьбі за існування, при якій один або обидва організми зазнають шкоди (наприклад, між хижаком та його здобиччю, між господарем і паразитом).

АНТИБІОЗ – форма взаємовідносин у біоценозі популяцій або окремих особин, при яких один із партнерів виділяє речовину, що шкідливо впливає на конкурентів.

АНТИМУТАГЕНЕЗ – процес, який перешкоджає появі мутацій в організмі.

АНТРАКТАНТИ – природні або синтетичні речовини, які приваблюють тварин, особливо комах, впливаючи на їх хеморецептори. Наприклад, вуглекислий газ, який виділяють теплокровні тварини, приваблює кровососних комах.

АНТРОПОГЕННА ЕРОЗІЯ – ерозійні процеси, що спричинюються

нераціональною господарською діяльністю людини.

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ – прямий та опосередкований вплив людства на навколишнє середовище і його компоненти внаслідок господарської діяльності. Практично всі види людської діяльності постійно або періодично впливають на навколишнє середовище. Свідомо, цілеспрямовано людина впливає на природу з метою збільшення біопродуктивності ландшафтів за допомогою різних видів меліорації, добування та накопичення певних ресурсів, поліпшення умов життєдіяльності, запобігання стихійним природним процесам.

АНТРОПОГЕННИЙ ЛАНДШАФТ – ландшафт, змінений діяльністю людини в процесі виконання нею соціально-економічних функцій та використання певних видів природокористування.

АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ЕКОСИСТЕМ – зміни екосистем, спричинені діяльністю людини. Можуть бути позитивними і негативними, зворотними і незворотними. За масштабом прояву антропогенні зміни екосистем поділяють на локальні, регіональні та глобальні.

АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ПРИРОДНИХ УМОВ – зміни природних умов, спричинені впливом діяльності людини на окремі компоненти природи та їх сукупності внаслідок чого ці зміни набувають комплексного характеру.

АНТРОПОГЕННІ ПРОЦЕСИ – процеси, що виникають у природному середовищі й зумовлені або істотно активізовані різними видами господарської діяльності людини. Їх поділяють на прямі (знищення природних та утворення штучних форм рельєфу) й опосередковані (посилення природних процесів внаслідок вирубування лісів, розорювання схилів тощо). Розрізняють позитивні й негативні антропогенні процеси. Позитивні процеси спрямовані на оптимізацію екологічного стану навколишнього середовища (осушення, зрошення, рекультивація земель, терасування крутих схилів, створення дамб, обвалування). Негативні – зумовлені недосконалістю проектів використання природних ресурсів, порушенням природоохоронного законодавства (розробка родовищ корисних копалин, будівництво міст, гідротехнічних споруд, оранки й обробіток сільськогосподарських угідь).

АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ – зміни, внесені у природу людською діяльністю, які впливають на органічний світ. Розрізняють прямі, непрямі, позитивні і негативні антропогенні впливи. Прямий – спрямований на живі організми; непрямий – зміна клімату, фізичного і хімічного стану атмосфери, водойм, будови поверхні землі, рослинного і тваринного світу; негативні – пригнічення або вимирання організмів; позитивні – створюють сприятливі умови для розвитку тих чи інших організмів.

АНТРОПОФІТИ – рослини, що постійно зустрічаються у фітоценозах або агробіоценозах внаслідок неусвідомленого або навмисного впливу людини. До антропофітів належать рослини, які людина культивує, а також різні види бур'янів: кропива, лобода, чистотіл, амарант та ін.

АНТРОПОФОБИ – рослини або тварини, які не витримують умов, що формуються внаслідок інтенсивної господарської діяльності людини. Наприклад, до них відносять ковила, адоніс, дрофу, жайворонка та ін.

АНТРОПОХОРИ – рослини, які поширюються завдяки перенесенню людиною їх плодів, насіння.

АРЕАЛ – ділянка поширення організмів різних таксономічних категорій чи типів угруповань, а також схожих умов.

АРИДНІ ВИДИ – види сухого та жаркого клімату (наприклад, деякі види кактусів, молочаїв та ін.).

АТМОСФЕРА – газова оболонка Землі, вага якої становить $5,15 \times 10^{15}$ т. Головними складовими частинами атмосфери є азот (78,08%), кисень (20,95%), аргон (0,93%), діоксид вуглецю (0,03%). За хімічним складом атмосфера поділяється на нижню (до 100 км) – гомосферу, і верхню – гетеросферу.

АТМОСФЕРНЕ ПЕРЕНЕСЕННЯ – переміщення забруднюючих речовин висхідними потоками повітря та вітром від джерела забруднення над поверхнею Землі на певні відстані.

АТМОСФЕРНІ ОПАДИ – це вода у всіх видах твердої та рідкої фази, яку отримує земна поверхня з атмосфери. Вони випадають у вигляді дощу, снігу, граду, крупи і є одним із абіотичних чинників, які мають великий вплив на живі організми. Основними вимогами випадання опадів є температура повітря, циркуляція атмосфери, морські течії, рельєф.

АУТЕКОЛОГІЯ – розділ екології, що вивчає видові особливості реагування живих організмів на чинники середовища їх існування, включаючи антропогенні.

АЦИДИФІКАЦІЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ – закислення водою внаслідок випадання кислотних опадів, надходження до них вод, збагачених вугільною кислотою, гумусовими речовинами.

Б

БАСЕЙН РІЧКОВИЙ – частина земної поверхні й товща водонасичених ґрунтів і гірських порід, з яких вода стікає в річку чи річкову систему.

БЕЗВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ – технологічні способи виробництва, які забезпечують потребу людини з одночасним найраціональнішим використанням природних ресурсів і енергії та захистом навколишнього середовища.

БЕЗПЕКА ЕКОЛОГІЧНА – стан захищеності навколишнього середовища від порушення його екологічної рівноваги.

БЕНКВОТЧ – міжнародна мережа неурядових організацій, заснована у 1995 р. з метою запобігання негативним екологічним і соціальним наслідкам діяльності міжнародних фінансових інституцій.

БЕРДЛАЙФ – глобальний альянс природоохоронних неурядових організацій, які співпрацюють з метою збереження птахів, місць їхнього перебування та глобального біорізноманіття, а також з питань збалансованого використання природних ресурсів.

БІОГЕННА РЕЧОВИНА – речовина, що утворюється в процесі життєдіяльності живих організмів і складає осадові породи органічного походження (наприклад, крейда, вапняк та ін.).

БІОГЕННЕ СЕРЕДОВИЩЕ – середовище, що виникло в результаті життєдіяльності організмів.

БІОГЕОЦЕНОЗ – еволюційно спрямована, територіально однорідна природна система живих організмів й абіотичних компонентів, пов'язаних між собою обміном речовин, енергії та інформації.

БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ – наука про закономірності формування структури, поширення, розвиток і функціонування біогеоценозів та їхньої сукупності – біоценотичного покриву Землі.

БІОІНДИКАТОРИ – організми, популяції або біотичні угруповання, наявність, кількість або зміна стану яких свідчать про характерні особливості зовнішнього середовища та його зміни.

БІОМ – сукупність різноманітних груп організмів і середовища їх життя в певних ландшафтно-географічних зонах (наприклад, тундрі, хвойних лісах, аридній області і ін.) або великі угруповання, які утворюються під впливом регіонального клімату, що взаємодіє з регіональною біотою та субстратом.

БІОМАСА – кількість речовини живих організмів, нагромаджена в популяції, біоценозі або біосфері на будь-який момент часу. Виражається в одиницях сирої або сухої маси, іноді в одиницях енергетичного еквівалента на одиницю площі поверхні або об'єму (кг/га ; г/м^3 ; Дж/м^3).

БІОНТ – окремо взятий організм, пристосований до існування в певному середовищі (літосфері, гідросфері, педосфері).

БІОПРОДУКТИВНІСТЬ – швидкість нагромадження органічної речовини (біомаси) біоценозом чи екосистемою або будь-яким її структурним компонентом в одиницях маси чи енергії на одиницю площі (об'єм води) за одиницю часу, здатність біосистеми підтримувати темпи відтворення біомаси. Продуктивність угруповань визначають за швидкістю, з якою продуценти-автотрофи накопичують органічну речовину в процесі фотосинтезу в межах визначених часу і простору.

БІОРІЗНОМАНІТТЯ – різноманіття живих організмів Землі на всіх рівнях організації живого і в усіх просторово обмежених середовищах існування (наземних, прісноводних, морських).

БІОСФЕРА – оболонка земної кулі, в якій існує або існувало життя. Займає верхню частину літосфери, педосфери, гідросфери і нижню частину атмосфери, склад, структура й енергетика яких пов'язані з минулою чи сучасною життєдіяльністю живих організмів.

БІОСФЕРНИЙ ЗАПОВІДНИК – територія природоохоронного фонду загальнодержавного значення. Створюється з метою збереження у природному стані типових природних комплексів, здійснення фонового екологічного моніторингу, вивчення навколишнього природного середовища, його змін під дією антропогенних чинників.

БІОСФЕРНИЙ РЕЗЕРВАТ – територія, яка є частиною світової мережі біосферних резерватів в рамках Програми ЮНЕСКО «Людина і

біосфера». Виконує такі функції: природоохоронну (збереження генетичних ресурсів, видів, екосистем і ландшафтів), розвитку (сприяння сталому розвитку суспільства) і логістичну (підтримка демонстраційних проектів, екологічна освіта, наукові дослідження з питань охорони природи і сталого розвитку).

БІОСФЕРНІ ВІКНА – ділянки чистої, незабрудненої чи відносно мало забрудненої природи. Це переважно неосвоєні чи малоосвоєні господарською діяльністю території, а також об'єкти і території природно-заповідного фонду, землі лісового фонду, водного фонду, рекреаційні території. Вони можуть мати різні просторові масштаби – від глобальних (ландшафтні зони вологих екваторіальних лісів, арктичних та антарктичних пустель, тундри) і континентальних до регіональних і локальних.

БІОТА – історично сформований комплекс живих організмів (рослин, грибів, тварин, мікроорганізмів), які об'єднані загальною областю поширення та населяють певну територію, але не завжди екологічно взаємопов'язані.

БІОТЕСТУВАННЯ – метод визначення в екстремальних умовах токсичності будь-якого середовища або його здатності забезпечувати нормальне функціонування організмів за встановленими критеріями – показниками життєдіяльності тест-організмів. Як тест-організми середовища, використовують представників наземних або водних біоценозів, яких добирають, враховуючи критерії представництва цього середовища.

БІОТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ – випадкове чи пов'язане з діяльністю людини проникання чужорідних рослин, тварин і мікроорганізмів в екосистеми. Це може бути проникнення в навмисну чи випадкову інтродукцію організмів (коли нові види виявляються конкурентноспроможнішими і починають витісняти 'місцеві' види).

БІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ – генетично зумовлена здатність організмів, популяцій і структурних блоків екосистеми існувати в певному діапазоні екологічних умов. Завдяки складовим частинам екосистеми підтримується її структурно-функціональна організація. Для живих компонентів екосистеми еталонною можна вважати таку величину біотичного потенціалу, яка відповідає первинній екосистемі конкретної ділянки земної поверхні.

БІОТИЧНІ ЧИННИКИ – форми взаємовпливу живих істот. Наприклад, рослини в процесі фотосинтезу виділяють кисень, необхідний для дихання тварин, а в результаті дихання тварин в атмосферу надходить вуглекислий газ, потрібний рослинам для фотосинтезу. Існують такі форми біотичних відносин – конкуренція, хижацтво, паразитизм, аменсалізм, симбіоз, коменсалізм, мутуалізм та інші.

БІОТОП – ділянка земної поверхні з однаковими умовами рельєфу, кліматичними особливостями та іншими абіотичними чинниками (світло, тиск, рН середовища, механічні та фізико-хімічні властивості субстрату, мінеральні й органічні речовини), яку займає певне біотичне угруповання (біоценоз). Між біоценозом і біотопом, які разом становлять біогеоценоз,

існує тісна взаємодія, що базується на постійному обміні речовиною, енергією та інформацією.

БІОЦЕНОЗ – сукупність живих істот (рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів) у межах однієї екосистеми або біогеоценозу, взаємопов'язаних біотичними зв'язками і певним, створеним ними, біоценотичним середовищем.

БІОЦЕНОЛОГІЯ – наука про біоценози, їхній склад, будову, поширення, часову й просторову динаміку, особливості взаємовідносин між їхніми компонентами, корисні функції та охорону.

БІОЦИД – пестицид або отрутохімікат, призначений для знищення організмів, шкідливих з медичного, технологічного й екологічного погляду (гербіциди, фунгіциди, інсектициди, зооциди).

БОНІТУВАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – порівняльна якісна чи бальна оцінка природних ресурсів. Всі природні ресурси підлягають обліку та інвентаризації.

БУФЕРНІСТЬ ЕКОСИСТЕМ – здатність екосистеми протистояти антропогенним та іншим негативним впливам, зберігаючи свої основні властивості в безпечних межах.

БУФЕРНІСТЬ ПОПУЛЯЦІЇ – здатність популяції до компенсації втрат, зумовлених несприятливими змінами навколишнього середовища.

В

ВАЛЕНТНІСТЬ ЕКОЛОГІЧНА – ступінь пристосування організмів певного виду до зміни умов навколишнього середовища. Вимірюється діапазоном коливань параметрів навколишнього середовища, у межах яких може існувати той чи інший вид. Діапазон коливань екологічних чинників для певних видів обмежений мінімальними і максимальними значеннями, між якими знаходиться зона толерантності виду. Чим більший діапазон толерантності, тим краще вид пристосований до змін умов навколишнього середовища.

ВАРІАНТНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ – прогнози майбутньої екологічної ситуації залежно від характеристик природного чи антропогенного навантаження за допомогою експериментного, логічного або математичного моделювання.

ВАРТІСТЬ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – величина (у грошових одиницях), яка за розміром ренти, отриманої за рахунок експлуатації певного природного ресурсу вважається адекватною сумі, що буде отримана в банку як процент на внесок цієї величини (еквівалентність природного й фінансового капіталу).

ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ОРГАНІЗМІВ – вплив організмів один на одного. Розрізняють дві групи взаємовідносин: які не супроводжуються передачею речовин і енергії (синойкія), та які супроводжуються передачею речовин і енергії від одного організму до іншого (алелогонія).

ВИБУХ ПОПУЛЯЦІЙНИЙ – різке, багаторазове, як правило, відносно раптове збільшення чисельності особин у популяціях будь-якого виду, пов'язане з порушенням звичайних механізмів її регуляції.

ВИД – основна таксономічна категорія в біологічній систематиці.

ВИД АДВЕНТИВНИЙ – вид, що з'явився у певній місцевості або був інтродукований у біотоп, де раніше не траплявся.

ВИД ВИМИРАЮЧИЙ – вид, морфологічні властивості якого або особливості його поведінки не відповідають сучасним умовам середовища існування, а генетичні можливості подальшого пристосування вичерпані. Вид вимираючий заноситься до Червоної книги як одна із її категорій.

ВИД ЗНИКАЮЧИЙ – вид, що перебуває під загрозою повного вимирання, чисельність уцілілих особин якого недостатня для самостійного підтримання популяції в природних умовах, потребує спеціальних заходів охорони.

ВИД, ЯКИЙ ПОТРЕБУЄ ОХОРОНИ – вид тварин, рослин, грибів, якому відповідними юридичними аспектами заборонено завдавати шкоди шляхом знищення особин чи порушення середовища існування.

ВИД РЕЛІКТОВИЙ – вид, що зберігся у певній місцевості як залишок існуючої в минулій геологічній епосі флори чи фауни, яким нерідко бувають рідкісні і вимираючі види.

ВИД РІДКІСНИЙ – вид, що знаходиться під загрозою вимирання і зустрічається в малій кількості особин або популяцій на обмеженій території, в дуже специфічних місцезнаходженнях і може швидко зникати.

ВИД ШКІДЛИВИЙ – вид, що завдає шкоди господарству людини або викликає різноманітні захворювання. Вид шкідливий – поняття умовне, тому що один і той самий вид може бути економічно чи соціально небажаним в одному місці і корисним в іншому.

ВИДИ-АКУМУЛЯТОРИ – види, особини яких здатні до накопичення в організмі макро- та мікроелементів у концентраціях, що перевищують фонові.

ВИДИ ВІКАРУЮЧІ – систематично близькі, біологічно подібні види, що заміщують один одного територіально і мають суміжні ареали (вікаріат) або існують з іншими видами в межах однієї території, але у складі інших угруповань чи в різних умовах навколишнього середовища – на різних субстратах, висоті.

ВИДИ ДОМІНАНТИ – види, які переважають за чисельністю або біомасою у біотичному угрупованні (біоценозі).

ВИДИ РАРИТЕТНІ – сукупність організмів (популяцій) видів, що перебувають під загрозою зникнення. Мають вузький ареал, відносно невелику чисельність, низький біологічний потенціал.

ВИДОВА СТРУКТУРА – різноманітність видів у біоценозі, що виражається співвідношенням їх чисельності або маси. Видова структура біоценозу залежить від умов середовища. Види, які переважають чисельністю, є домінантними. Серед них вирізняють ті, які своєю життєдіяльністю найбільшою мірою створюють середовище для всього угруповання, і без яких існування інших видів неможливе – це види едифікатори.

ВИЖИВАННЯ – кількість особин (у відсотках), які збереглися в популяціях за певний інтервал часу.

ВИКИД – короткочасне надходження в навколишнє середовище будь-яких забруднювачів (хімічних елементів та їхні сполуки, такі фізичні чинники, як звук, вібрації, випромінювання світлове, теплове, іонізуюче, електромагнітне).

ВИКОРИСТАННЯ ЛАНДШАФТУ – система дій і заходів, спрямованих на організацію спеціального режиму користування ландшафтом для задоволення потреб суспільства та відновлення стану навколишнього середовища.

ВИСНАЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – зменшення кількості та зниження якості природних ресурсів під впливом господарської діяльності людини до рівня, коли порушується рівновага, що забезпечує стійкість природного середовища і життя на Землі, або коли добування й переробка ресурсів стають економічно нерентабельними. Глобальне виснаження деяких природних ресурсів може спричинити екологічну катастрофу. Основним запобіжним заходом є перехід на засади сталого розвитку.

ВИТРАТИ ЕКОЛОГІЧНІ – сумарні кошти, що їх витрачає підприємство на відшкодування споживання природних ресурсів та впливу на навколишнє середовище.

ВІДЕНСЬКА КОНВЕНЦІЯ ПРО ОХОРОНУ ОЗОНОВОГО ШАРУ – міжнародний правовий документ (1985), прийнятий в м. Відні (Австрія) і є першим міжнародним нормативним актом з охорони озонowego шару.

ВІДТВОРЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА – комплекс заходів, спрямованих на підтримання параметрів природних компонентів у межах сприятливих для здійснення ними своїх функцій. Основним принципом відтворення природного середовища є повернення геоекосистеми, що зазнала надмірного впливу і перебуває на межі деградації до здатності саморегулювання.

ВІКОВА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ – співвідношення у складі популяцій особин різних вікових груп (у тварин) і станів (у рослин). Відображають інтенсивність відтворення, рівень смертності, швидкість зміни поколінь.

ВОДА АТМОСФЕРНА – вода у рідкому чи твердому стані, що випадає з атмосфери на земну поверхню у вигляді опадів і бере участь у загальному кругообігу Земної кулі.

ВОДНА ЕКОСИСТЕМА – екосистема, у структурі і функціонуванні якої провідна роль належить воді як абіотичному компоненту середовища існування гідробіонтів.

ВОДНІ РЕСУРСИ – природні запаси вод річок, озер, боліт, водосховищ, льодовиків, морів і океанів, а також запаси підземних вод певної території, які використовуються або їх можна буде використовувати для потреб населення і різних галузей господарства.

ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ – ступінь відповідності потреби у воді фактичному забезпеченню водоспоживача, що виражається в одиницях об'єму.

ВОДООХОРОННА ЛІСОВА СМУГА – масивні та смугові лісові насадження, які виконують переважно водоохоронні функції. Розрізняють такі їх види: прируслові, призаплавні, привитокові, берегові.

ВОДООХОРОННІ ЗАХОДИ – комплекс компенсаційних заходів у басейнах річок, спрямованих на реалізацію вимог природоохоронного законодавства.

ВОДООХОРОННІ ЗОНИ – природоохоронні території регульованої господарської діяльності, які виокремлюють уздовж морів, навколо озер, водосховищ та інших водних об'єктів. Вони призначені для створення сприятливого режиму водних об'єктів, запобігання їх забрудненню, засміченню і вичерпанню, знищенню навколоводних рослин і тварин, а також зменшенню коливань стоку.

ВСЕСВІТНІЙ ФОНД ДИКОЇ ПРИРОДИ – міжнародна незалежна природоохоронна організація з питань збереження дикої природи. Діяльність фонду спрямована на охорону біорізноманіття, забезпечення збалансованого використання відновлюваних природних ресурсів, зменшення забруднення і запобігання застосуванню неефективних, шкідливих моделей споживання.

