



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/411827>
Article received 2018.08.04
Article accepted 2018.10.25

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr Kramarets
v_kramarets@ukr.net
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*44

Роль біотичних чинників у всиханні ялиників Українських Карпат

В. О. Крамарець¹, І. П. Мацях²

За останні десятиліття на території Українських Карпат відбувається масове всихання похідних ялинових насаджень, створених у висотних поясах дубових та ялицево-букових лісів. Встановлено, що причини всихання ялинових лісів мають комплексний характер і є наслідком взаємодії трьох компонентів складної системи (тріади) у конкретних умовах у той самий час: 1) чинники зовнішнього середовища (абіотичні, антропогенні), які погіршують стан дерев і посилюють дію патогену (або групи патогенів) та сприяють масовому розвитку комах-фітофагів; 2) значна кількість агресивного патогену (або групи патогенів) у поєднанні із комахами-фітофагами, розвиток та патогенність яких посилюється погодними умовами; 3) на значних площах наявні вразливі ялинові деревостани, склад, вік та структура яких робить їх уразливими до абіотичних та антропогенних чинників, сприяє розвитку і поширенню агресивних патогенів та комах-фітофагів.

Охарактеризовано закономірності впливу біотичних чинників на стан ялиників: тут спостерігається кумулятивний ефект – дисбаланс в одній із ланок стає причиною лавиноподібного руйнування консортних зв'язків та підсилює негативну дію інших біотичних чинників на дерева ялини – едифікатора цих екосистем. Серед біотичних чинників на всихання ялиників найсуттєвіший вплив мають: зміни у функціонуванні біотичної складової ґрунтів; активізація розвитку корневих гнилей; масове розмноження камбіо- та ксилофагів.

Розглянуто дію різних чинників на розвиток осередків масового розмноження короїда-типографа. Заборона на здійснення лісозахисних заходів (зокрема на вирубування свіжозаселених дерев) у так званій «період тиші» (від 1 квітня до 15 червня) значно знижує ефективність боротьби із короїдами. Своєчасне та якісне здійснення лісогосподарських заходів дасть змогу зменшити негативну дію корневих гнилей, комах камбіо- та ксилофагів і сповільнить процеси деградації ялиників.

Ключові слова: *Picea abies*; відмирання деревостанів; комах камбіо- та ксилофаги; кореневі та стовбурові гнилі; лісогосподарські заходи.

Вступ. На території Карпат відбулися значні зміни як у складі, так і в структурі лісостанів (Holubets, 1978, Barzdjan, Kratochvíl, & Peřina, 2003), які були спровоковані господарською діяльністю людини. Основною причиною появи похідних ялиників за межами природного поширення ялинових лісів як в Українських Карпатах, так і на території всієї Карпатської системи є масове культивування цієї господарськи цінної породи, деревину якої широко використовували для будівництва, виробництва

целюлози та інших потреб (Senczyna, 1927; Čížek, Kratochvíl, & Peřina, 1959, Kulig, 1965, Hensiruk & Bondar, 1973, Holubets, 1978). На процеси формування та ріст похідних ялиників впливають також кліматичні флуктуації, які разом із антропогенною діяльністю сприяють посиленню дії природних біотичних чинників, зокрема – розвитку хвороб, поширенню рослиноїдних комах.

Процеси деградації похідних ялиників Українських Карпат відбуваються на фоні погіршення

¹ Крамарець Володимир Олександрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-260-04-08, +38-067-252-76-5; E-mail: v_kramarets@ukr.net

² Мацях Ірина Павлівна – кандидат біологічних наук, асистент кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-260-04-08; E-mail: iramatsah@ukr.net

стану та всихання бореальних лісів у Європі, Росії, на Північноамериканському континенті (Battles & Fahey, 1996, Man'ko & Gladkova, 2001, Zhigunov, Semakova, & Shabunin, 2007). Явище всихання ялиників періодично спостерігалось у різних регіонах, зокрема і в зоні природних ялинових лісів (Vorontsov, 1978, Nevolin, Gritsynin, & Torkhov, 2005, Maslov, 2010). У 50-60-х роках ХХ ст. похідні ялиники всихали на території Стрийсько-Сянської Верховини та Сколівських Бескидів (Horshenyn & Shevchenko, 1954), а