Г

ГАЗИ ВИХЛОПНІ – автомобільні гази (NO_2 , CO , SO_2 , свинець, вуглеводні та ін.), небезпечні для абіотичних (в першу чергу для людини) компонентів середовища. Сірчистий газ – порушує у рослин процес фотосинтезу, у людей і тварин зменшує резистентність організму, підвищує сприйнятливості до різних захворювань. Оксиди вуглецю викликають метгемоглобію, оксиди азоту мають подразнювальну дію.

ГАЗОСТІЙКІСТЬ – здатність біотичних об'єктів протистояти отруйній дії летких забруднювачів (оксиди сірки, азоту, галогени, органічні леткі сполуки). Найчастіше вивчають газостійкість рослин. Газостійкість буває пасивна (забезпечується морфо-фізіологічними бар'єрами); активна (пов'язана із здатністю рослин трансформувати в процесі метаболізму отруйні сполуки у менш отруйні або неотруйні).

ГАЛОФІЛИ – організми, які існують лише в умовах високої солоності середовища.

ГАЛОФІТИ – рослини, що ростуть на засолених ґрунтах.

ГАЛОФОБИ – організми, які живуть у прісному або слабосолоному середовищі.

ГАМЕРОФІЛИ – організми, які розширюють свій ареал завдяки діяльності людини через збільшення площ трансформованого екотопу.

ГЕЛІОТРОПІЗМ – здатність рослин набувати певного положення під впливом сонячного світла. Особливо виразно проявляється у соняшника, череди та деяких інших рослин.

ГЕЛІОФІЛЬНІСТЬ – ставлення організму до світла. Розрізняють рослини світлолюбні, тіньолюбні, тіньовитривалі і такі, які не потребують світла (наприклад, гриби та бактерії).

ГЕЛІОФІТИ – рослини, що потребують для свого розвитку багато світла й пристосовані до життя при повному сонячному освітленні (наприклад, злакові).

ГЕМЕРОФОБИ – організми, які зникли внаслідок впливу діяльності людини на природне середовище через зменшення площ природних екотопів.

ГЕНОФОНД – сукупність генів, наявних у певному угрупованні живих організмів, популяціях, групах популяцій, видах або вищих таксономічних категоріях. Основою генетичної цілісності популяції є наявність статевого процесу, який забезпечує можливість постійного обміну генетичною інформацією.

ГЕОГРАФІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ – частина географічної оболонки Землі, яка безпосередньо пов'язана з життям і діяльністю людини і є необхідною й постійно діючою матеріальною основою розвитку суспільства.

ГЕОЕКОСИСТЕМА – складна цілісна просторово-часова природна або природно-антропогенна система, елементи якої тісно взаємопов'язані характерними для них процесами тепло- і вологообміну, біогеохімічного кругообігу певними видами господарської діяльності.

ГЕОПАТОГЕННІ ЗОНИ - негативна дія токсичних елементів і різних фізичних полів земного і космічного походження.

ГЕТЕРОТРОФИ – організми, що живляться тільки органічними речовинами, які синтезують інші види. До гетеротрофів належать всі тварини, рослини – паразити, гриби, більшість мікроорганізмів, а також людина.

ГІПРОФІЛИ – наземні організми, пристосовані до проживання в середовищі з високою вологістю.

ГІДРОСФЕРА – сукупність усіх поверхневих водних об'єктів земної кулі, підземних вод, льодовиків і снігового покриву, включаючи воду атмосферну, яка об'єднана глобальним кругообігом речовин та енергії. Основний об'єм води гідросфери припадає на Світовий океан (96,4%), який вкриває 71% площі планети.

ГІДРОХОРИЯ – поширення плодів, насіння та інших зачатків рослин водними течіями або на об'єктах, що плавають. Характерна для рослин, що ростуть у воді або на берегах водойм (латаття, осока, стрілолист та ін.).

ГЛОБАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА КРИЗА – стан біосфери Землі, що загрожує порушенням самоорганізації глобальної екосистеми й руйнацією структурних і функціональних зв'язків, життєво важливих для існування її та суспільства. Характеризується не лише посиленням дії людини на природу, а й різким збільшенням впливу зміненої людськими природи на суспільний розвиток.

ГЛОБАЛЬНЕ ФОНОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ – забруднення природного середовища внаслідок перенесення забруднюючих речовин на відстань понад 1000 км від будь-яких джерел забруднення з подальшим надходженням їх до інших елементів середовища – літо-, гідро- та біосфери.

ГЛОБАЛЬНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ФОНД – міжурядова структура, створена на експериментальних засадах для сприяння міжнародній співпраці та фінансування діяльності, спрямованої на усунення глобальних екологічних загроз.

ГЛОБАЛЬНІ ЗМІНИ КЛІМАТУ – сукупність процесів внутрішньовікових, міжвікових і тривалих періодів змін глобальної кліматичної системи Землі.

ГОМЕОСТАЗ – здатність живих систем усіх рівнів складності підтримувати свої структурно-функціональні властивості в стані відносної стабільності чи динамічної рівноваги.

ГОМЕОСТАЗ ПОПУЛЯЦІЇ – здатність популяції підтримувати відносну стабільність і цілісність генотипної структури при зміні умов середовища.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМЕ РЕКРЕАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ – максимальна кількість відвідувачів на одиницю рекреаційної площі за проміжок часу, що не спричинює протягом тривалого періоду негативних наслідків у процесі рекреаційного природокористування.

ГРУНТ – верхній шар земної кори, що сформувався під впливом живих організмів і природних чинників та характеризується родючістю.

Д

ДЕГРАДАЦІЯ – занепад певної системи, перехід її з вищої стадії розвитку на нижчу, втрата раніше набутих властивостей, погіршення якості.

ДЕГРАДАЦІЯ ЛАНДШАФТІВ – природний або антропогенно зумовлений процес спрощення будови й погіршення властивостей ландшафту, який негативно позначається насамперед на його вразливих компонентах – біорізноманітті, ґрунті, поверхневих і ґрунтових водах. Особливістю деградації ландшафту є 'ланцюгове' поширення негативних змін ландшафтного різноманіття за межі його безпосередньої деградації.

ДЕГРАДАЦІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА – процес негативних змін середовища життя людини, зумовлених природними чинниками і різними формами антропогенної діяльності.

ДЕМУТАЦІЯ – зміна рослинності, спрямована на відновлення первинного стану фітоценозу після припинення дії збурювального чинника (одна із форм вторинної сукцесії).

ДЕПОПУЛЯЦІЯ – значне зменшення чисельності, видалення особин одного виду (людей, тварин, рослин), які займають певну територію, екотоп. Це явище негативного приросту населення, коли показник смертності перевищує показник народжуваності.

ДЕРЕВОСТАН – сукупність дерев, що є основним компонентом лісової екосистеми і утворює основний лісовий ярус. Ознаками деревостану є його склад, форма, походження, вік, повнота, бонітет, середня висота та діаметр дерев, запас деревини і клас її товарності.

ДЕРЖАВНА ЛІСОВА ОХОРОНА – спеціально уповноважена державна служба, що здійснює правозастосовні та правоохоронні функції у

сфері лісового господарства. Здійснює організацію наземної та авіаційної охорони лісів, контролює виконання заходів протипожежної безпеки, своєчасного виявлення та боротьби з лісовими пожежами, здійснює охорону лісів від самовільних вирубок, розкрадання, винищення та інших правопорушень, контролює виконання лісозаготівельних правил відпуску деревини на пні, сінокосіння, випас худоби.

ДЕРЖАВНИЙ ОБЛІК У ГАЛУЗІ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА – державна система реєстрації про кількісні та якісні характеристики навколишнього середовища і його окремих компонентів. Містить відомості про стан ґрунтів, вод, атмосферного повітря, лісів, тваринного і рослинного світу, природно-заповідного фонду та інших категорій і об'єктів особливої державної охорони про забруднення, фізичні і біотичні впливи на довкілля внаслідок діяльності суб'єктів господарювання, про стан пилогазоочисного устаткування та приладів для вимірювання екологічних параметрів, об'єктів.

ДЕРЖАВНІ КАДАСТРИ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – єдина державна система обліку кількісних, якісних та інших характерних природних ресурсів, обсягу, характеру та режиму їхнього використання.

ДИКА ПРИРОДА – території, на яких природа збереглася у своєму природному, 'дикому' стані.

ДИНАМІКА ЕКОСИСТЕМИ – зворотні або незворотні зміни екосистеми, які відбуваються під впливом зовнішніх чинників чи внутрішніх суперечностей у процесі її розвитку.

ДИНАМІКА ПОПУЛЯЦІЇ – часові зміни структури популяції, зумовлені внутрішньопопуляційними процесами і дією зовнішніх чинників.

ДОВКІЛЛЯ – багатозначне поняття, широко вживане у науково-природничому, суспільно-науковому і загальнокультурному контекстах, яке потребує уточнення відповідно до цілей конкретного дослідження.

ДОЗВІЛ (ЛІЦЕНЗІЯ) НА ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – офіційний документ, який засвідчує право підприємств, установ, організацій, громадян на спеціальне використання конкретних природних ресурсів у межах затверджених лімітів протягом визначеного дозволом строку.

ДОМІНАНТИ – види, що переважають (кількісно або за біомасою) в угрупованнях (фітоценозах), відрізняються енергією росту й розвитку, значно змінюють умови зростання, обмежуючи тим самим існування в угрупованні багатьох організмів.

ДОЩ КИСЛОТНИЙ – підкислений дощ (сніг), який утворюється при взаємодії з водяною парою, що є в атмосферному повітрі, промислових відходах.

Е

ЕВРИБІОНТИ – організми, що можуть жити при значних змінах умов середовища. Здатні витримувати великі коливання температури, солоності, жити на різних глибинах.

ЕВРИТЕРМНІ ОРГАНІЗМИ або евритерми – організми, здатні жити в умовах значних змін температури середовища (наприклад, вовк, горностаї, сокіл, сапсан, які поширені майже по всьому суходолу північної півкулі від субтропіків до крайніх широт).

ЕВРИТОПНІ ОРГАНІЗМИ – організми, що здатні жити в різних умовах середовища і мають широкий діапазон екологічної витривалості.

ЕДАФІЧНІ ЧИННИКИ – ґрунтові умови і чинники зростання рослин, від яких залежать стан і структура ценозу. Едафічні чинники розрізняють – фізичні, хімічні, біотичні.

ЕДИФІКАТОРИ – види рослин, які переважають у фітоценозі та формують відповідне середовище.

ЕКЗОСФЕРА – зовнішня оболонка атмосфери, найвіддаленіша від Землі (від 800 до 1600 км). Це область розсіювання. Земного тяжіння тут недостатньо, і йде витік газів у світовий простір.

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ – процес організації рекреаційної діяльності на засадах впровадження ідей збереження природного та історико-культурного середовища.

ЕКОЛОГІЧНА АМПЛІТУДА – межі пристосування виду чи угруповання до умов середовища.

ЕКОЛОГІЧНА КАТАСТРОФА – природна аномалія (тривала засуха, масовий мор худоби), яка виникає в результаті прямого або опосередкованого впливу господарської діяльності людини на природні процеси, що приводить до несприятливих екологічних та економічних наслідків і навіть загибелі населення певного регіону; аварія технічного пристрою (атомної електростанції), яка приводить до катастрофічних змін в природному середовищі, і, як правило, до масової загибелі живих організмів.

ЕКОЛОГІЧНА КРИЗА – напружені відносини людини й природи, які характеризуються невідповідністю розвитку продуктивних відносин і ресурсо-екологічними можливостями біосфери. Це криза, пов'язана з надмірним промислом великих хребетних тварин (50-100 тис. років тому) і сучасна криза, яка пов'язана з інтенсифікацією виробництва та порушенням рівноваги в екосистемах і відносинах людського суспільства з природою.

ЕКОЛОГІЧНА МЕРЕЖА – сукупність взаємопов'язаних природних об'єктів, переважно тих, що охороняються, які у межах фізико-географічного чи адміністративно-територіального простору доповнюють один одного і забезпечують екологічну стабільність. До складу мережі входять райони (ядра, біоцентри), що різняться значенням, функціями і концентрацією біорізноманіття, буферні зони, відновлювані зони, в яких природний рослинний покрив відновлюється до оптимального, а також екологічні коридори.

ЕКОЛОГІЧНА НІША – фізичний простір із властивими йому екологічними умовами, що визначають існування будь-якого організму; місце виду в природі, яке включає не лише положення його в просторі, а й функціональну роль у біогеоценозі та ставлення до абіотичних чинників

середовища існування. Екологічна ніша характеризує ступінь біологічної спеціалізації (адаптації) даного організму (популяції), зокрема його місце в ланцюгах живлення.

ЕКОЛОГІЧНА ПІРАМІДА – модель, яка відображає кількість особин, їх біомасу, вміщену в ній енергію, на кожному трофічному рівні екосистеми – продуцентів, консументів різного порядку і редуцентів. Розрізняють три типи екологічної піраміди – піраміду чисел, яка відображає чисельність організму; піраміду біомаси, яка характеризує загальну суху масу або іншу мірку кількості живої речовини; піраміду енергії, яка показує величину потоку енергії і продуктивність на наступних трофічних рівнях.

ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ – ступінь витривалості організмів або їх угруповань до дії чинників середовища, пристосованості їх до різноманітних умов середовища без морфологічних змін.

ЕКОЛОГІЧНА СМЕРТНІСТЬ – загибель особин у певних умовах середовища, що залежності від умов і стану популяції, часто приводиться в порівнянні з теоретичною мінімальною смертністю – постійною величиною, яка характеризує загибель особин в ідеальних (оптимальних) умовах, коли максимальна тривалість життя співпадає з фізіологічною тривалістю.

ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ – здатність екосистем протистояти дії абіотичних чинників і чинників біотичного середовища, включаючи антропогенні впливи. Часто її розглядають як екологічну рівновагу, тобто відносну стійкість видового складу живих організмів, їх чисельності, продуктивності, сезонних змін, біологічного кругообігу речовин. В основі екологічної стабільності лежить постійність біологічного кругообігу речовин, який в кожній конкретній екосистемі має особливості, що пов'язані з видовим складом і чисельністю організмів, їх типом метаболізму.

ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ – будь-які елементи, умови зовнішнього середовища, що здійснюють той чи інший вплив на живі організми. Екологічні чинники розрізняють – абіотичні, біотичні, антропічні (антропогенні).

ЕКОЛОГІЯ – наука, яка досліджує взаємозв'язки рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів та вірусів між собою та навколишнім середовищем. Термін «екологія» запропонував німецький вчений Ернст Геккель у 1866 р.

ЕКОЛОГІЯ ГЛОБАЛЬНА – наукова дисципліна, яка вивчає біосферу (екосистему), що охопила всю земну кулю. Основні завдання – вивчення антропогенних змін навколишнього середовища, обґрунтування методів його збереження і покращення в інтересах людства, виявлення закономірностей еволюції біосфери. Першочергове завдання – прогнозування змін біосфери в майбутньому.

ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН – розділ екології, що вивчає взаємодію і взаємозалежність між рослинними організмами й середовищем їх існування; взаємовідносини рослин і фітоценозів, а також фітоценозів і середовища.

ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН – розділ екології, що вивчає спосіб життя тварин у зв'язку з умовами їх існування та значення чинників навколишнього середовища для основних функцій тваринних організмів (живлення, розмноження, виживання, коливання чисельності).

ЕКОСИСТЕМА – природна чи створена людиною функціональна система: сукупність істот, пов'язаних між собою біотичними та іншими зв'язками, які взаємодіють між собою, утворюючи систему взаємозумовлених біотичних або абіотичних явищ і процесів, характеризуються відносно однорідним середовищем проживання. Основними властивостями екосистеми є її цілісність і відносна стійкість, що виявляється у здатності до саморегуляції і самовідновлення.

ЕКОСИСТЕМИ ЕТАЛОННІ – природні екосистеми, які можуть слугувати еталоном непорушених антропогенним впливом природних територіальних комплексів. Є зразком для обґрунтування заходів щодо поліпшення структурно-функціональної організованості різних типів денатуралізованих екосистем, можуть бути використані для порівняльних наукових досліджень природних і антропогенних змін у біогеоценотичному покриві. До таких систем належать у лісових зонах пралісові екосистеми, природні лучні та торфово-болотні екосистеми, у степовій зоні – природні степові екосистеми.

ЕКОСФЕРА – біогеоценотичний покрив планети, який складається із сукупності всіх біогеоценозів.

ЕКОТИП – група особин будь-якого виду, які пристосовані до певних умов існування і відрізняються від інших груп особин того самого виду, спадково закріпленими особливостями.

ЕКОТОН – ділянка на стику різних середовищ існування, зона переходу між середовищами існування різного типу (наприклад, узлісся).

ЕКОТОП – сукупність природних абіотичних чинників, яка характеризує певну однорідну ділянку Землі.

ЕНДЕМІКИ – види організмів, а також таксони вищих рангів, поширені лише на окремій території. Залежно від розміру такої території розрізняють ендеміки – локальні, вузькорегіональні, широкорегіональні, плуррегіональні та ін. Ті ендеміки, які поширені лише в межах однієї країни називаються національними.

ЕПФІТИ – рослини, що оселяються на інших видах рослин, проте не використовують їх як джерело живлення. Мають спеціальні пристосування для добування поживних речовин і води з навколишнього середовища. Прикріплюючись до інших рослин, вони мають достатню кількість вологи, тепла, освітлення для свого розвитку.

ЕПФІТОТІЯ – масовий розвиток інфекційної хвороби рослин на певній території, спричинений активністю патогенів, якими можуть бути гриби, бактерії, віруси.

ЕФЕМЕРИ – однорідні трав'янисті рослини, які проходять певний цикл розвитку за дуже короткий період року. Час проростання, тривалість життя, а також розміри рослин дуже варіюють залежно від природних умов.

Є

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЧЕРВОНИЙ СПИСОК ТВАРИН ТА РОСЛИН, що перебувають під загрозою зникнення та рекомендація щодо його застосування – документ, схвалений Європейською економічною комісією на 46-й сесії (1991). Містить перелік таксонів фауни і флори, яким загрожує зникнення у світовому масштабі. Входять – 60 видів ссавців, 28 – птахів, 37 – рептилій, 19 – амфібій, 38 – прісноводних риб, 238 – безхребетних і близько 4500 судинних рослин.

ЄМНІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ БІОТИЧНА – міра здатності екосистеми акумулювати певну кількість перетвореної на ресурси енергії, необхідної для підтримання структурного різноманіття біотичного угруповання.

Ж

ЖИВА РЕЧОВИНА – сукупність живих організмів, які населяють Землю і нерозривно зв'язані з біосферою як невід'ємна її частина і функція.

ЖИВА СИСТЕМА – система, здатна до розвитку, гомеостазу, саморегуляції та самовідтворення.

ЖИТТЄВА ФОРМА – сукупність видів рослин або тварин (як близьких за систематикою, так і далеких), з подібним зовнішнім виглядом (габітусом), що виробився під впливом екологічних чинників і спадково закріпився. Термін життєва форма запропонував датський ботанік Е. Вармінг (1884).

ЖИТТЄВИЙ ПРОСТІР – реальне просторове поле взаємодії природи й суспільства, на яке поширюється сфера впливу людини.

ЖИТТЄВІСТЬ – ступінь стійкості живих організмів стосовно умов зовнішнього середовища.

ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ – узагальнена назва сукупності процесів, пов'язаних з біологічною та соціальною діяльністю людини.

З

ЗАБОЛОЧУВАННЯ ҐРУНТУ – процес підвищення вологості ґрунтів під впливом постійного перезволоження в умовах застою води на поверхні, що призводить до утворення різних видів заболочених і болотних ґрунтів.

ЗАБРУДНЕННЯ – надходження до природного середовища або утворення в ньому твердих, рідких, газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергії у кількості, що зумовлює зміну складу і властивостей компонентів природи і є шкідливою для людини, флори і фауни. Збільшення концентрації фізичних, хімічних, біологічних чи біотичних агентів у навколишньому середовищі, що може спричинювати негативні наслідки.

ЗАБРУДНЕННЯ АНТРОПОГЕННЕ – забруднення природного середовища внаслідок господарської і побутової діяльності людини, яке призводить до негативних порушень, складу та структури екосистеми. Проявляється у формі привнесення у середовище забруднюючих речовин, антропогенного походження або як збільшення багаторічного рівня їх концентрації, що спричиняє негативний вплив на людину і живі організми.

ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ – зміна складу і властивостей атмосферного повітря внаслідок надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних чинників, хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього середовища. Природні джерела – виверження вулканів, лісові пожежі, пилові бурі, процеси вивітрювання. Антропогенні – викиди від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, випромінювання тощо.

ЗАБРУДНЕННЯ БІОЛОГІЧНЕ (БІОТИЧНЕ) – випадкове або пов'язане з діяльністю людини проникнення в екосистему сторонніх їй видів тварин чи рослин.

ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ – комплекс різноманітних впливів на біосферу внаслідок виробничої діяльності суспільства, які зумовлюють несприятливі зміни в глобальній екосистемі та загрожують існуванню живих істот і здоров'ю людини.

ЗАБРУДНЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНЕ (мікробне) – поява дуже великої кількості мікроорганізмів, що пов'язано з масовим їх розмноженням на антропогенних субстратах, або в середовищі, зміненому в результаті господарської діяльності людини.

ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНЕ або забруднення, викликане будь-якими природними причинами незалежно від впливу людини на природні процеси (наприклад, виверження вулкану, пилові бурі, урагани і т.д.).

ЗАБРУДНЕННЯ РАДІОАКТИВНЕ – форма фізичного забруднення, пов'язана з перевищенням природного рівня вмісту в середовищі радіоактивних речовин.

ЗАБРУДНЕННЯ ТЕПЛОВЕ – форма фізичного антропогенного забруднення, яке виникає внаслідок підвищення температури середовища, головним чином у зв'язку з промисловими викидами нагрітого повітря, гарячих газів і теплої води, або як вторинний наслідок зміни хімічного складу середовища.

ЗАБРУДНЕННЯ ФІЗИЧНЕ – забруднення середовища, пов'язане із зміною його фізичних параметрів: температурно-енергетичних (забруднення теплове), хвильових (забруднення світлове, шумове, електромагнітне), радіаційних (забруднення радіаційне) тощо.

ЗАБРУДНЕННЯ ХІМІЧНЕ – забруднення пов'язане зі зміною природних хімічних властивостей середовища, а також проникнення в середовище хімічних речовин, яких у ньому не було або в концентраціях, що перевищують норму.

ЗАБРУДНЮВАЧІ (ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ) – природні або антропогенні фізичні агенти, хімічні речовини, які потрапляють у природне середовище або виникають у ньому в кількостях, що перевищують межі звичайних граничних коливань чи середнього природного фону за певний відрізок часу, або перебувають у ньому в кількостях, що перевищують показники, допустимі для конкретних цілей.

ЗАГРОЗА БІОРІЗНОМАНІТТЮ – природні чи антропогенні чинники, що можуть призвести або вже призводять до збіднення чи знищення різноманітності проявів життя на внутрішньовидовому,

видовому чи екосистемному рівнях. Йдеться насамперед про зростання ризику вимирання рідкісних видів організмів внаслідок діяльності людини, яка завдає шкоди природі.

ЗАКАЗНИК – категорія природно-заповідного фонду України, щодо якої законодавство встановлює особливий режим охорони, відтворення й використання.

ЗАКОН ДЕСЯТИ ВІДСОТКІВ (закон Ліндемана) – закономірність, згідно з якою з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить у середньому не більше 10-20% енергії біомаси. У збалансованих екосистемах цей закон не веде до несприятливих наслідків.

ЗАКОН МІНІМУМУ ЛІБІХА – закон, згідно з яким відносна дія окремого екологічного чинника тим сильніша, чим більше він знаходиться в порівнянні з іншими екологічними чинниками в мінімумі. За Лібіхом – від речовини, концентрація якої є в мінімумі, залежить ріст рослин, величина і стійкість їх урожаю.

ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТІ ШЕЛФОРДА – закон, згідно з яким чинником, що лімітує процвітання організму (виду), може бути як мінімум, так і максимум екологічного чинника, діапазон між якими визначає величину толерантності (витривалості) організму до цього чинника. Цей закон відкритий у 1913 році.

ЗАПОВІДНИК – територія (акваторія), яка особливо охороняється і повністю виключена з будь-якої господарської діяльності (в т.ч. відвідування людьми) з метою збереження еталонів природи.

ЗАПОВІДНИК БІОСФЕРНИЙ – територія природно-заповідного фонду України загальнодержавного значення. Створюється з метою збереження у природному стані типових природних комплексів, здійснення фонових екологічних моніторингу, вивчення навколишнього природного середовища, його змін під дією антропогенних чинників. До біосферних заповідників відносяться – Асканія-Нова, Дунайський, Карпатський, Чорноморський.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРИЗНОМАНІТТЯ – система правових, організаційних, економічних, фінансових, матеріально-технічних, освітніх та інших заходів, спрямованих на охорону, відтворення і використання екосистем, видів тварин і рослин та місць їх знаходження, а також елементів ландшафтів.

ЗЕЛЕНА ЗОНА – позаміська система зелених насаджень, що виконує санітарно - екологічні та рекреаційні функції.

ЗЕЛЕНА КНИГА УКРАЇНИ (ЗКУ) – державний документ, у якому зведено відомості про сучасний стан рідкісних, зникаючих і типових природних рослинних угруповань, що потребують охорони.

ЗОНА АРИДНА – ландшафтні зони з недостатнім зволоженням. За умов, коли випаровування перевищує кількість опадів, у цих зонах, як правило, немає лісової рослинності, біологічна продуктивність низька.

ЗОНА БУФЕРНА – земельна або екваторіальна зона охоронна з природним або частково зміненим станом ландшафту. Прилягає безпосередньо до ціннішої природоохоронної території і створює перепону

для зовнішніх негативних чинників, в т.ч. антропогенних. Це територія навколо природних ядер, біоцентрів, уздовж екологічних коридорів та найцінніших ділянок інших елементів екомережі.

ЗОНА ВОДООХОРОННА – природоохоронна територія регульованої господарської діяльності, що встановлюється вздовж річок, морів та навколо озер, водосховищ для створення сприятливого режиму водних об'єктів, запобігання їх забрудненню, засміченню й вичерпанню, знищенню навколо водних рослин і тварин, а також зменшенню коливань стоку.

ЗОНА ГУМІДНА – узагальнююча назва ландшафтних зон із достатнім і надлишковим зволоженням.

ЗОНА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ – зона на поверхні суходолу або в акваторіях океану, де людська діяльність може привести до небезпечних екологічних ситуацій з катастрофічними наслідками.

ЗОНА ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦІЙНА – територія, що включає озеленені ділянки, водні простори та інші сприятливі елементи природного ландшафту в межах забудови населеного пункту та його приміської зеленої зони. До її складу входять: парки, сади, лісо- та гідропарки, міські ліси, пляжі, а також охоронні ландшафти, землі сільськогосподарського використання та інші угіддя, які формують систему відкритих просторів; позаміські зони масового короточасного й тривалого відпочинку, курортні території, ділянки установ громадського обслуговування відпочиваючих.

ЗОНА САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ – територія, де запроваджується особливий санітарно-епідеміологічний режим з метою охорони та збереження природних об'єктів чи комплексів.

ЗОНА СЕЛІТЕБНА – територія, що включає ділянки житлової забудови різних типів та громадські забудови установ і підприємств громадського обслуговування населення, адміністративно-управлінських, правоохоронних, медичних, торгівельно-підприємницьких, спортивних та інших закладів.

ЗОНА СПОКОЮ – ділянка лісових, мисливських і рибальських угідь та інших природних ландшафтів, на якій обмежена господарська та рекреаційна діяльність людини для запобігання втручанню у перебіг природних процесів.

ЗООЦЕНОЗ – сукупність тваринних організмів, що входять до складу біоценозу.

I

ІМПЕРАТИВ ЕКОЛОГІЧНИЙ – вимога враховувати в господарській діяльності людини природні закони та обмеження, а також не перевищувати межі екологічної ємності природних екосистем.

ІМУНІТЕТ – активно чи пасивно набута здатність до захисту організму та підтриманні його гомеостазу, специфічно спрямована проти імуногенних чинників, як мають ознаки генетичної чужорідності. Розрізняють вроджений та набутий імунітет.

ІНВАЗІЯ – зараження організму тваринами-паразитами; включення в угруповання нових, не характерних для нього видів; вторгнення у будь-яку місцевість не характерних для неї видів живих організмів.

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – систематизований облік кількості, якості, динаміки запасів та інших характеристик усіх природних ресурсів певної території, а також відомостей про обсяг, характер, форми і ступінь їх використання; складова державних кадастрів природних ресурсів і державної системи моніторингу довкілля.

ІНДИКАТОР ЗАБРУДНЕННЯ – індикатор, що сигналізує наявність, нагромадження або зміну кількісного чи якісного складу забруднювачів у навколишньому середовищі. Індикатор забруднення може мати біологічну (певні види рослин і тварин, фізіологічний стан і властивості яких вказують на характер і ступінь зміни якості природного середовища їх існування під впливом різноманітних забруднень), хімічну (речовини або реакції, що змінюють свої хімічні властивості під впливом певних забруднювачів) або фізичну (речовини або процеси, які змінюють свої фізичні параметри під впливом забруднювачів) природу.

ІНДИКАТОР УМОВ СЕРЕДОВИЩА – організми або угруповання, що вказують на стан зовнішнього середовища, його фізичні, хімічні, біологічні чинники, їх інтенсивність, режим, ступінь зміни.

ІНДИКАТОРНІ РОСЛИНИ – рослини, яким властива різко виражена пристосованість до певних умов навколишнього середовища і які є виразниками цих умов. Так, наявність хвоща, редьки дикої, папороті, вересу свідчить про кислу реакцію ґрунтового розчину; дуб, акація, шипшина - нейтральну; содник - про засоленість ґрунту хлоридами; знаходження у складі лісових фітоценозів анемони дібрової, свідчить про багатий вміст у ґрунті вапна.

ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ РЕСУРС – сукупність усіх видів природних ресурсів як чинників життя суспільства в поєднанні з матеріальними і трудовими ресурсами.

ІНТРОДУКЦІЯ – переселення особин окремих видів рослин і тварин за межі їх ареалів і адаптація їх до нового середовища життя, початковий етап акліматизації.

К

КАДАСТР – система обліку та економічної оцінки земель і земельних ділянок, кількісного і якісного стану територій та окремих об'єктів природно-заповідного фонду, природних ресурсів, водних об'єктів, родовищ і проявів корисних копалин, тваринного і рослинного світу, лісового фонду тощо.

КАНЦЕРОГЕНИ або канцерогенні речовини – сполуки різної хімічної природи, які під час дії на організм здатні зумовлюють розвиток пухлин або збільшення частоти і прискорення їх появи. Розрізняють ендогенні та екзогенні канцерогени. Прояв дії канцерогенів залежить від ступеня еволюційного розвитку живих організмів, які не лише зазнають

їхнього впливу, а й самі відіграють різну роль у циркуляції цих сполук, беручи участь у їх утворенні, поширенні, накопиченні та розкладанні.

КАРТИ ЕКОЛОГІЧНІ – карти, що відображають певні природні властивості компонентів природи або ландшафтів у цілому та наслідки взаємодії соціально-економічних і природних систем, характеризують їх екологічний стан і у зв'язку з цим – якість умов існування живих організмів і людини. Розрізняють їх типи: інвентаризаційні, оцінювальні, прогнозні та рекомендаційні.

КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНЕ – сукупність і поєднання процесів, етапів, методик тематичного, технологічного і екологічного спрямування, що мають своїм завданням отримання кінцевого результату – створення екологічних карт.

КАТАКЛІЗМИ – раптовий переворот, катастрофа, природна аномалія, що спричинює важкі екологічні та соціально-економічні наслідки (землетрус, виверження вулкану, цунамі, екстремальний паводок; несподівана зміна структури угруповання внаслідок її порушення під впливом зовнішніх природних чи антропогенних чинників середовища); аварія на інженерно-технічному об'єкті (атомній електростанції, хімічному підприємстві, дамбі водосховища), що спричинює масштабні несприятливі зміни природного середовища, масову загибель живих організмів і людей, великі економічні втрати. Сюди також відносять такі аномалії як тривалі посухи або дощі, масову загибель тварин, рослин, населення. Катаклізми мають глобальні негативні екологічні наслідки.

КАТАСТРОФА ЕКОЛОГІЧНА – великомасштабна природна аномалія або аварія, спричинена господарською діяльністю людей, яка призводить до негативних змін середовища та до масової загибелі живих організмів, а також до значних матеріальних збитків. Виникає внаслідок сильного прямого або опосередкованого антропогенного впливу на ландшафти, а також дії негативних і небезпечних природних явищ.

КАТАСТРОФІЧНІ ЗМІНИ – зміни угруповань екосистем, викликані катастрофічними природними (виверження вулканів, пожежі, зсуви) або антропогенними (розорювання, вирубка) чинниками.

КИСЛОТНИЙ ДОЩ – антропогенне забруднення атмосфери викидами двоокису сірки та окисами азоту. Має рН менше 5,6.

КЛІМАКС ЕКОЛОГІЧНИЙ – стабільна кінцева стадія розвитку екосистеми, що найбільше відповідає умовам певної місцевості.

КОЛОНІЯ ОРГАНІЗМІВ – група особин одного виду, іноді кількох видів, що живуть разом, маючи від такого проживання певну вигоду (колективний захист від хижаків, близькість до місць добування корму тощо). Характерна для колоніальних птахів (чайок, граків, ластівок), для багатьох водних організмів (колонія коралів).

КОМЕНСАЛІЗМ – особлива форма взаємин між двома видами тварин, коли один з них (коменсал) користується окремими перевагами за рахунок іншого, не завдаючи йому прямої шкоди.

КОМПОНЕНТ ЕКОЛОГІЧНИЙ – основні матеріально-енергетичні складові екологічних систем - енергія, газовий склад, інформація та ін.

КОНВЕНЦІЯ – тип сучасного правового міжнародного документу, який визначає умови співпраці країн та організацій щодо певного об'єкта чи типу діяльності. Одним з важливих напрямів такого правового регулювання є екологічний.

КОНКУРЕНЦІЯ – суперництво за обмежені життєво необхідні ресурси між особинами одного або різних видів. Може виникати за простір, їжу, світло. Існує внутрішньовидова, міжвидова, пряма та опосередкована конкуренція.

КОНСОРЦІЯ – структурна одиниця біоценозу, яка об'єднує автотрофні та гетеротрофні організми на основі просторових, харчових або таких зв'язків, що пов'язані з пересуванням.

КОНСУМЕНТИ – організми, які живляться органічними речовинами, синтезованими автотрофними організмами, безпосередньо або через інші організми у процесі живлення, на відміну від редуцентів, не розкладають органічні речовини до простих мінеральних складових. Усі консументи гетеротрофи.

КОНТРОЛЬ ЗА НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ – спостереження за станом і змінами важливих для людини та біоценозу характеристик: складу повітря, якості води, рівня радіації тощо; порівняння одержаних даних з стандартними характеристиками; виявлення джерел шкідливого впливу на ці характеристики та інформація органів управління про стан навколишнього середовища.

КРИЗА ЕКОЛОГІЧНА – якісна зміна системних параметрів природного середовища, його біологічних, фізичних, хімічних компонентів, що призводить до порушення природних умов життєдіяльності людини. Розрізняють два типи кризи: 1) спричинена природними процесами; 2) спричинена діяльністю людини. Природні процеси: підземні, наземні, космічні катаклізми (землетруси, виверження вулканів, урагани, повені, метеоритні вибухи, удари комет); відносини конкурентного характеру, коливання чисельності видів, зміни домінантних видів. Другі - антропогенні - результат потужного впливу людини на довкілля, що порушує природну динамічну рівновагу.

КРИТИЧНІ ВИДИ – види, які перебувають під критичною загрозою, тобто мають дуже високий ризик зникнення в природі у найближчий час згідно з будь-яким критерієм, визначеним Міжнародним союзом охорони природи та природних ресурсів.

КРІОФІТИ – холодостійкі рослини, можуть нормально розвиватися при порівняно низьких температурах. Ростуть в холодних, але сухих місцях - на сухих ділянках тундри, кам'янистих смугах і обвалах, у високогірних холодних пустелях.

КСЕНОБІОТИК – будь-яка чужорідна для організму або угруповання організмів речовина, яка може спричинити порушення природних процесів у біосфері, у т.ч. захворювання і загибель живих організмів.

КСЕРОФІЛИ – організми, що пристосувалися до життя в безводних місцевостях (пустелях, напівпустелях, сухих степах). Одні ксерофіли

задовольняються запасами води, що міститься в їжі, другі - метаболічною водою, треті пристосувались до тривалого перебування без води. Наприклад, черепахи, тушканчики, ховрахи, курдючні вівці, верблюди.

КСЕРОФІТИ – рослини посушливих місць, що пристосовані до життя в умовах тривалої атмосферної і ґрунтової посухи. Ксерофіт має спеціальні пристосування, які перешкоджають випаровуванню води і запобігають перегріванню рослини, ростуть вони переважно в степах, пустелях, напівпустелях. Наприклад, ковила, астрагал, типчак, молодило.

КУЛЬТУРНІ ЕКОСИСТЕМИ – екосистеми, створені людиною або такі, що перебувають під її інтенсивним впливом. Розрізняють: окультурені екосистеми, з певною метою змінені людиною (ліс, перетворений в лісопарк); напівкультурні екосистеми - штучно створені, але нерегульовані людиною (штучні лісові насадження); культурні екосистеми - штучно створені й постійно підтримуються людиною в процесі їх експлуатації (сади, чайні плантації); декоративні екосистеми (парки, сквери); агроекосистеми - однорічні і дворічні просапні культури, склад і ґрунтові умови в яких регулюються людиною. До культурних екосистем належать також міста, населені пункти, водосховища, сміттєзвалища та інші об'єкти, створені людиною в природних ландшафтах.

КУМУЛЯЦІЯ – збільшення в біогеоценозах концентрації різних реагентів, які є забруднювачами, та зростаюче накопичення хімічних елементів і речовин в організмах внаслідок тривалого надходження з їжею і при диханні. Збільшення концентрації зумовлює слабка трансформація речовин в екосистемах і уповільнене виведення з організму. Кумуляція може призводити до деградації біогеоценозів, вона властива свинцю, алюмінію, радіоактивним елементам, солям важких металів, органічним сполукам. При постійній значній концентрації забруднювачів у природному середовищі кумуляція зростає на кожному наступному вищому рівні ланцюга живлення.

Л

ЛАБІЛЬНІСТЬ – нестійкість організму проти змін зовнішнього і внутрішнього середовища.

ЛАНДШАФТ або КРАЄВИД – комплексне земне приповерхнєве макроорганізоване тіло, закономірно утворене взаємопроникними, взаємозалежними і взаємодіючими матеріальними складовими – природними геокомпонентами і створеною людиною різноманітною селитебною та виробничо-технічною інфраструктурою.

ЛАНДШАФТ ПЕРЕТВОРЕНИЙ – ландшафт, що зазнав незворотних змін через значний антропогенний або природний вплив, унаслідок чого його ландшафтний інваріант набув нових рис, відмінних від первинних природних.

ЛАНЦЮГ ЖИВЛЕННЯ – послідовність груп організмів, пов'язаних харчовими відносинами типу їжа-споживач, що створює певну послідовність у передачі речовини та енергії.

ЛАТЕНТНИЙ СТАН – стан живого організму, за якого значно уповільнюються всі фізіологічні процеси, обмін речовин мінімальний, прояви життя не помітні.

ЛЕТАЛЬНА ЗОНА – доза будь-якого хімічного або фізичного агента, дія якого на живі організми призводить до їхньої загибелі.

ЛІМІТУЮЧІ ЧИННИКИ – нестача або надлишок певного чинника, що обмежує можливість нормального існування виду чи популяції. Лімітуючими чинниками можуть бути світло, вода, тепло, хімічні речовини, а також забруднення середовища.

ЛІС – елемент географічного ландшафту, що складається із сукупності деревних, чагарникових, трав'янистих та інших рослин, включаючи тварин і мікроорганізми, які впливають один на одного, взаємодіють між собою і з навколишнім середовищем. Ліс є найскладнішим і найпотужнішим рослинним угрупованням, важливою складовою біосфери, елементом географічного ландшафту, акумулятором живої речовини на планеті.

ЛІСИ РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧІ – природні або штучно створені ліси, що виконують переважно рекреаційні, санітарні, гігієнічні та оздоровчі функції. Використовують для різних видів відпочинку населення, туризму, заняття спортом і санаторно-курортного лікування. До них відносять: міські ліси, лісопарки, лісопаркові зелені зони.

ЛІСОВА ПАТОЛОГІЯ – порушення нормального стану лісових дерев і насаджень внаслідок дії різних чинників: абіотичні (мороз, посуха, пізні весняні й ранні осінні заморозки, зимові відлиги, коливання рівня ґрунтових вод, вітровали, сніголами), біотичні (генетичні порушення, збудники вірусних, бактеріальних, грибкових хвороб, нематоди, паразитичні рослини, комахи-фітофаги, безхребетні та хребетні тварини), антропогенні (рекреаційне навантаження, промислове забруднення повітря, ґрунту, вод, коливання рівня ґрунтових вод внаслідок промислової діяльності, забруднення ґрунту побутовими стоками та стоками з полів, що містять залишки агрохімікатів і пестицидів).

ЛІСОВА ТИПОЛОГІЯ – вчення про взаємозв'язки із середовищем, в основі якого лежать дослідження лісових екосистем. Є теоретичною базою лісівництва.

ЛІСОВІ УГРУПОВАННЯ – система автотрофних та гетеротрофних організмів, які взаємодіють в умовах лісового середовища та диференційовані за екологічними нішами лісової екосистеми. Функціонування залежить від взаємовідносин популяцій тварин, рослин і мікроорганізмів та місця їхнього існування.

ЛІСОПАРК – природний впорядкований ліс, призначений для відпочинку населення і організований у конкретну ландшафтно-планувальну систему за допомогою постійної реконструкції насаджень. Залежно від видів рекреаційних впливів та наявності унікальних об'єктів виділяють лісопарки загального типу, або прогулянкові, поліфункціональні, спеціалізовані: історико-меморіальні, курортні, спортивні. Лісопарки поділяють на дві групи: в межах міської забудови та за містом на відстані до 200 м, вони забезпечують поліпшення стану

міського середовища, підвищують його архітектурно-художню функцію та органічно поєднують міський і природний ландшафт.

ЛІСОРОСЛИННІ УМОВИ – комплекс абіотичних, біотичних і антропогенних чинників, які зумовлюють функціонування рослинних компонентів лісової екосистеми.

ЛІТОСФЕРА – верхня тверда оболонка Землі (50-200 км), яка включає земну кору (30-60 км) та верхню мантію Землі.

ЛІТОФІТИ – рослини, що ростуть безпосередньо на камінні, скелях. Включають судинні рослини, лишайники, мохи, деякі види синьо-зелених водоростей, вони спричиняють механічне і хімічне руйнування гірських порід.

М

МАКРОКЛІМАТ або клімат значних географічних просторів – від географічного району, ландшафту до планети в цілому. Закономірності макроклімату відображені на кліматичних картах світу.

МАКРОРЕЛЬЄФ – великі форми земної поверхні, створені переважно ендегенними процесами за участю екзогенних. Це гірські хребти, міжгірні западини, плато, великі вулканічні конуси.

МАКРОФАУНА (грунту) – крупні тварини (від 10 міліметрів до кількох сантиметрів) - личинки комах, багатоніжки, дощові черв'яки, мокриці, вовчок тощо.

МЕГАФАУНА (грунту) – великі землерийні тварини, в основному ссавці, що все своє життя проводять в ґрунті (кроти, сліпаки, сліпушки, цокори тощо).

МЕЗОРЕЛЬЄФ – рельєф, утворений середніми за розмірами формами, який займає проміжне місце між макрорельєфом і мікрорельєфом. До нього належать долини малих річок, балки, невеликі відгалуження хребтів, горби і вали, дюни і бархани, грязьові вулкани, кар'єри, дамби, дорожні виїмки тощо.

МЕЗОФІЛИ – організми, що пристосувались до життя в умовах середньої вологості повітря і ґрунту з оптимальною температурою +20°.. +30°С. Мезофіли займають проміжне місце між теплолюбними і холодостійкими організмами. Переважають в помірному поясі (косуля, рябчик, саламандра, тритон, горностай, полівка-економка та ін.).

МЕЗОФІТИ – рослини, що живуть в умовах середнього зволоження. Є проміжною групою між ксерофітами і гігрофітами. Переважають у помірній зоні, досить поширені також у тропіках. До мезофітів належать листяні дерева, лучні рослини, багато лісових трав'янистих рослин, бур'яни та більшість культурних рослин. Своєрідну групу мезофітів становлять ефемери та ефемероїди.

МЕРЕЖА ЕКОЛОГІЧНА – система просторово пов'язаних біотопів на місцевому, регіональному чи іншому рівнях, яка має певний правовий статус і спрямована на відновлення природного каркасу території.

МЕТАБОЛІЗМ ЕКОЛОГІЧНИЙ – процес надходження до екосистеми речовини й енергії та їх біологічного і хімічного перетворення у трофічних ланках.

МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО – сфера суспільного виробництва, основними завданнями якого є охорона, використання та відтворення мисливських тварин, надання послуг мисливцям щодо здійснення полювання, розвиток мисливського спорту.

МИГРАЦІЯ РАДІОНУКЛІДІВ – періодичне чи безперервне, горизонтальне чи вертикальне переміщення в ґрунті, в рослині чи тварині радіоактивних елементів.

МІЖНАРОДНА СПІЛКА ОХОРОНИ ПРИРОДИ (МСОП) – одна з найбільших природоохоронних мереж - організацій у світі. Заснована 1948 р. як Міжнародна спілка захисту природи.

МІКРОБІОЦЕНОЗ – сукупність популяцій різних видів мікроорганізмів, які живуть у певному біотопі (бактерії, гриби, актиноміцети, мікроскопічні водорості).

МІКРОКЛІМАТ – клімат певної території, що формується у приземному шарі повітря під впливом неоднорідності підстильної поверхні.

МІНЕРАЛІЗАЦІЯ – процес розпаду органічних сполук до вуглекислоти, води та солей.

МІСЬКА ЕКОСИСТЕМА або урбоекосистема – функціональна єдність живих компонентів міста (рослинних, тваринних, мікробних, грибних).. середовища їхнього існування та процесів, що відбуваються внаслідок їх взаємодії між собою та з іншими компонентами міської геосоціосистеми.

МОНІТОРИНГ – система тривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану та змін будь-яких об'єктів, параметрів і процесів.

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИЙ – система спостережень, збирання, опрацювання, передачі, аналізу, прогнозування і збереження інформації про стан навколишнього середовища та зміни його природних компонентів, ресурсів і процесів з метою раціонального природокористування і природовідтворення.

МОНОКАРПІЧНІ РОСЛИНИ – рослини, які цвітуть і плодоносять раз у житті і після плодоношення гинуть. До них належать всі однорічні (жито, пшениця, льон), дворічні (буряк, петрушка, морква) рослини з багаторічних - деякі агави, бамбуки, пальма тощо.

МОНОЦЕНОЗ – рослинне угруповання, що складається з одного виду рослин. Наприклад, зарості очерету, ліщини, ожини, обліпихи та ін.

МОРТМАСА – складова біогеоценозу, утворена мертвою органічною речовиною, що становить неживий біогенний покрив, яку вимірюють відношенням одиниці маси до одиниці площі або об'єму. Належать залишки мертвих тварин, рештки змертвілих рослин (сухостій у деревостанах, підстилка з опалого листя і трави, повалені стовбури і скинуті на поверхню землі гілки висохлих дерев та кущів, відклади у

вигляді торфу, а також детрит, який має мішане рослинно-тваринне походження).

МУТАГЕН – чинник, що призводить до виникнення мутацій.

МУТАЦІЯ – раптова спонтанна або спричинена штучно успадкована зміна генетичного матеріалу, яка супроводжується зміною певної ознаки. Будь-яка зміна у послідовності основ молекули ДНК. Мутації поділяють на: генеративні і соматичні, ядерні і цитоплазматичні, генні, хромосомні й геномні, домінантні й рецесивні, морфологічні, біохімічні, летальні, спонтанні та індуковані. Найпоширенішими мутаціями є генні, які зумовлюють найрізноманітніші зміни ознак.

МУТУАЛІЗМ – форма симбіозу, за якої співіснуючі організми є корисними один для одного.

Н

НАВАНТАЖЕННЯ АНТРОПОГЕННЕ – показник величини постійного узагальненого впливу людської діяльності на біогеоценозні, ландшафтні, зональні, гірські, океанічні, інші екосистеми та на біосферу загалом, які зумовлюють певні зміни у їхній структурно - функціональній організації. Навантаження розрізняють – техногенне, зоогенне, хімічне, механічне, аграрне, рекреаційне.

НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ (ДОВКІЛЛЯ) – навколишнє щодо людини, групи людей чи суспільства середовище, в якому живуть люди, відбуваються виробничі, соціальні, демографічні, політичні процеси. Характеризується не лише природними показниками (температура, вологість, місткість, мальовничість, придатність для оздоровлення й відпочинку), а й соціально-економічними, демографічними, етнічними та іншими умовами життя і праці.

НАДЗВИЧАЙНА ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ – ситуація, за якої на окремій місцевості відбулися негативні зміни в природному середовищі, що потребують застосування надзвичайних заходів з боку держави. Такими змінами може бути втрата, вичерпання чи знищення окремих природних комплексів та ресурсів внаслідок надмірного забруднення природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи та інших чинників, що обмежують або виключають можливість нормальної життєдіяльності та господарської діяльності людини за цих умов.

НАДЗВИЧАЙНА СИТУАЦІЯ – порушення нормальних умов життя і діяльності людини на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією (епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею), що може призвести до неможливості проживання населення на території, ведення господарської діяльності, загибель людей та значних матеріальних втрат. Класифікують надзвичайні ситуації за походженням, ступенем поширення, кількістю людських втрат та розміром матеріальних збитків.

НАДІЙНІСТЬ ЕКОЛОГІЧНА – здатність екологічної системи безвідмовно виконувати енергетико-продукційну функцію та відносно повно самовідновлюватися й саморегулюватися у межах певних, придатних

для неї екологічних чинників протягом сукцесійного чи еволюційного часу її існування. Це збереження структури, функції й напрями еволюції екосистеми, без яких певна система замінюється іншою, з іншою структурою, функціями, а іноді - й напрямом еволюції.

НАТУРАЛІЗАЦІЯ – повне пристосування організмів до нових умов існування, остаточне входження інтродуцента в нішу екологічну раніше чужої для нього екосистеми, пов'язане з набуттям цими організмами спеціальної адаптації.

НАЦІОНАЛЬНА ЕКОМЕРЕЖА – система просторово пов'язаних біотопів на місцевому, регіональному чи іншому рівні, яка має певний правовий статус та відновлює природний каркас території. Ідея екомережі пов'язана з підтриманням та відновленням біогеохімічних циклів, забезпеченням панміксії, неперервності природних ділянок території, збереженням (відновленням) еко- та біотопів, з одного боку, та гармонізацією такої діяльності і суспільно-економічною діяльністю. Створення екомережі є втіленням екосистемного підходу в процесі просторово-планувальної діяльності, базовим інструментом екологічно збалансованого розвитку екомережі правовим чином.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК – територія природно-заповідного фонду значної площі, виділена з метою збереження, відтворення і рекреаційного використання природних комплексів та об'єктів, які мають особливу природоохоронну, історико-культурну, наукову, освітню та естетичну цінність, є природоохоронною, рекреаційною, культурно-освітньою, науковою установою загальнодержавного значення.

НЕЗВОРОТНІ ЗМІНИ ЕКОСИСТЕМИ – зміни в структурі та функціонуванні екосистеми, зумовлені впливом переважно потужних зовнішніх природних або антропогенних чинників, унаслідок чого екосистема втрачає здатність за допомогою власних гомеостазних механізмів повернутися до первинного стану.

НЕЙТРАЛІЗМ – форма біотичних відносин, при якій співжиття двох видів на одній території не має для них ні позитивних, ні негативних наслідків. Наприклад, білки і лосі, що живуть в одному лісі, практично не контактують одні з одними.

НЕКРОФАГИ – організми, що живляться мертвими тваринами. До них відносяться птахи (грифи, марабу), ссавці (гієни, шакали), а також деякі комахи (жуки-мертвоїди, личинки двокрилих).

НЕОЕНДЕМІК – вид тварин чи рослин, який поширений на обмеженій частині суходолу або акваторії, пов'язаної з їхнім недавнім походженням, тоді як у реліктів звужений ареал зумовлений вимиранням на решті території колишньої області поширення.

НЕОФІТИ – види рослин, що недавно з'явилися у флорі даної місцевості. Наприклад, елодея занесена в Європу з Північної Америки в XIX ст. Поява неофітів найчастіше пов'язана з господарською діяльністю людини.

НІТРИФІКАТОРИ – еколого-трофічна група ґрунтових мікроорганізмів, які здійснюють процес нітрифікації.

НІША ЕКОЛОГІЧНА – місце популяції певного виду в екосистемі, яке визначає не лише положення її у просторі, а й функціональну роль у біотичному угрупованні, відношення до комплексу абіотичних і біотичних чинників, тобто ступінь біологічної спеціалізації, включаючи функціональні зв'язки з іншими компонентами біотичного угруповання.

НОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНЕ – встановлення допустимих меж змін природного стану навколишнього середовища без порушення умов його саморегулювання, самоочищення довкілля.

О

ОБЛІГАТНІ ОРГАНІЗМИ – організми, які обов'язково постійно трапляються за певних умов. До облігатних організмів відносять віруси, мікоплазми, багато грибів-патогенів, тварин багатьох рядів та класів, незначну кількість рослин. Іноді вирізняють організми, що живляться мертвою органічною речовиною і не мають властивості до паразитування.

ОБЛІСНЕННЯ – створення лісового покриття за допомогою висіву насіння, висадки саджанців або природному відновленню лісу.

ОБОЛОНКА БІОГЕОЦЕНОТИЧНА – сукупність біогеоценозів поверхні Землі.

ОЗЕЛЕНЕННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ – діяльність, спрямована на створення системи зелених насаджень населених пунктів. Поліпшує мікроклімат, знижує швидкість вітру, регулює інсоляційні потоки, зменшує концентрацію шкідливих газів і диму, нейтралізує міські шуми, створює у населених пунктах природне пейзажне оточення.

ОЗОНОВА ДІРА – явище різкого зниження зонального вмісту озону над певною територією.

ОЗОНОВИЙ ЕКРАН – явище поглинання ультрафіолетового випромінювання Сонця озоновим шаром Землі.

ОКУЛЬТУРЮВАННЯ – штучне вдосконалення природних систем шляхом їх перебудови за змодельованим людиною зразком чи вмонтування в них штучних (культурних) компонентів.

ОЛІГОСАПРОБИ – рослинні й тваринні організми, характерні для чистих або слабо забруднених органічними речовинами вод, де інтенсивно відбувається мінералізація органічних речовин та є надлишок кисню, а також для ґрунтів, бідних на поживні речовини.

ОЛІГОТРОФИ – рослини мало вибагливі до вмісту поживних речовин. Ростуть в умовах бідного живлення, нестачі мінеральних форм азоту, які лімітують засвоєння інших сполук, що може бути спричинено різними чинниками, тому формуються різні типи екосистем: болота верхові, пустища, бори тощо.

ОЛІГОФАГИ – тварини, що живляться обмеженим складом кормів. Це властиво комахам, павукам, молюскам, риbam, деяким червам, птахам, ссавцям. Розрізняють: зерноїдні, плodoїдні, травoїдні, комахoїдні, рибoїдні тварини-олігофаги.

ОНТОГЕНЕЗ – індивідуальний розвиток особини з моменту запліднення яйцеклітини, початку самостійного життя і до природної смерті.

ОПАДИ КИСЛОТНІ – всі види опадів атмосферних (дощ, сніг, град), які містять забруднюючі речовини в сухому й рідкому стані. Вони в основному насичені сірчаною та азотною кислотою, а також хлорвмісними кислотами.

ОПАДИ РАДІОАКТИВНІ – осадження на поверхню Землі радіоактивних частинок природного або техногенного походження, які випадають разом з дощем або снігом.

ОПІК РОСЛИН – захворювання рослин, що проявляється у вигляді плямистостей, в'янення чи всихання окремих органів або всієї рослини. Розрізняють непаразитарні опіки (сонячні опіки кори та листя дерев внаслідок перегрівання вдень і різкого охолодження вночі; взимку та навесні – на гладенькій корі утворюються локальні плями відмирання з наступним оголенням деревини, на листі – плямистий некроз з подальшим всиханням і опаданням) та фітотоксичні опіки через недодержання технологій застосування агрохімікатів; паразитарні опіки (грибні – в'янення, гниття й всихання листя, квітів, плодів внаслідок ураження фітопатогенними грибами, чорний опік) та бактеріальні опіки (ураження фітопатогенними бактеріями).

ОПРОМІНЕННЯ – вплив на живий організм будь-яким видом випромінювання в тому числі космічними променями та іонізуючим випромінюванням земного походження.

ОПТИМУМ ЕКОЛОГІЧНИЙ – кількісний діапазон екологічного чинника, який відповідає потребі організму і забезпечує найсприятливіші умови для його життєдіяльності. Вплив умов навколишнього середовища виявляється в тому, що відповідна доза (температура, вологість, кисень, солоність) є необхідною для нормального функціонування організму, а нестача або надлишок їх обмежує життєдіяльність. Діапазон сприятливих для організму коливань чинника створює зону оптимуму.

ОПУСТЕЛЮВАННЯ – один з проявів деградації земель, що полягає у виснаженні екосистем внаслідок діяльності людини (зменшення біомаси, продуктивності, видового різноманіття тощо). Опустелювання зазнають насамперед посушливі землі.

ОРГАНІЗМ – основна структурно-функціональна одиниця і носій властивостей живого. У широкому значенні під організмом розуміють живу комплексну адаптивну систему, що складається з багатьох елементів, які взаємодіють, функціонуючи як єдине ціле. Організми бувають одноклітинні та багатоклітинні. Високу пристосованість до специфічних умов навколишнього середовища організми використовують з діагностичною метою для визначення стану природного середовища.

ОРГАНІЗМ ІНДИКАТОР – організм з вузькими межами екологічної пристосованості (стенобіот), який своєю поведінкою, зміною фізіологічних реакцій, зовнішнього вигляду або самою наявністю може вказувати на

зміни середовища або на певні його характеристики (природні чи антропогенні).

ОРГАНІЗМ ШОНЕР – вид, який першим поселяється на ділянці, позбавленій живих істот, та своєю життєдіяльністю готує середовище для організмів інших видів і для утворення угруповань. Наприклад, лишайник ісландський.

ОРГАНІЗМИ ЕВРИТОПНІ – рослини і тварини, які здатні існувати в різних умовах навколишнього середовища і мають широкий діапазон витривалості.

ОРГАНІЧНІ ЕНЕРГОНОСІЇ – вугілля, нафта, природний газ містять накопичену сонячну енергію, оскільки утворились із речовин рослинного походження в результаті геологічних процесів.

ОСОБИНА – окремий живий організм, що має всі ознаки, властивості виду, до якого він належить, і в той же час має морфологічні й фізіологічні особливості, що відрізняють його від інших організмів того самого виду.

ОХОРОНА БІОРІЗНОМАНІТТА – діяльність щодо запобігання зменшенню живих комплексів, їхніх форм та представників (екосистем, ценозів, популяцій, рослин і тварин). Реалізується через надання відповідного охоронного правового статусу окремим видам тварин і рослин (Червона книга, Зелена книга, природоохоронні території, природні резервуари).

ОХОРОНА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА – система правових, організаційних, фінансово-економічних, санітарно-гігієнічних, матеріально-технічних, культурно-освітніх, господарських та інших заходів, спрямованих на гармонізацію відносин у системі «людина-природа»; охорону природи, раціональне використання природних ресурсів, гарантування екологічної безпеки.

ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ – система міжнародних, державних і регіональних адміністративно-господарських і суспільних заходів, спрямованих на збереження як всього різноманіття рослинних угруповань, так і їхнього популяційно-видового складу і підтримання чисельності видів рослин на рівні, що забезпечує їх існування.

ОХОРОННА ЗОНА – вид захисної природної території, виділеної навколо території та об'єктів природно-заповідного фонду або на землях, прилеглих до окремих їх ділянок, для забезпечення необхідного режиму збереження природних комплексів, запобігання негативній дії або нейтралізації несприятливих природних і антропогенних факторів.

II

ПАРАЗИТИЗМ – одна з форм співіснування організмів різних видів, серед яких один (паразит) живе за рахунок іншого (господаря), при цьому взаємовідносини паразита з середовищем здійснюється переважно через організм господаря. Характерною рисою паразитизму як і хижацтва, є наявність консументів усіх порядків, які споживають рослинну чи тваринну їжу.

ПАРК МІСЬКИЙ – територія у межах міста з природними або штучними зеленими насадженнями у вигляді масивів, гаїв, куртин, груп, окремих дерев і кущів, живоплотів, зелених стінок, газонів, квітників тощо. Створений для організації масового відпочинку, окремих видів розваг, а також виховної та культурно-освітньої роботи. У парках розташовують атракціони, музеї, кафе, бари, ресторани, танцювальні та дитячі майданчики, кінотеатри, естрадні павільйони та ін.

ПАРК-ПАМ'ЯТКА САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА – об'єкт природно-заповідного фонду загальнодержавного або місцевого значення. Охоронний режим встановлюють для найвизначніших та найцінніших зразків паркового будівництва з метою їх охорони та використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях. На їх території здійснюють догляд за насадженнями, включаючи санітарні рубки, рубки реконструкції та догляду, підсаджують дерева і кущі, вживають заходи щодо запобігання поширення самосіву, збереження газонів, квітникових рослин та композицій з дерев і кущів. Вони є місцем відпочинку населення, проведення екскурсій.

ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ – підвищення температури нижчих шарів атмосфери порівняно з температурою теплого випромінювання планети. Явище парникового ефекту посилюється внаслідок додаткового викиду природних парникових газів у процесі антропогенної діяльності, а також штучних газів, які роблять значний внесок у посилення парникового ефекту, спричиняючи глобальне потепління клімату. Вплив викидів парникових газів може позначатися протягом багатьох років і десятиріч, тривалість впливу залежить від часу їхнього існування.

ПЕСИМУМ ЕКОЛОГІЧНИЙ – діапазон найбільшої нестачі або надлишку екологічного чинника, в межах якого знижується ефективність дії адаптивних механізмів організму та порушується його життєдіяльність.

ПЕСТИЦИДИ – речовини хімічного чи біологічного походження, які використовують проти організмів, що завдають шкоди сільськогосподарським культурам і лісовим насадженням, а також для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників захворювань тварин чи рослин, для регулювання розвитку організмів. Пестициди класифікують за хімічним походженням, характером дії на шкідливі організми чи рослин.

ПИТОМА ПРОДУКТИВНІСТЬ – величина чистої продукції біоти, віднесена до її біомаси за певний період часу. Швидкість обміну речовин і росту організмів, як правило, зростає зі зменшенням їхніх розмірів. Тому питома продуктивність найбільша в одноклітинних, у великих тварин – менша. Визначається, як правило, за рік. P/V – так званий коефіцієнт. P/V у водних екосистемах є набагато вищим (17), ніж у наземних; у степових – вищим (0,29), ніж у лісових (0,04). Основна причина такої різниці полягає в тому, що значна частина лісової біомаси мертва і не бере участі у фотосинтезі.

ПІДХІД ЕКОСИСТЕМНИЙ – система інтегрованого управління земельними, водними і біотичними ресурсами, яка має сприяти їх

збереженню та невиснажливому використанню; інноваційна методологія у сфері природокористування.

ПІОНЕРНЕ ЗАСЕЛЕННЯ – освоєння нових територій популяціями видів, що пов'язане з природною та штучною міграцією, геологічними процесами та змінами клімату. Наприклад, при виверженнях підводних вулканів можуть утворюватися острови, які заселяють насамперед види, здатні існувати в таких умовах (бактерії, лишайники), масова міграція популяцій в екосистеми, де внаслідок діяльності людини штучно звільнилися екологічні ніші, що може дати початок новим популяціям.

ПІРАМІДА ЕНЕРГІЇ – тип екологічної піраміди, що показує величину енергії в послідовних трофічних рівнях.

ПІРАМІДА ТРОФІЧНА – кількісне співвідношення між групами організмів різних трофічних рівнів (продуцентами і консументами), яке може бути виражене через їхню чисельність (піраміда чисел), масу (піраміда біома), наявну в них енергію (піраміда енергії); зображають у вигляді графічної моделі, побудованої на основі взаємовідносин між організмами, пов'язаними відносинами їжа-споживач. Основою її є перший рівень (рівень продуцентів або автотрофів), інші – рівні консументів різних порядків. Блок, що включає функціональну групу редуцентів (деструкторів), розміщують окремо (збоку піраміди).

ПІРАМІДА ЧИСЕЛ – тип екологічної піраміди, що відображає чисельність організмів у послідовних трофічних рівнях.

ПЛІВКА (ОБОЛОНКА) ЖИТТЯ – загально-планетний шар зосередження й розтікання життя рослин, тварин, мікроорганізмів й людини.

ПОЛІМОРФІЗМ – існування в межах одного виду рослин чи тварин двох або більше груп особин з різко відмінними ознаками. Поліморфізм розрізняють – сезонний, статевий, віковий; він має велике біологічне значення, оскільки дає видові змогу існувати в дуже відмінних умовах середовища, а також дає матеріал для виникнення нових видів шляхом дивергенції ознак різних груп особин, що становлять поліморфний вид.

ПОЛІФАГИ – організми, що живляться різноманітними кормами, але не всеїдні, а надають перевагу певним видам (комахи, риби, водні рослини тощо).

ПОЛЬОВИЙ МЕТОД – один з основних методів дослідження екологічних об'єктів, при якому вивчення піддослідних екземплярів проводять в умовах, властивих їхній природі. Цей метод передбачає вивчення об'єктів у польовому досліді, що його застосовують безпосередньо в польових умовах. При цьому проводять комплексне дослідження території.

ПОПУЛЯЦІЙНА ЕКОЛОГІЯ – науковий напрям, що досліджує закономірності взаємозв'язків між організмами певного виду та навколишнім середовищем внаслідок яких відбувається формування біосистем (популяцій), здатних до самовідтворення й розвитку. Досліджує особливості процесів розмноження та смертності в популяціях, їх

життєвість, характер онтогенезу, способи підтримання, стійкості через призму впливу екологічних чинників.

ПОПУЛЯЦІЯ – сукупність особин одного виду, здатна до самовідновлення і відмежована від інших сукупностей цього ж виду екологічними чи біологічними бар'єрами, що ускладнює обмін генетичною інформацією. Характерні ознаки – чисельність, народжуваність, смертність, приріст, біотичний потенціал, розподіл організмів за віком, характер розміщення організмів у межах території, темп росту. Термін 'популяція' ввів в екологію датський біолог В.Л. Йогансен у 1903 р.

ПРАВИЛО АЛЛЕНА (1877) – правило, яке відображає закономірність зміни розмірів поверхні тіла теплокровних тварин із зміною кліматичних умов. У багатьох ссавців і птахів північної півкулі відносні розміри кінцівок та різних частин тіла, щовиступають (хвости, вуха, дзьоби), збільшуються в міру віддалення на південь. Терморегуляційне значення окремих ділянок тіла надто нерівномірне. Частини, що виступають, мають більшу відносну поверхню, що вигідно в умовах жаркого клімату. Це правило можна розглядати як окремий випадок правила Бергмана.

ПРАВИЛО БЕРГМАНА (1847) – якщо два близьких види теплокровних відрізняються за розмірами, більший живе в холоднішому, менший – у теплішому кліматі.

ПРЕДОМІНАНТИ – організми, які завдяки рухливому способу життя і значній чисельності домінують у всіх ярусах фітоценозу (багато комах, птахи).

ПРИМІСЬКА ЗЕЛЕНА ЗОНА – частина території приміської зони, що включає ліси, лісопарки, штучні зелені насадження.

ПРИНЦИП ГАУЗЕ (1934) – принцип конкурентного виключення – екологічні основи конкурентних взаємовідносин зводяться до того, що два різних види з однаковими екологічними потребами не можуть одночасно займати одну і ту ж екологічну нішу, тому що один з них неминуче витіснить іншого.

ПРИРІСТ БІОМАСИ – кількість живої речовини, на яку збільшується особина, популяція, угруповання або рослинний покрив будь-якої території за одиницю часу.

ПРИРІСТ ПОПУЛЯЦІЇ – різниця між величиною популяції на початку і в кінці якого-небудь проміжку часу; може бути як позитивним, так і негативним.

ПРИРОДА – природна, об'єктивна реальність, результат еволюційного розвитку матеріального світу, що існує незалежно від свідомості людини.

ПРИРОДНИЙ ЗАПОВІДНИК – природоохоронна, науково-дослідна установа загальнодержавного значення, створена для збереження в природному стані типових або унікальних для певної ландшафтної зони природних комплексів з усією сукупністю їх компонентів, вивчення природних процесів і явищ, що відбуваються в них, розроблення наукових

засад охорони навколишнього природного середовища, ефективного використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

ПРИРОДНИЙ ПАРК – ділянка території або акваторії з відносно м'яким режимом охорони, що характеризується особливою мальовничістю і своєрідністю і в зв'язку з цим використовується виключно для організованого відпочинку населення. На відміну від національних парків в природних парках відсутні заповідні ділянки.

ПРИРОДНИЙ РЕЗЕРВАТ – категорія природоохоронних територій, які створюють для охорони в заповідному режимі зонально або азонально поширених типових, рідкісних, реліктових, ендемічних рослин, їхніх угруповань і біотопів тварин, а також інших унікальних екосистем і витворів природи, що мають наукове, культурно-виховне, естетичне або господарське значення.

ПРИРОДНІ ЕТАЛОНИ – типові природні об'єкти або ділянки різної площі, що мають важливе наукове, демонстраційне та пізнавальне значення для різних природничих наук – екології, геології, геоморфології, ґрунтознавства, фітоценології, лісознавства, гідрології та ін.

ПРИРОДНІ УМОВИ – сукупність живих організмів, тіл і явищ природи, які існують поза діяльністю людей.

ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД УКРАЇНИ – сукупність ділянок суходолу і водного простору, виділених з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу.

ПРИРОДНО-ОСЕРЕДКОВІ ЗАХВОРЮВАННЯ – інфекційні або інвазійні захворювання, спричинені забруднювачами, специфічними переносниками яких є тварини; резервуари забруднювача тривалий час існують у природних умовах незалежно від помешкання людини.

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ – використання природних ресурсів, яке складається з сукупності всіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу і засобів його збереження. Включає: видобування та переробку природних ресурсів, їх відновлення або відтворення; використання і охорону природних умов життєвого середовища, відновлення та раціональні зміни екологічного балансу природних систем, що виконують функції збереження природно-ресурсного потенціалу розвитку суспільства.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНЕ – передбачення зміни екологічних систем, яке визначається природними процесами та впливом на них людини.

ПРОДУКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЧНА – кількість органічної речовини (біомаси), що продукує популяція або угруповання за одиницю часу на одиницю площі.

ПРОДУЦЕНТИ – автотрофи, які за допомогою фотосинтезу і хемосинтезу синтезують потенційну енергію у вигляді органічних речовин з простих неорганічних складових.

ПРОЕКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНЕ – діяльність суспільства, спрямована на обґрунтування способів втручання господарства у природні

системи без заподіювання або мінімалізації шкоди процесам їх відтворення.

Р

РАДІАЦІЯ ІОНІЗУЮЧА – природне випромінювання, наприклад, космічні промені, які приводять до іонізації (утворення іонів та вільних електронів із електрично нейтральних атомів і молекул) атомів та молекул. Воно діє руйнівно на речовину і є джерелом широких змін живих організмів, викликає нові мутації, променеву хворобу та ін.

РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ – перевищення природного рівня вмісту в навколишньому середовищі радіоактивних речовин.

РАДІОНУКЛІДИ – радіоактивні елементи, продукти поділу інших радіоактивних елементів (урану, торію тощо).

РЕАДАПТАЦІЯ – повторна адаптація організму до умов звичного середовища після довгострокового перебування поза його межами.

РЕАКЛІМАТИЗАЦІЯ – розведення на певній території вимерлих або знищених видів рослин чи тварин, які заселяли її раніше.

РЕГЕНЕРАЦІЯ – відновлення організмом втрачених або ушкоджених органів і тканин, а також відновлення цілого організму з його частинами. Регенерацію розрізняють: фізіологічну (заміщення відмерлих клітин і тканин), репаративну (відновлення втрачених частин тіла, органів або цілих організмів).

РЕГІОНАЛЬНИЙ ЛАНДШАФТНИЙ ПАРК (РЛП) – природоохоронна рекреаційна установа місцевого чи регіонального значення, яку створюють з метою збереження у природному стані типових або унікальних природних комплексів та об'єктів, а також забезпечення умов для організованого відпочинку населення.

РЕГІОНАЛЬНІ КАДАСТРИ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ – систематизовані зведення відомостей про кількісні, якісні характеристики всіх природних ресурсів, виявлених на відповідній території, а також про обсяг, характер і режим їх використання.

РЕДУЦЕНТИ – організми, які живляться мертвою органічною речовиною, піддаючи її мінералізації, тобто руйнуванню до більш-менш простих неорганічних сполук, які потім використовують продуценти.

РЕЗЕРВАТ – термін, який застосовують для означення різних поєднань території природоохоронного призначення.

РЕЛІКТ – явище, істота, які збереглися з минулого часу, минулих геологічних чи історичних епох.

РЕЛЬЄФ – сукупність форм земної поверхні, різних за обрисами, розмірами, походженням, віком, історією розвитку, які формуються під дією ендегенних (тектонічних) і екзогенних (вода, вітер тощо) сил.

РЕПЕЛЕНТИ – речовини природного або штучного походження, які відлякують комах, кліщів, гризунів та інших тварин. Репеленти широко використовують для захисту людей і тварин від нападу кровосисних комах, профілактики трансмісивних захворювань, захисту від членистоногих, які

пошкоджують меблі, одяг, а також захисту природної та антропогенної рослинності від тварин.

РЕСУРСИ – будь-які джерела й передумови для одержання необхідних людям матеріальних і духовних благ, які можна реалізувати за наявних технологій і соціально-економічних умов. Виділяють ресурси матеріальні, трудові, інтелектуальні, інформаційні, природні.

РЕСУРСИ БІОТИЧНІ – біологічний компонент біосфери, створений внаслідок життєдіяльності продуцентів, консументів та редуцентів.

РЕСУРСИ ВИЧЕРПНІ – частина природних ресурсів, які не відтворюються у процесі кругообігу речовин біосфери чи відтворюються в сотні й тисячі разів повільніше, ніж їх використовують. До них належить більшість видів корисних копалин, багато видів рослин і тварин. Вони мають скінченні запаси і практично не відновлюються в сучасних умовах, оскільки неможливо відтворити екологічні умови, за яких вони формувались мільйони років тому. Використання їх неминує веде до виснаження. Охорона їх зводиться, з одного боку, до контрольованого й ощадливого використання, безвідходної переробки та використання, з другого - до пошуку альтернативних джерел ресурсів для розв'язання задач, спрямованих на забезпечення сприятливих умов існування людства.

РЕСУРСИ ВІДНОВЛЮВАНІ – природні ресурси, здатні до самовідновлення в процесі біосферного кругообігу речовин за час, сумірний з темпом їх використання. До ресурсів відновлюваних відносять – ресурси біосфери: рослинний і тваринний світ, ґрунт, торф, а також інші ресурси, здатні відновлюватися в природних умовах і підтримуватись в певних постійних кількостях. Стан цих ресурсів значною мірою залежить від господарської діяльності людини.

РЕСУРСИ НЕВИЧЕРПНІ – частина природних ресурсів, нестача яких не відчувається на сучасному етапі розвитку суспільства і не очікується у майбутньому. До них належить: сонячна енергія, енергія вітру, проточної води, припливів.

РЕСУРСИ ПРИРОДНІ – використовувані або резервні багатства природи, які позитивно або негативно змінюються в результаті господарської діяльності людини. Використовуються як засоби праці, джерело енергії, сировина і матеріали, для споживання і як умова життя, як банк генофонду, як джерела інформації про навколишній світ.

РИЗИК ЕКОЛОГІЧНИЙ – подія природного чи техногенного характеру, яка може призводити до екологічно небезпечних наслідків для довкілля та людини.

РІВНОВАГА ЕКОЛОГІЧНА – стан екосистеми на мікро- мезо- та макрорівні, який характеризується стабільністю, відносною стійкістю видового складу живих організмів, їхньої чисельності, продуктивності, розподілом в просторі, сезонних змін, біотичного кругообігу речовин, а також здатністю до саморегуляції, опірністю до порушень і зовнішніх негативних впливів.

РОЗА ВІТРІВ – векторна діаграма, яка характеризує режим вітру в певній місцевості за багаторічними спостереженнями.

РОЗСЕЛЕННЯ – переміщення видів за межі свого ареалу, що приводить до заселення нових ділянок, до натуралізації в нових місцях і тим самим до розширення ареалу. Розселення буває природним пасивним і активним та штучним, за допомогою людини.

РОСЛИНА СВІТЛОЛЮБНА (СВІТЛОВА) – представник екологічної групи рослин, оптимум життєдіяльності яких спостерігається в умовах повного сонячного освітлення. Це рослини засушливих місць: сухих степів, пустель та напівпустель.

РОСЛИНА ТІНЬОВИТРИВАЛА – рослина, яка має широку амплітуду по відношенню до світлового чинника, тобто вона не лише нормально росте і розвивається при повному освітленні, але добре адаптована до слабкого світла. Така рослина росте на затінених місцях з недостатнім сонячним освітленням.

РОСЛИНА ТІНЬОЛЮБНА (тіньова) – рослина, яка не переносить повного освітлення, нормально розвивається тільки при розсіяному світлі в умовах сильного затемнення (наприклад, рослини нижніх ярусів лісів).

РОСЛИНИ – автотрофні організми, що характеризуються здатністю до фотосинтезу; їм притаманний осмотичний (рослинний) спосіб живлення. Рослини мають міцну клітинну оболонку, що складається з целюлози, характеризуються специфічним обміном речовин та особливим способом життя. Вони утворюють флору та рослинний покрив Землі і створюють сприятливі умови існування для представників тваринного світу і людини.

РОСЛИННИЙ СВІТ – частина живої природи, біосфери Землі, утворена рослинами. У складі рослинного світу земної кулі є близько 500000 видів рослин, що утворюють флору і рослинність, переважна більшість представників є фотосинтезуючими автотрофними рослинами, які відіграють важливу роль у біологічному кругообігу речовин і трансформації сонячної енергії як первинні продуценти органічних речовин.

РОСЛИННІ РЕСУРСИ – частина природних ресурсів, представлена рослинами, які використовуються або можуть бути використані людиною для прямого або непрямого споживання, створення матеріальних багатств, поліпшення життєвих умов.

РОСЛИННІСТЬ – сукупність рослинних угруповань (фітоценозів) Землі або її окремих регіонів та місцевостей. Рослинність характеризується не лише видовим складом, але і рясністю видів, певним їх співвідношенням, екологічними зв'язками, фітоценотичною структурою, чисельністю особин, видовим складом, типом життєвих форм, сезонною ритмікою фітоценозів, історією їх розвитку.

С

САМООЧИЩЕННЯ (води, ґрунту, живих організмів та ін.) – ліквідація забруднень абіотичними чинниками середовища або в процесі життєдіяльності природних організмів.

САМООЧИЩЕННЯ АТМОСФЕРИ – часткове або повне відновлення природного складу атмосфери внаслідок вилучення домішок

під впливом природних процесів: гравітаційне осадження аерозолів на землю, вимивання атмосферними опадами тощо. Велика кількість домішок виводиться з атмосфери у вигляді аерозолів.

САМООЧИЩЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА – здатність природного середовища руйнувати, переробляти або переводити в індіферентний стан забруднюючі компоненти техногенного або побутового походження, які попадають у нього. Самоочищення протікає безперервно в тісному зв'язку з кругообігом речовин в природі, включає процеси самоочищення води, ґрунтів, ландшафтів і т.д., які відбуваються під впливом фізичних, хімічних чинників або живих організмів.

САМОРЕГУЛЮВАННЯ ЖИВИХ СИСТЕМ – здатність природних систем до відновлювання балансу внутрішніх структур і властивостей після будь-якого природного або антропогенного збурювального впливу.

САПРОФІТИ – рослини або мікроорганізми, що живляться органічними речовинами відмерлих організмів і виділеннями тварин. До них належать в основному гриби і бактерії, а також деякі вищі рослини, в тому числі паразитичні квіткові і деякі водорості. Сапробіонти відіграють важливу роль в біологічному кругообігу речовин.

СЕНСИБІЛІЗАЦІЯ – підвищена чутливість організму до тих чи інших подразників різного походження. Наприклад, до чужорідних речовин – алергенів, якими можуть бути бактерії, віруси, хімічні речовини, багато лікарських засобів, побутові і промислові забруднювачі та інші чинники навколишнього середовища або середовища внутрішнього.

СЕРЕДОВИЩЕ – сукупність зовнішніх умов існування організмів та їхніх угруповань.

СИМБІОЗ, МУТУАЛІЗМ – форма відносин між організмами двох різних видів, яка є взаємовигідною.

СИНАНТРОПІЗАЦІЯ – процес пристосування організмів до життя в різко змінених людиною умовах (антропогенні ландшафти, населені пункти, будівлі). Характерна для тваринного і рослинного світу. У деяких синантропних організмів вона пов'язана з виникненням нових морфо-функціональних адаптацій. Більшість синантропних видів тварин знаходить у населених пунктах не лише сховище, а й корм (горобці, ворони, пацюки, домашні миші), серед них є такі, що виконують функції природних санітарів. Серед синантропних організмів багато шкідників, носіїв збудників хвороб, але є й корисні (деякі види павуків, комахоїдні птахи). Синантропні види рослин – рудеральні рослини (рослини засмічених місць) і сегетальні рослини (бур'янові), які засмічують посіви.

СИНЕКОЛОГІЯ (екологія угруповань) – розділ екології, що вивчає угруповання різних видів рослин, тварин, мікроорганізмів, їхніх трофічних груп, шляхи їх формування та біологічні взаємодії. Організми під дією певних чинників взаємодіють між собою, формуючи певні угруповання.

СИНУЗІЯ – сукупність популяцій, що перебувають у біоценозі та належать до видів однієї екобіоморфи (життєвої форми). Трав'янисті угруповання можуть складатися як з однієї, так і кількох синузій.

СИСТЕМА – сукупність пов'язаних між собою чи впорядкованих за певними властивостями або відношеннями елементів.

СТАБІЛЬНІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ – здатність екосистеми зберігати свою структуру і функціональні особливості при дії зовнішніх чинників.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК – розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління, не ставлячи під загрозу можливість майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Розвиток країн і регіонів, коли економічне зростання, матеріальне виробництво і споживання, а також інші види діяльності суспільства відбуваються в межах, які визначаються здатністю екосистем відновлюватися, поглинати забруднення і підтримувати життєдіяльність теперішніх та майбутніх поколінь.

СТЕНОБІОНТНІ ОРГАНІЗМИ або стенобіонти – організми, які можуть жити лише в певних умовах середовища, дуже незначному коливанні його чинників (температури, вологості, солоності тощо). Наприклад, форель може жити лише у водоймах з дуже швидкою течією і холодною, багатою на кисень водою. Стенобіонтні організми є хорошими індикаторами відповідних умов, вони, як правило, мають низьку екологічну валентність, що зумовлює їх вузькі ареали.

СТЕНОТЕРМНІ ОРГАНІЗМИ – організми, які живуть у відносно постійних температурних умовах і не витримують їх коливань.

СТЕНОТОПНІ ОРГАНІЗМИ – організми, які живуть в однотипних, дуже специфічних умовах середовища. До цих організмів належать, наприклад, мешканці піщаних пустель, солончаків, сфагнових боліт; з тварин - ховрах тонкопалий, що живе в піщаних пустелях, соня, яка зустрічається лише в широколистяних лісах.

СТЕНОФАГІЯ – вузькоспеціалізоване живлення тварин. Розрізняють олігофагію – живлення не багатьма видами корму і монофагію – живлення лише одним видом корму. Стенофагія пов'язана з анатомічною, фізіологічною і біохімічною адаптацією, яка забезпечує добування та перетравлення певного типу їжі.

СТИХІЙНЕ ЛИХО – екстремальний природний процес або явище, що призводить до раптового (неочікуваного) виникнення катастрофічної екологічної ситуації, яка характеризується людськими жертвами, порушенням умов побуту населення, руйнуванням і знищенням матеріальних і природних цінностей, погіршенням екологічного стану навколишнього середовища. До стихійного лиха відносять: виверження вулканів, землетруси, цунамі, селі, лавини, повені, посухи, урагани, смерчі.

СТІЙКІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ – здатність екосистеми за допомогою внутрішніх механізмів саморегуляції протистояти зовнішнім збурювальним впливам, адаптуватися до них без істотних змін структурно-функціональних параметрів або швидко повертатися до нормального стану, якщо цей вплив зумовив тимчасове відхилення від заданої програми її розвитку.

СТРЕС – сукупність неспецифічних реакцій, які виникають під впливом будь-яких сильних подразників і супроводжуються перебудовою захисних систем організму. Термін стрес уперше запропонував канадський

вчений Г. Сельє (1936) для позначення однотипної реакції, що виникає в організмі при дії на нього різноманітних подразників.

СТРУКТУРА БІОГЕОЦЕНОЗУ – поділ біогеоценозу на горизонтальні і вертикальні підрозділи: консорції, парцели, синузії.

СТРУКТУРА ЕКОСИСТЕМИ – природний функціонально-морфологічний поділ екосистеми на підсистеми, які в екосистемі виконують роль 'цеглинок'. До структури екосистеми входять популяції, консорції, синузії, яруси рослинності і т.д.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЇ – розподіл особин у просторі, а також за віковими, статевими та іншими морфологічними і фізіологічними ознаками.

СТРУКТУРА ФІТОЦЕНОЗУ – ценотиби і консорції, які виникають при тривалому біотоценогенезі, об'єднання різних видів, зв'язаних продуктивним організмом або популяцією, а також відносинами, що супроводжуються переносом енергії від продуцентів до консументів, від них – до редуцентів. Структура фітоценозу включає також особливості просторового і тимчасового розміщення особин і популяцій на поверхні і по вертикалі, розподіл органічних речовин.

СУКЦЕСІЯ ЕКОЛОГІЧНА – послідовні зміни в структурі чи функціях екосистеми або її окремих блоків на тій самій ділянці Землі в процесі заростання оголеної території, відновлення після вітровалу, суцільного вирубування, повені.

Т

ТЕМПЕРАТУРА – фізична величина, яка характеризує тепловий стан тіла або системи. Температура – важливий екологічний чинник. Межі температури, при яких можливе існування мешканців Землі невеликі, від -200°C до $+100^{\circ}\text{C}$. Від температури навколишнього середовища залежить температура організмів та швидкість і характер протікання хімічних реакцій, що становлять обмін речовин.

ТОКСИНИ – хімічно неоднорідна група речовин мікробного, рослинного або тваринного походження, що викликають різноманітні специфічні патологічні зміни в структурі та функціях клітин, тканин, органів – типові захворювання людини і тварин. Токсини застосовують у виробництві анатоксинів, що використовуються як вакцини, для одержання лікувальних сироваток, лікувальних препаратів, що містять бджолину, зміїну отруту, пірогени.

ТОЛЕРАНТНІСТЬ ЕКОЛОГІЧНА – здатність організмів успішно протистояти дії зовнішніх чинників у визначеному інтервалі певного екотопу чи біотопу. Існування виду визначають як нестачею, так і надлишком кожного з чинників, що мають рівень, близький до межі витривалості будь-якого організму. Організми характеризуються екологічним мінімумом і максимумом, реагуючи таким чином на обидва значення чинника. Їхню витривалість до впливів у діапазоні цих величин називають межею толерантності виду.

ТРАНСPIPAЦIЯ – фізіологічний процес випаровування води живими рослинами. Зумовлює вбирання й переміщення води та мінеральних речовин. Транспірація буває продихова та кутикулярна. Співвідношення між ними має видову специфіку і залежить від умов розвитку, віку рослини тощо. Транспірація запобігає перегріванню рослинного організму, що має важливе значення для його життєдіяльності, зокрема для фотосинтезу, забезпечує водний режим рослин, регулює тургор клітин.

ТРОФІЧНА МЕРЕЖА – переплетення ланцюгів живлення у складному біотичному угрупованні. В основі формування трофічної мережі лежать кормові взаємовідносини популяцій різних груп організмів – всі вони є об'єктами живлення інших, тобто тісно пов'язані між собою. Кожен організм може житися не одним, а переважно кількома видами, і його самого споживають кілька інших видів.

ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ – сукупність популяцій різних видів живих організмів, об'єднаних за характером живлення. Організми належать до одного рівня у тому разі, коли в ланцюгу живлення вони рівновіддалені від продуцентів або, входячи до складу різних ланцюгів живлення, одержують поживні речовини через однакову кількість ланок. Консументи, які мають широкий спектр живлення (всеїдні тварини), можуть одночасно займати різні трофічні рівні в одному або у кількох ланцюгах живлення. Перший рівень ланцюгів живлення представлений продуцентами (автотрофними організмами), оскільки лише вони здатні використовувати сонячну енергію для синтезу органічних речовин; наступні рівні – гетеротрофами. Вони утворюють кілька рівнів. Другий рівень формується рослиноїдними тваринами (консументи 1 -го порядку), які безпосередньо споживають автотрофів, а також паразитами рослин. До третього рівня відносять хижаків-паразитів (консументи 2-го порядку), що живляться рослиноїдними організмами. Четвертий рівень – це тварини, кормом для яких є консументи 2-го порядку.

У

УГРУПОВАННЯ – сукупність організмів різних видів, об'єднаних певними взаємовідносинами, територією проживання і впливом комплексу зовнішніх умов існування, система певного рівня організації живої речовини.

УМОВИ ІСНУВАННЯ – сума чинників середовища, необхідна виду або угрупованню для нормального розвитку, до яких входять абіотичні, біотичні та антропогенні чинники.

УРОЧИЩЕ – ділянка території, що відрізняється від навколишньої місцевості: байрачний ліс, товтровий горб, степовий солончак, давнє городище тощо. Вони часто мають власні назви (Аскольдова могила, Сухий яр).

Ф

ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ – напрям екології, що базується на визначенні відносин організмів з навколишнім середовищем, включаючи всі умови існування.

ФАУНА – сукупність всіх видів тварин, які заселяють певну територію. Фауна складається з різних за походженням груп тварин чи фауністичних комплексів. Фауна буває: водна та суходільна, є також сучасна фауна та викопна.

ФАЦІЯ – елементарний ландшафтний комплекс, низова структурна частина ландшафтного урочища чи підурочища. Це одне з найпростіших ландшафтних утворень у межах одного елемента мезорельєфу або форми мікрорельєфу, що характеризується відносною однорідністю поверхневих відкладів, умов зволоження, мікроклімату, ґрунтового і рослинного покриву, своєрідністю тваринного світу та мікроорганізмів.

ФЕНОЛОГІЯ – система знань про сезонні явища в живій природі, строки їх настання та причини, які визначають ці строки. Фенологія реєструє і вивчає головним чином зміни в рослинному і тваринному світі, обумовлені зміною пори року і погодними умовами. При фенологічному дослідженні у рослин реєструється початок сезонних фаз розвитку – набухання і розпускання бруньок, початок і кінець цвітіння, повне дозрівання плодів; у тварин – пробудження від сплячки, сезонні міграції, вихід дорослих комах з лялечок. Результати щорічних спостережень оформляються у вигляді фенологічних спектрів.

ФЕНОТИП – сукупність усіх зовнішніх і внутрішніх ознак і функцій організму, що формується в процесі взаємодії генотипу із зовнішнім середовищем. В процесі розвитку фенотип змінюється.

ФЕРОМОНИ – біологічно активні речовини, що виділяються тваринами в навколишнє середовище і специфічно впливають на поведінку і фізіологічний стан інших особин того самого виду. Феромони продукуються спеціальними залозами: статевими, анальними та ін. Їх сприйняття здійснюється за допомогою хеморецепторів (в основному через органи нюху). Феромони використовуються для передачі інформації про те, що дана тварина належить до того чи іншого виду, раси чи статі, про фазу статевого циклу.

ФІЛОГЕНЕЗ – історичний розвиток окремих видів, родів, родин та інших систематичних груп живих організмів і всього органічного світу. Термін філогенез ввів німецький вчений Е. Геккель у 1866 році.

ФІТОІНДИКАТОРИ – рослинні організми, наявність, чисельність або особливості будови, росту та розвитку яких є показником природних процесів, особливих умов або антропогенних змін середовища. Багато рослин чутливі до різних чинників середовища і можуть існувати лише у певних, часто вузьких межах їхньої мінливості.

ФІТОІНДИКАЦІЯ – метод оцінювання різних чинників, умов, явищ, режимів середовища на основі певних видів рослин чи рослинних угруповань. Базується на основі зв'язку видів з умовами їх існування. Дас можливість швидко та надійно візуально фіксувати на великих територіях

не лише статистичні властивості, ознаки, а й динамічні зміни довкілля, у зв'язку з цим її використовують для екологічних експертиз, прогнозування, картування.

ФІТОМАСА – сумарна маса рослинних організмів, окремих рослин або їхніх груп у будь-якому природному угрупованні. Виражають у тих самих одиницях, що і біомасу.

ФІТОНЦИДИ – біологічно активні речовини, що утворюються багатьма рослинами і мають здатність вбивати бактерії, мікроскопічні гриби, найпростіших чи пригнічувати їхній ріст і розвиток. Відіграють важливу роль в імунітеті рослин, у відносинах організмів у біогеоценозах.

ФІТОТРОФИ – рослинні організми, які синтезують із неорганічних сполук органічні речовини за допомогою сонячної енергії.

ФІТОФАГИ – гетеротрофні тварини, що живляться рослинами (рослиноїдні тварини).

ФІТОЦЕНОЗ – сукупність популяцій видів рослин, які внаслідок взаємодії між собою формують однорідний цілісний покрив, що відрізняється від сусідніх за ознаками рослинності.

ФЛОРА – еволюційно історична складена сукупність видів рослин, що зростають або зростали в минулі геологічні епохи на певній території. Розрізняють флору земної кулі, материків, земної поверхні.

ФОТОСИНТЕЗ – процес, за допомогою якого зелені рослини, водорості й деякі бактерії перетворюють сонячну енергію на хімічну. Відбувається поглинання вуглекислого газу і виділення кисню.

ФОТОФІЛИ – світлолюбні рослини, пристосовані до життя при достатньому сонячному освітленні (степові, лучні, альпійські й субальпійські трави, наскельні лишайники, прибережні, водні та більшість культурних рослин, деякі бур'яни).

ФОТОФОБИ – рослини, що ростуть у дуже затінених місцях (мохи, плауни, яруси типових лісів, печер, глибоководні рослини).

ФРЕАТОФІТИ – рослини, які засвоюють воду з глибини ґрунту за допомогою потужної кореневої системи, що здатна проникати до рівня ґрунтових вод (фінікова пальма, верблюжа колючка). Вони пристосовані до існування в аридних зонах. Завдяки цій властивості фреатофіти є надійними індикаторами місця та глибини залягання ґрунтових вод у сухих степах і пустелях.

ФУНГІЦИДИ – хімічні речовини, які використовують для боротьби з грибами-збудниками хвороб рослин. В медицині фунгіциди застосовують для боротьби зі збудниками мікозів людини і деяких тварин. До них входять препарати з найрізноманітніших хімічних груп – бордоська рідина, формалін, мідний і залізний купорос та ін.

X

ХЕМОСИНТЕЗ – автотрофний тип живлення, характерний для багатьох видів бактерій, який базується на синтезі органічних речовин з неорганічних з використанням хімічної енергії, вивільненої при окисненні не окислених речовин (нітритів, сірководню, сірки, заліза та ін.).

Ц

ЦВІТІННЯ» ГРУНТУ – інтенсивне розмноження водоростей на поверхні та у верхньому шарі ґрунту із зміною його забарвлення. Цвітіння ґрунту сприяє збагаченню ґрунту органічними речовинами і навіть сполуками азоту, які утворюються в результаті азотфікації деякими видами синьо-зелених водоростей.

ЦЕНОБІОНТ – особина як член біотичного угруповання (біоценозу). Ценобіонти можуть бути лабільними, тобто вільно пересуватися, і стабільними, прикріпленими до субстрату. Особливості останніх обумовлені належністю до тієї чи іншої біоморфи і екоморфи.

ЦЕНОЗ – будь-яке біотичне угруповання. Розрізняють: зооценози (угруповання тварин), фітоценози (угруповання рослин), мікробіоценози (угруповання мікроорганізмів) та ін. Термін ценоз можна замінити терміном біоценоз.

ЦЕНОПОПУЛЯЦІЯ – сукупність особин одного виду в межах одного біогеоценозу, яка характеризується внутрішнім обміном генетичною інформацією, стабільністю чисельності, вікового і статевого складу, трофічними, алелопатичними, консорційними зв'язками з іншими живими компонентами біогеоценозу та абіотичним середовищем і постійним перебуванням у стані боротьби за існування й природного добору.

ЦЕНОТОП – 1) місце існування біоценозу; 2) фізичне середовище, в умовах якого знаходиться угруповання.

ЦЕНТР ПОШИРЕННЯ – місце, звідки поширився вид або інша систематична категорія не залежно від того, чи походить він з центра поширення чи початковий центр походження лежить в іншому географічному регіоні.

ЦИКЛ БІОГЕОХІМІЧНИЙ – кругообіг хімічних речовин із неорганічної природи через рослинні і тваринні організми знову в неорганічне середовище і навпаки. Здійснюється з використанням сонячної енергії й частково енергії хімічних реакцій. Вперше цикли біохімічні були вивчені В.І. Вернадським.

Ч

ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ – офіційний державний документ, який містить перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу у межах території України, її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, а також узагальнені відомості про сучасний стан цих видів та заходи щодо їх збереження й відтворення.

ЧЕРВОНИЙ СПИСОК ВИДІВ (МСОП) – найповніший світовий список видів тварин і рослин, які мають охоронний статус у всьому світі. Внесення до списку ґрунтується на визначених критеріях для оцінки ризику вимирання тисяч видів та підвидів. Ці критерії стосуються всіх видів та всіх регіонів світу. Завдяки компетентній науковій базі МСОП є найавторитетнішим довідником щодо статусу біорізноманіття.

ЧИННИК АДИТИВНИЙ – екологічний чинник, що характеризує чисельність, біомасу або щільність популяції організмів, а також запаси або концентрації різних форм речовин й енергії, тимчасові зміни яких підпорядковуються законам збереження і перетворення останніх.

ЧИННИК АНТРОПОГЕННИЙ – чинник, який виникає в процесі безпосереднього впливу людини на будь-що.

ЧИННИК ЕДАФІЧНИЙ – властивості ґрунту, які чинять екологічний вплив на живі організми. Чинники едафічні розрізняють: хімічні (рН, сольовий режим, елементарний валовий склад, обмінна здатність і вміст поглинених катіонів), фізичні (водний, повітряний і тепловий режими, механічний склад, структура, щільність ґрунту, рівень ґрунтових вод, характер материнської породи).

ЧИННИК ЕКСТРЕМАЛЬНИЙ – чинник, сила впливу якого перевищує пристосувальні реакції живої системи, але не настільки, щоб її вмить зруйнувати. Однаково екстремальні як різкий надлишок, так і нестача впливу того чи іншого чинника. Наявність цього чинника створює екстремальні умови існування.

ЧИННИК ЕТОЛОГІЧНИЙ – чинник, який виникає при безпосередньому контакті особин у групах. До чинника етологічного належить, наприклад, ієрархія етологічна, тобто домінування одних особин над другими, які, в свою чергу, можуть домінувати над третіми і т.д.

ЧИННИК КОСМІЧНИЙ – чинник, джерелом якого є позаземні процеси. До цього чинника відносять видиме світло, короткохвильове і рентгенівське випромінювання. Вплив космічного випромінювання на життєдіяльність мешканців Землі загальноприйнятий. Встановлено зв'язок між хромосферними спалахами на Сонці і збільшення у людей летальних наслідків при інфарктах й інсультах, загостреннях різних хронічних захворювань. Виявлена залежність між динамікою сонячної активності і посухами.

ЧИННИК ЛЕТАЛЬНИЙ – чинник, вплив якого призводить живий організм до загибелі (наприклад, інсектицид).

ЧИННИК ЛІМІТУЮЧИЙ або чинник обмежуючий – чинник, сила прояву якого нижча критичного рівня або перевищує максимально витримуваний рівень, тобто обмежує перебіг якого-небудь процесу, явища чи існування організму (популяції, виду, угруповання).

ЧИННИК МУТАГЕННИЙ – чинник, який прямо або опосередковано викликає генетичні мутації (наприклад, підвищення радіоактивності середовища, забруднення його хімічними речовинами).

ЧИННИК НЕПЕРІОДИЧНИЙ – чинник, що виникає раптово, без чіткої циклічності (вітер, буря, пожежа, землетрус) і живі організми не можуть до нього адаптуватись.

ЧИННИК ПЕРІОДИЧНИЙ – чинник, що виникає циклічно (припливи, відпливи моря), але організми до нього адаптовані.

ЧИННИК РИЗИКУ – чинник, що спричиняє виникнення захворювання або призводить до загибелі організму.

ЧИННИК ТЕРАТОГЕННИЙ – екологічний чинник, хімічної, фізичної або біологічної природи, який викликає в організмах, що піддались його впливу, порушення розвитку, не спадкові і спадкові зміни – мутації.

ЧИННИКИ ЕКОЛОГІЧНІ – умови середовища (або елементи), що мають певний вплив на організми. Є абіотичні, біотичні та антропічні (антропогенні) чинники.

ЧИСЕЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗМІВ – 1) загальна кількість екземплярів в популяції виду або на якій-небудь території (наприклад, слонів у Африці); 2) загальна кількість особин живих організмів (незалежно від їх систематичної приналежності) на певній площі або в одиниці об'єму.

ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПОПУЛЯЦІЙ – кількість особин, які належать до однієї популяції. Коли чисельність популяцій скорочується до певного мінімуму, популяцію відносять до зникаючої.

ЧУТЛИВІСТЬ ОРГАНІЗМІВ – здатність живих організмів реагувати на дію подразників навколишнього середовища зміною власних тканин і органів. Це ступінь реакції біоіндикатора на вплив хімічних, фізичних, біологічних чи антропогенних чинників довкілля.

Ш

ШКОДА ЕКОЛОГІЧНА – фактичні або ймовірні економічні, соціальні чи екологічні втрати, пов'язані з впливом на довкілля шкідливих чинників природного чи антропогенного походження: хімічного забруднення, атмосферного повітря, води, ґрунту, надр та інших компонентів природного середовища, фізичних або біологічних чинників.

ШТУЧНА ЕКОСИСТЕМА – створена людиною екосистема. Розрізняють відкриті й закриті, виробничі, експозиційні, декоративні, лісові, водні, аграрні тощо. У такій системі можуть бути штучними всі компоненти або один чи кілька з них. Створюються для забезпечення певних життєвих потреб людини (одержання біологічної продукції, поліпшення умов відпочинку, облагородження ландшафту).

Щ

ЩІЛЬНІСТЬ ПОПУЛЯЦІЙ – середня кількість особин на одиницю площі або одиницю об'єму.

Ю

ЮНЕСКО – організація Об'єднаних націй з питань освіти, науки і культури. Її мета сприяти збереженню миру і безпеки, розвитку співробітництва між країнами в області науки, освіти і культури для всезагального дотримання справедливості, правопорядку, прав людини та основних свобод, які передбачені стандартом ООН для всіх народів світу без поділу на раси, стать, мови та релігії. Важливими напрямками роботи організації культури є охорона навколишнього середовища та пам'яток, співробітництво у вирішенні глобальних наукових проблем в області

океанографії, геології, гідрології тощо. Штаб-квартира ЮНЕСКО знаходиться в Парижі.

Я

ЯВИЩЕ СТИХІЙНЕ – будь-яке природне явище, що має вагоме вираження – від зміни дня і ночі до тайфуну чи засухи.

ЯКІСТЬ ЕКОЛОГІЧНА – сукупність властивостей, ознак, умов навколишнього середовища, продукції, послуг, робіт, які визивають їхню здатність задовольняти екологічні потреби суспільства та вимоги екологічних стандартів.

ЯРУЖНІСТЬ ТЕРИТОРІЇ – показник, який відображає ступінь ураження певної території, сільськогосподарських угідь, поселень чи басейнових систем ярами. Основні характеристики: щільність ярів (на відповідній території), густина ярів (сумарна довжина), ступінь ураження ярами облікової площі; середній шар яружної ерозії; середня довжина, глибина, об'єм ярів; показник небезпеки яружної ерозії тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Билай В. И., Гвоздяк Р. И., Скрипаль И. Г. и др. Микроорганизмы - возбудители болезней растений. – Киев: Наукова думка, 1988. – 552 с.
2. Богобоящий В.В., Чурбанов К.Р., Палій П.Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
3. Бондарцев А. С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. М. –Л.: 1953. – 106 с.
4. Бугиевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы. – М.: Златоуст, 2000. – 222 с.
5. Бусыгин Б. С., Гаркуша И.Н., Середини Е.С., Гаевенко А.Ю. Инструментарий геоинформационных систем. Справочное пособие. – Киев.: ИРГ "ВБ", 2000. – 172 с.
6. Вакин А. Т., Полубояринов О. И., Соловьев В. А. Пороки древесины. -2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 112 с.
7. Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. Учебное пособие. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 220 с.
8. Гойчук А. Ф., Решетник Л. Л. Лісова фітопатологія у визначеннях, рисунках, схемах. Вид. 2-е, перероб. і доповн. – Житомир. «Полісся», 2010. – 186 с.
9. Гойчук А. Ф., Решетник Л. Л. Довідник-визначник базидіом головних дереворуйнівних грибів. Навчальний посібник. – Житомир: Полісся. 2011. – 48 с.
10. Гончаренко Г. Є., Совгіра С. В. Словник-довідник сучасних екологічних та природоохоронних термінів - К.: Наук. світ, 2010. – 70 с.
11. ГОСТ 50828-95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. Дата введения 1 июля 2006.
12. ГОСТ 51353-99. Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Состав и содержание. Дата введения 1 июля 2000.
13. ГОСТ 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования. Дата введения 1 января 2000,
14. ГОСТ 51606-2000. Карты цифровые топографические Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. Дата введения 1 января 2001.
15. ГОСТ 51607-2000. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. Дата введения 1 января 2001.
16. ГОСТ 51608-2000. Карты цифровые топографические. Требования к качеству. Дата введения 1 января 2001.
17. Дудка И. А., Вассер С. П. Грибы. Справочник миколога и грибника. – К.: Наукова думка, 1987. – 535 с.

18. Зерова М. Я. Атлас грибів України. – К.: Наукова думка, 1974. – 252 с.
19. Зосимович М. В. Основи космічного екологічного моніторингу. / М.В. Зосимович. – Житомир: ви-тво УСЗ, 2005. – 54 с.
20. Іванюк Д. П., Шульга І. В. Управління природоохоронною діяльністю. / Д. П. Іванюк, І. В. Шульга. – Житомир: ви-тво І. Франка. 2007. – 368 с.
21. Ключник П. И. Определитель дереворазрушающих грибов. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1957.- 140 с.
22. Краснов В. П., Ткачук В. І., Орлов О. О. Довідник із захисту лісу / Під ред В.П. Краснова. – К.: Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. – 528 с.
23. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології: Навч. посіб. – К.: Вид. дім “КМ Академія”, 2002. – 203 с.
24. Ладанюк А. П. Основи системного аналізу: навч. посіб. / А. П. Ладанюк – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
25. Лялько В. І., Федоровський О. Д. Космос-Україні. Атлас тематично дешифрованих знімків території України з українсько-російського космічного апарата “Океан-О” та інших космічних апаратів./ Під редакцією В.І. Лялька і О.Д. Федоровського. – К.: НКАУ, 2001.-106 с.
26. Лялько В. И., Сахацкий А. И., Ходоровский А. Я. Интеркалибровка разновременных многозональных космических снимков для экологического мониторинга (на примере исследований зоны влияния аварии на ЧАЭС). // Космічна наука і технологія. – К.: НАНУ, том 3, №3/4, 1997, с. 54-58.
27. Лялько В. И., Сахацкий А. И., Ходоровский А. Я. Экологический мониторинг окружающей среды по многозональным космическим снимкам // Космічна наука і технологія. – К.: НАНУ, 1999, т. 5, №4.-с.1-3.
28. Лялько В. І. Сучасний стан космічного землезнавства і перспективи його розвитку. Нові методи в космічному землезнавстві. Методичний посібник по тематичній інтерпретації матеріалів аерокосмічних зйомок. – К.: ЦАКДЗ ІГН НАНУ. – 1999.-с.6-18.
29. Лялько В. І., Сахацький А. І., Ходоровський А. Я. Застосування ГІС-технологій для вивчення екології лісних масивів за багатозональними космічними знімками (на прикладі зони відчуження ЧАЕС). Матеріали ГІС-форуму-99. К.: ГІС-Асоціація України. Київ 9-11 листопада 1999. – 263 с.
30. Мацнев А. І., Проценко С. Б., Саблій Л. А. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. – Рівне: ВАТ Рівенська друкарня, 2002. – 464 с.
31. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Под ред. Билай В. И. –Киев: Наукова думка. 1982. – 551 с.
32. Орлов А. А. Диагностическая таблица типов леса в субориях Житомирского Полесья // Лесная типология: современные методы выделения типов леса, классификация и районирование лесной растительности. – Мат. Междунар. научн. Семинара (Минск-Нарочь, 20-21 октября 2016 г.) / Национальная академия наук Беларуси, Институт

експериментальної ботаніки ім. В.Ф. Купревича, НАН Білорусі. – Мінськ: Колорград, 2016. – С. 96-106.

33. Попкова К. В. Общая фитопатология. – М.: Агропромиздат, 1989. - 399 с.

34. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія: підручник / В. Ф. Пересипкін. – К. : Аграрна освіта, 1993. – 415 с.

35. Проектування інформаційних систем: посіб. / За ред. В. С. Пономаренка. – К.: Вид. центр “Академія”, 2002 – 288 с.

36. Семенов А. И. О грибах и грибниках. Справочник. – Симферополь: Таврия. 1990. – 192 с.

37. Ситник В. Ф. Імітаційне моделювання: навч. посіб. / В.Ф. Ситник, В.Ф. Орленко Н.С. – К.: КНЕУ, 1998 – 232 с.

38. Ткач В. П. Ліси та лісистість в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку / В.П. Ткач // Український географічний журнал. – 2012, № 2. К., 2012. – С. 49-55.

39. Федоров Н. И. Лесная фитопатология: Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов специальностей «Лесное хозяйство», «Садовопарковое строительство» /Н.И. Федоров, В.А. Ярмолович. – Минск: БГТУ, 2005. - 448 с.

40. Федоров Н. И. Лесная фитопатология: Учеб. для лесохоз. вузов. – Минск: БГТУ, 2004. - 462 с.

41. Фрайштат Д. М. Реактивы и препараты для микроскопии. – М.: Химия, 1980. – 480 с.

42. Цилюрик А. В., Шевченко С. В. Лісова фітопатологія. – К.: КВЦ, 2008. - 464 с.

43. Цилюрик А. В., Шевченко С. В. Лісова фітопатологія. Практикум.-Корсунь-Шевченківський: Поліграфічний центр «Ірена», 1999. – 203 с.

44. Федоровский А.Д., Суханов К.Ю., Якимчук В.Г. К вопросу оценки космических снимков для дешифрирования природных ландшафтов. // Космічна наука і технологія. – К.: НАНУ, 1999, т.5, №1. – С.24-31.

45. Шевченко С. В., Цилюрик А. В. Лесная фитопатология. - К.: Вища школа, 1986.-381 с.

46. Чумакова А. Е., Минкевич И. И., Власов Ю. И., Гаврилова Е. А. Основные методы фитопатологических исследований. – М.: Колос, 1974. – 190 с.

47. Ясаманов Н.А. Разработка принципов картографирования риска территории //Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях – 1991 - № 4. – С. 31-49.

48. Інформаційно-пошукова правова система „Нормативні акти України” [Електронний ресурс] / НАУ. – Режим доступу : <http://www.nau.ua>. – Загл. з екрану.

Додатки

Додаток 1.

Кількість яєць в залежності від ваги яйцекладки основних шкідників лісу в умовах зони Полісся України

Вага кладки, лялечки, кокону, г	Середня кількість яєць в кладці, шт.			Середня кількість яєць, що відкладає одна самка, яка вийшла з лялечки, шт.									Вага кладки, лялечки, кокону, г
	золотогузка	кільчастий шовкопряд	непарний шовкопряд	звичайний сосновий пильщик	дубова зелена дистокуртка	сосновий п'ядун	соснова совка	золотогузка	кільчастий шовкопряд	шовкопряд монашка	непарний шовкопряд	сосновий шовкопряд	
0.001	6												0.001
0.003	17												0.003
0.005	28	12	6										0.005
0.008	45	19	10										0.008
0.010	56	25	12										0.010
0.020	111	50	25		12								0.020
0.030	167	75	33	15	25								0.030
0.040	222	100	40	20	45			10					0.040
0.050	278	125	58	25	65	5		30					0.050
0.060	333	150	75	30	85	10		50					0.060
0.070	389	175	88	35	105	30		75					0.070
0.080	444	200	100	40	120	50		100					0.080
0.090	500	225	ИЗ	51		65		120					0.090
0.100	556	250	125	62		80		140					0.100
0.120	667	300	150	92		100		180					0.120
0.140		350	175	124		125	1	220					0.140
0.160		400	200	152		155	8	270					0.160
0.180		450	225	162		190	16	310	13				0.180
0.200		500	250	178		220	36	350	18		2		0.200
0.220			275			238	68	390	24	5	4		0.220
0.240			300			250	100	440	31	10	8		0.240
0.260			325				132	480	39	15	10		0.260
0.280			350				166	520	48	20	15		0.280
0.300			375				198	560	58	25	20		0.300
0.320			400				230	610	71	30	30		0.320
0.340			425				262		87	35	40		0.340
0.360			450				284		103	45	50		0.360
0.380			475				304		119	60	60		0.380
0.400			500				320		135	70	80		0.400
0.450			562						175	120	120		0.420
0.500			625						215	170	150		0.500
0.550			687						255	220	200		0.550
0.600			750						295	270	250		0.600
0.650			812						335	330	300		0.650
0.700			875						375	400	350		0.700
0.750			937						415	450	400		0.750
0.800			1000						455	500	450	20	0.800
0.850			1062						495	550	500	21	0.850
0.900			1125							594	550	22	0.900
0.950			1188							615	600	23	0.950
1.000			1250							630	650	25	1.000
1.200											800	29	1.200
1.400										900	36	73	1.400
1.600										1000	49	93	1.600
1.800										1100	66	118	1.800
2.000										1150	86	147	2.000
2.200										1175	111	176	2.200
2.400										1200	130	205	2.400
2.600										1225	170	234	2.600
2.800										1250	210	263	2.800
3.000										1275	250	292	3.000
3.200											290	321	3.200
3.400											330	350	3.400
3.600											360	379	3.600
3.800											390	408	3.800
4.000											410	437	4.000
4.500												510	4.500

Додаток 2.

Двозначні випадкові числа Брадїса

28 89 65 87 08 30 29 43 65 42 95 74 62 60 63 01 86 54 96 72 10 91 46 96 86	13 50 63 04 23 78 66 28 56 80 51 57 32 22 27 66 86 65 64 60 19 83 52 47 53	25 47 57 91 13 47 46 41 90 08 12 72 72 27 77 56 59 75 36 75 65 00 51 93 51
05 33 18 08 51 04 43 13 37 00 05 85 40 25 24 84 90 90 65 77 98 55 59 49 48	51 78 57 96 17 79 60 96 26 60 73 52 93 70 50 63 99 25 69 02 86 28 30 02 35	34 87 96 23 95 70 39 83 66 56 48 21 47 63 74 09 04 03 35 78 71 30 32 06 47
89 83 40 69 80 73 90 96 05 68 10 89 07 76 21 91 50 27 78 37 03 45 44 66 88	97 96 47 59 97 93 41 69 96 07 40 24 74 36 42 06 06 16 25 98 97 81 26 03 89	56 33 24 81 36 97 50 81 79 59 40 33 04 46 24 17 78 80 36 85 39 46 67 21 17
89 41 58 91 63 13 43 00 97 26 71 71 00 51 72 19 28 15 00 41 56 38 30 92 38	65 99 59 97 84 16 91 21 32 41 62 03 69 26 32 92 27 73 40 38 45 51 94 69 04	90 14 79 61 55 60 22 66 72 17 35 27 99 18 25 37 11 05 75 16 00 84 14 36 37
39 27 52 89 11 73 13 28 58 01 81 60 84 51 57 05 62 98 07 85 62 97 16 29 18	00 81 06 28 48 05 06 42 24 07 12 68 46 55 89 07 79 26 69 61 52 16 16 23 56	12 08 05 75 26 60 60 28 99 93 60 09 71 87 89 67 85 72 37 41 62 95 80 97 63
31 13 63 21 08 97 38 65 34 19 32 11 78 33 82 81 99 13 37 05 45 74 00 03 05	16 01 92 58 21 89 84 05 34 47 51 99 98 44 39 08 12 60 39 23 69 99 47 26 52	48 97 74 73 72 88 09 31 54 88 12 75 10 60 36 61 73 84 89 18 46 06 30 00 18

Додаток 3.

Зелена маса гілки (г), залежно від її діаметра по породах в умовах зони Полісся України

Порода деревини	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	120
Ялина	5	6	8	9,5	11	14	16	18	20	23	25	28	31	34	37	40	57	75	95	115	140	167
Дуб	73	85	98	110	123	135	148	160	172	184	196	209	221	233	246	258	319	381	442	504	565	627
Береза	53	66	80	94	107	121	134	148	162	175	189	202	215	230	243	257	356	424	492	560	628	696

Додаток 4.

Маса листя кронної частини дуба звичайного залежно від діаметра стовбура дерева, (кг).

Ступінь товщини, см	Маса листя, кг	Ступінь товщини, см	Маса листя, кг
10	1.93	36	18.56
12	2.5	38	20.71
14	3.08	40	22.85
16	3.78	42	25.7
18	4.57	44	28.56
20	5.5	46	31.42
22	6.43	48	34.27
24	7.85	50	37.13
26	9.28	52	40.69
28	10.71	54	44.27
30	12.14	56	47.84
32	14.28	58	52.12
34	16.42	60	56.41

Додаток 5.

Середнє число дерев сосни звичайної на 1 м² при повноті 1,0

Клас бонітету	Вік, років												
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Ia	0.3	0.22	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.039	0.035	0.033	0.032
I	0.4	0.23	0.16	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.048	0.042	0.039	0.036	0.035
II	0.49	0.26	0.2	0.12	0.1	0.09	0.07	0.06	0.054	0.049	0.046	0.041	0.039
III	0.57	0.37	0.24	0.19	0.14	0.11	0.09	0.08	0.067	0.058	0.054	0.049	0.046
IV	0.95	0.47	0.37	0.23	0.18	0.15	0.12	0.1	0.083	0.078	0.072	0.067	0.062
V		0.71	0.48	0.37	0.28	0.24	0.18	0.17	0.144	0.117	0.105		
Va		1.2	1.1	0.67	0.56	0.48	0.32	0.26	0.24	0.203	0.176		

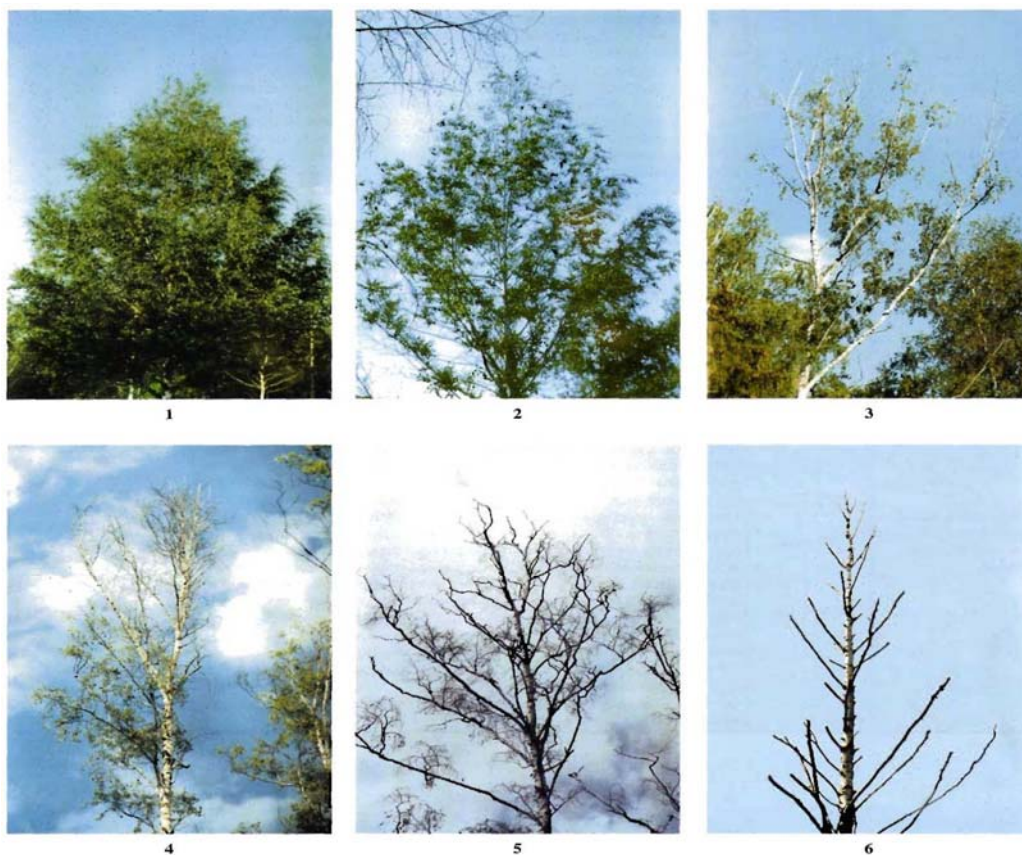
Додаток 6.

Зміна ваги здорових коконів самок і плодючості
звичайного соснового пильщика за фазами спалаху ураження
сосни звичайної в умовах зони Полісся України

Фаза спалаху	Вага коконів, г			Кількість яєць, шт		
	максимальна	середня	мінімальна	максимальна	середня	мінімальна
1-2	0,19 – 0,20	0,15-0,16	0	170 - 180	135 - 150	0
3	0	0,11 – 0,12	0	0	75 - 90	0
4	0	0,6 – 0,7	0,025	0	30 - 35	0

Додаток 7.

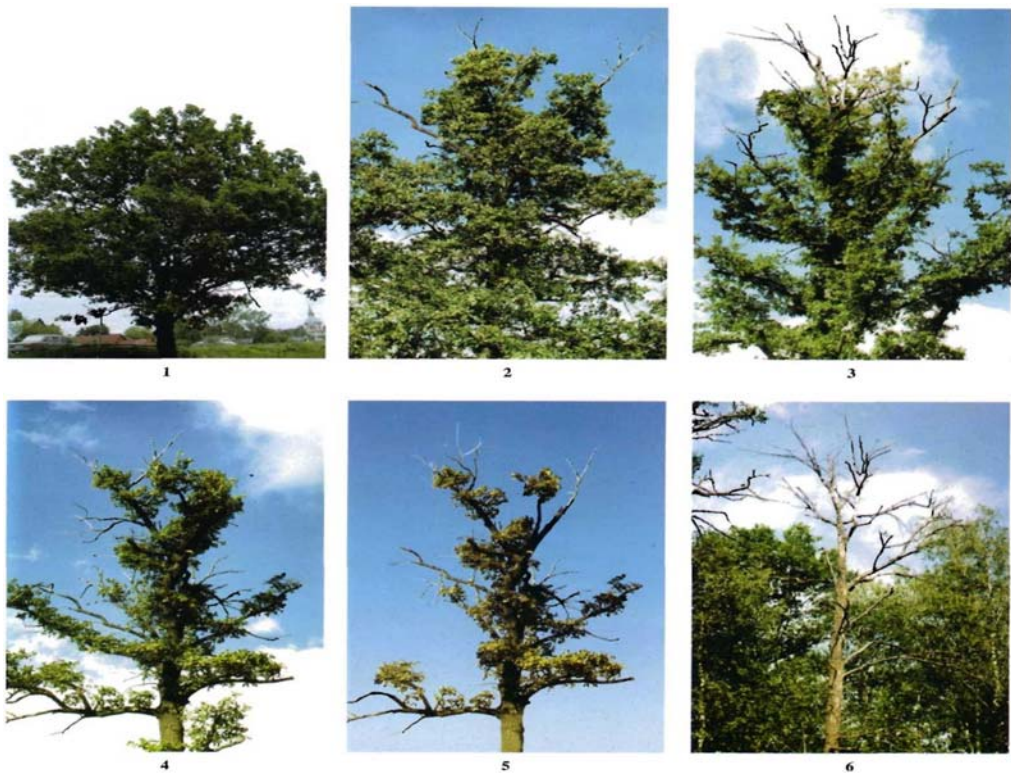
Шкала лісопатологічного стану основних лісоутворюючих порід:



Категорії лісопатологічного стану берези повислої:

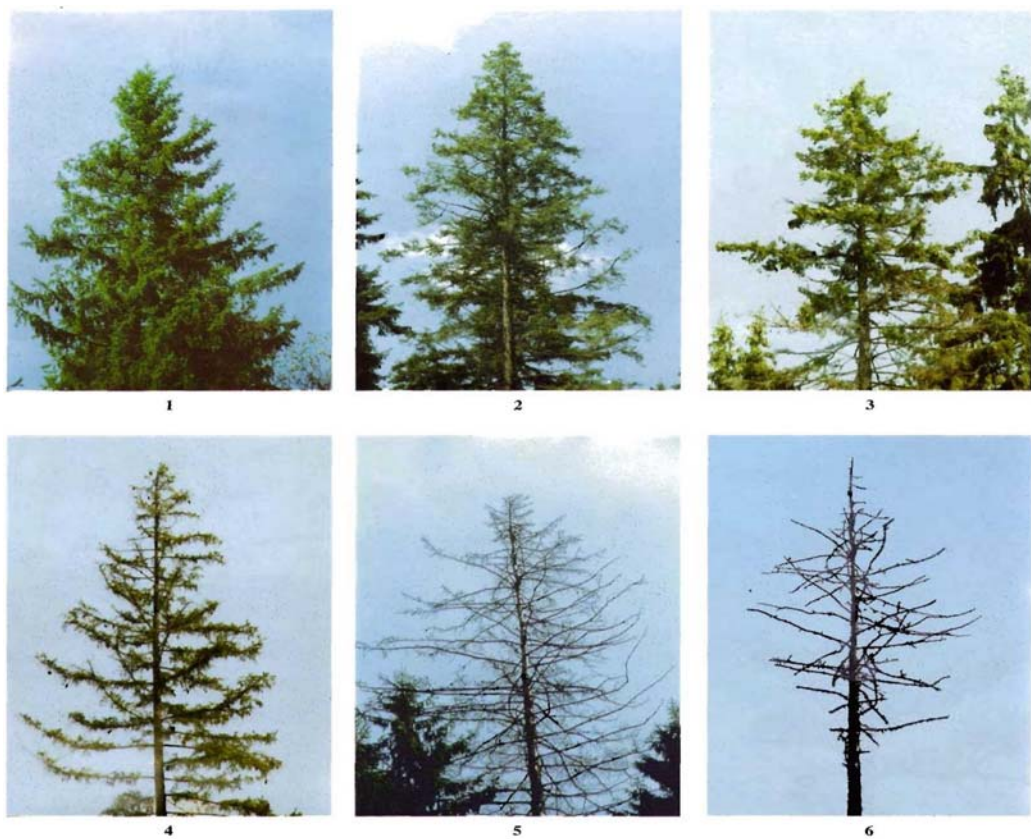
1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.

Продовження додатку 7.



Категорії лісопатологічного стану дуба звичайного:

1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
 2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.



Категорії лісопатологічного стану ялини звичайної:

1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
 2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.

Продовження додатку 7.



Категорії лісопатологічного стану вільхи чорної:

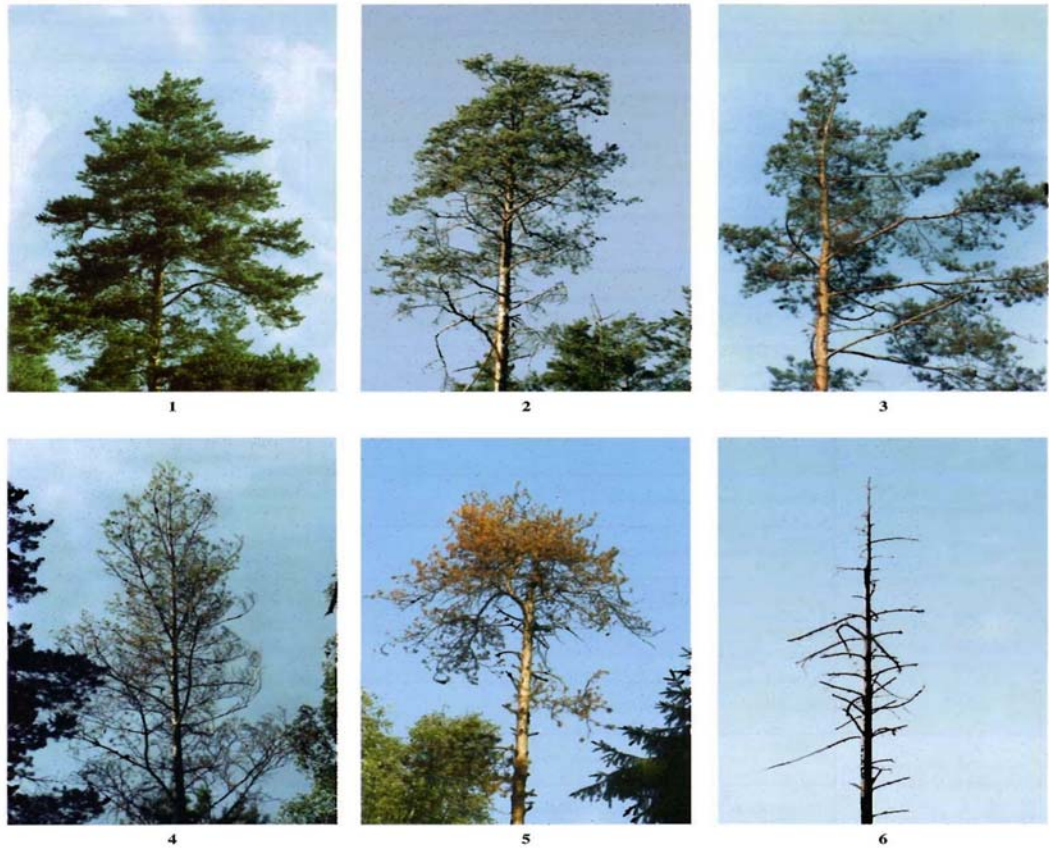
1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
 2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.



Категорії лісопатологічного стану осики:

1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
 2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.

Продовження додатку 7.



Категорії лісопатологічного стану сосни звичайної:

1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
 2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.



Категорії лісопатологічного стану модрина європейської:

1 - здорове дерево; 3 – сильно ослаблене; 5 – свіжий сухостій;
 2 – ослаблене; 4 – всихаюче; 6 – сухостій минулих років.

Додаток 8.

Кількість хвоє- та листогризучих шкідників на одне дерево або 1 м² поверхні підстилки і ґрунту в лісостанах, що загрожують 100% - м об'їданням хвої або листя (за Ільїнським, 1965 рік).

Види та біологічні фази шкідників	Кількість шкідників в середньому (шт.) на одне дерево у віці, (років)										на 1 м ²
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Яєць шовкопряда-монашки	200	400	550	750	1000	1250	1500	2000	2500	3000	
Гусениць соснового шовкопряда	70	100	150	250	300	400	500	700	800	1000	40
Гусениць соснового пильщика	40	60	90	150	180	240	300	420	480	600	28
Лялечок – самок соснової совки	6	12	16	24	32	40	50	60	70	80	4
Лялечок – самок соснового п'ядуна	10	15	24	36	48	60	75	90	105	125	6
Лялечок – самок соснового бражника	0.8	1.2	1.8	3	3.6	4.5	5.7	6.3	9.4	11.7	0.5
Лялечок – самок звичайного соснового пильщика	20	35	55	75	100	130	160	200	250	300	13
Лялечок – самок рижого сонового пильщика	25	45	70	100	130	170	210	270	330	400	17
Еонімф червоноголового або зірчастого ткача	50	90	140	200	260	340	420	540	660	800	35
Яєць непарного шовкопряда	150	350	550	800	1000	1300	1700	2200	2800	3300	
Зимуючих гнізд золотогоузки	1.5	3.0	5.0	8.0	10.0	13.0	17.0	22.0	28.0	33.0	
Яєць кільчастого шовкопряда	300	700	1100	1600	2000	2600	3400	4400	5600	6600	
Яєць вербної вовнянки	200	450	800	1100	1500	2000	2500	3000	4000	5000	
Лялечок – самок зеленої дубової листокрутки	10	35	50	70	100	130	170	220	280	350	
Лялечок – самок червонохвостого шовкопряда	0.4	0.9	2.2	3.2	4.7	6.2	7.6	9.0	10.8	12.3	0.4
Лялечок – самок зимового п'ядуна	4.5	12.0	25.0	40.0	60.0	75.0	95.0	115	135	150	5.0
Лялечок – самок п'ядуна – обдирала	2.3	6.0	12.0	20.0	30.0	40.0	48.0	55.0	70.0	80.0	3.0
Лялечок – самок тополевого п'ядуна – шовкопряда	1.1	2.5	6.0	10.0	15.0	18.0	24.0	28.0	32.0	40.0	1.2
Лялечок – самок бурого смугастого п'ядуна – шовкопряда	1.7	3.8	8.0	14.0	20.0	25.0	31.0	38.0	43.0	55.0	1.6
Лялечок – самок фруктового, жовтовусого і волохатого п'ядуна – шовкопряда	2.2	5.0	12.0	20.0	30.0	36.0	48.0	56.0	64.0	80.0	2.5
Лялечок – саамок лунки сріблястої	0.7	1.4	4.4	6.4	9.5	12.5	16.0	20.0	23.0	26.0	1.0
Лялечок – самок дубової хохлатки	0.5	1.2	3.0	4.2	6.3	8.3	10.5	13.2	16.2	19.3	0.7

Додаток 9.

Щільність гусениць 1-го віку на 100 г. хвої або листя, що відповідає різним ступеням об'їдання (за моделлю В. Б. Левченко, І. В. Шульга)

Види хвоє та листогризуч- их шкідників	Щільність гусениць при об'їданні, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сосновий шовкопряд	0.41	0.82	1.23	1.64	2.05	2.46	2.87	3.28	3.69	4.18
Шовкопряд - монашенка	1.39	2.79	4.18	4.53	6.97	8.37	9.76	11.15	12.15	13.9
Соснова совка	2.81	5.61	8.42	11.20	14.03	16.04	19.64	22.45	25.26	28.0
Сосновий п'ядун	7.42	14.83	22.25	29.67	37.08	44.50	51.91	59.33	66.75	74.1
Звичайний сосновий пилищик	16.89	33.78	50.67	67.56	84.40	101.3	118.2	135.10	152.00	168.9
Рижий сосновий пилищик	12.53	25.06	37.59	50.12	62.65	75.18	87.71	100.20	112.80	125.30
Червоноголов ий ткач - пилищик	9.13	18.26	27.38	36.51	45.64	54.77	63.89	73.03	82.15	91.28
Зірочний ткач- пилищик	2.55	5.09	7.65	10.19	12.74	15.29	17.84	20.39	22.94	25.49
Непарний шовкопряд	1.97	3.94	5.91	7.87	9.84	11.81	13.78	15.75	17.72	19.69
Золотогузка	4.39	8.78	13.18	17.57	21.96	26.36	30.74	35.14	39.53	43.92
Кільчатий шовкопряд	2.83	5.66	8.50	11.33	14.16	16.99	19.82	22.66	25.49	28.32
Зелена дубова листокрутка	22.80	45.70	68.60	91.40	114.3	137.2	160.00	182.90	205.80	228.60
Зимовий п'ядун	23.29	46.59	69.88	93.17	116.4	163.1	186.3	209.6	232.9	256.2
П'ядун - обдирало	7.23	14.68	22.02	29.37	36.71	44.05	51.39	58.73	66.07	73.42
Сосновий бражник	1.21	2.42	3.65	4.84	6.06	7.27	8.48	9.69	10.90	12.10
Кутний сосновий п'ядун	14.75	29.51	44.27	59.02	73.78	88.53	103.30	118.00	132.80	147.50
Дубова хохлатка	2.04	4.02	6.11	8.14	10.18	12.22	14.25	16.29	18.32	20.36
Лунка срібляста	1.42	2.84	4.26	5.68	7.09	8.52	9.34	11.35	12.77	14.19
Ясеневи ногохвіст	3.86	7.72	11.58	15.44	19.30	23.17	27.03	30.89	34.75	38.61
Звичайна гарпія	0.63	1.25	1.88	2.50	3.01	3.76	4.38	5.01	5.63	6.26
Двоколірна хохлатка	7.34	14.68	22.02	29.37	36.71	44.05	51.39	58.73	66.07	73.42

Дубовий похідний шовкопряд	5.09	10.20	15.29	20.39	25.49	30.58	35.68	40.78	45.88	50.98
Червонохвіст	7.84	15.69	23.53	31.38	39.22	47.07	54.91	62.75	70.60	78.44
Вербна хвилястка	7.34	14.68	22.02	29.37	36.71	44.05	51.39	78.78	66.07	73.42
П'ядун шовкопряд волосистий	7.34	14.68	22.02	13.34	22.93	27.51	32.10	36.69	41.27	45.80
Пухнастий п'ядун	37.86	75.73	113.60	113.60	227.19	265.05	302.91	340.91	340.78	378.60
Дубовий кутокрилий п'ядун	5.49	10.99	16.49	21.99	27.49	32.99	38.49	43.99	49.49	54.95
Американський білий метелик	2.15	4.30	6.45	8.61	10.76	12.91	15.06	17.21	19.36	21.50
Листокрутка глодова	27.11	54.21	81.32	108.43	135.33	162.64	189.75	216.86	243.97	271.00

Додаток 10.

Щільність гусениць 1-го віку на 100 г. хвої або листя, яка відповідає різним ступенем об'їдання (по моделі В. Б. Левченко, І. В. Шульга)

Види хвоє та листогризучих шкідників	Щільність гусениць при об'їданні, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сосновий шовкопряд	0.48	1.06	1.64	2.34	3.18	4.2	5.52	7.38	10.56	21.1
Шовкопряд - монашенка	1.09	2.39	3.68	5.27	7.15	9.45	12.42	16.6	27.76	47.5
Соснова совка	1.98	4.36	6.72	9.62	13.05	17.25	22.67	30.3	43.36	86.7
Сосновий п'ядун	5.24	11.51	17.74	25.41	34.48	45.59	59.89	80.07	114.5	229.1
Звичайний сосновий пильщик	13.7	28.92	44.58	63.85	86.64	114.54	150.49	201.18	287.8	575.6
Рижий сосновий пильщик	11.59	25.43	39.13	56.13	76.17	100.7	132.3	176.86	253.0	506.0
Червоноголовий ткач - пильщик	7.37	16.18	24.94	35.72	48.47	64.1	84.19	112.54	161.0	322.0
Зірочний ткач-пилильщик	1.99	4.37	6.73	9.64	13.08	17.29	22.72	30.37	43.44	86.89
Непарний шовкопряд	1.53	3.37	5.20	7.45	10.1	13.35	17.55	23.46	33.56	67.12
Золотогузка	4.37	9.60	14.79	21.19	28.76	38.02	49.96	66.78	95.54	191.1
Кільчатий шовкопряд	2.21	4.85	7.48	10.71	14.58	19.21	25.24	33.74	48.27	96.54
Зелена дубова	16.16	35.49	54.7	78.34	106.3	1140.5	184.66	246.85	353.16	706.29

листокрутка						3				
Зимовий п'ядун	16.46	36.15	55.73	79.82	108.3	143.17	188.12	251.47	359.78	719.53
П'ядун - обдирало	5.19	11.39	17.57	25.16	34.14	45.13	59.31	72.28	113.43	226.85
Сосновий бражник	0.86	1.88	2.89	4.15	5.63	7.45	9.79	13.08	18.72	37.44
Кутний сосновий п'ядун	10.43	22.91	35.31	50.58	68.63	90.72	119.2	159.35	227.98	455.94
Дубова хохлатка	1.44	3.16	4.87	6.98	9.47	12.52	16.45	21.98	31.46	62.91
Лунка срібляста	1.00	2.2	3.39	4.86	6.6	8.73	11.47	15.33	21.93	43.86
Ясеневий ногохвіст	2.73	5.99	9.24	13.23	17.96	23.74	31.19	41.69	59.65	119.3
Звичайна гарпія	0.44	0.97	1.49	2.15	2.15	2.91	3.85	5.06	6.76	19.35
Двоколірна хохлатка	5.19	11.39	17.57	25.16	34.14	45.15	59.31	79.28	113.42	226.85
Дубовий похідний шовкопряд	3.97	8.73	13.46	19.28	26.16	34.58	45.43	60.73	86.88	173.77
Червонохвіст	6.71	14.74	22.72	32.54	44.15	58.36	76.68	102.51	146.66	293.31
Вербна хвилястка	5.19	11.39	17.57	25.16	34.14	45.14	59.31	19.28	113.42	226.8
П'ядун шовкопряд волохатий	3.24	7.12	10.97	15.72	21.32	28.19	37.04	49.52	70.85	141.69
Пухнастий п'ядун	21.07	46.28	71.33	102.17	138.63	183.26	240.79	321.9	460.5	921.0
Дубовий кутокрилий п'ядун	3.88	8.54	13.16	19.12	25.58	38.81	44.23	59.39	84.97	169.93
Американськ-ий білий метелик	2.14	4.70	7.25	10.38	14.09	18.62	24.47	32.71	46.8	93.59
Листокрутка глодова	19.15	42.07	64.85	92.88	126.03	166.59	218.9	292.62	418.6	837.3

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького** – Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації
- ЄЕК ООН** – Європейська економічна комісія ООН
- ЛПМ** – лісопатологічний моніторинг
- ППО** – пункти постійного обліку
- ЕДСЕМ** – Єдина державна системи екологічного моніторингу
- ПТК** – природні територіальні комплекси
- ТО** – точки обліку
- ПТО** – постійні точки обліку
- ГІС** – геоінформаційні системи
- ГІС-технології** – технології обробки інформації, що включають застосування і інших систем, які не належать до ГІС
- GPS** – 'глобальна система позиціонування' – супутникова система навігації
- АРМ** – автоматизоване робоче місце (інженера-лісопатолога)
- ЄБД** – єдина база даних
- СУБД** – система управління базами даних
- МО України** – Міністерство оборони України
- ККЗ** – конверсійні космічні знімки
- ГТК** – гідротермічний коефіцієнт
- ГДК** – гранично допустима концентрація

Навчальне видання

Укладачі: кандидат с.-г. наук, доцент **Левченко Валерій Борисович**,
кандидат с.-г. наук, доцент **Шульга Ігор Володимирович**,
викладач вищої категорії, викладач-методист **Романюк Алла Андріївна**,
кандидат біологічних наук, доцент **Немерицька Людмила Вікторівна**,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Вишневський Анатолій Васильович**,
кандидат технічних наук, доцент **Котков Володимир Іванович**.

ЛІСОПАТОЛОГІЯ З ОСНОВАМИ МОНІТОРИНГУ

Підручник за ред. кандидата с.-г. наук, доцента В. Б. Левченко

Надруковано з готового оригінал-макету

Підписано до друку 03.01.2020. Формат 60х90/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Друк різнографічний.

Ум. друк. арк. 15.6. Обл. вид. арк. 17.1. Наклад 300. Зам. 2.

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка

м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 40

Свідоцтво про державну реєстрацію:

серія ЖТ №10 від 07.12.04 р.

електронна пошта (E-mail): zu@zu.edu.ua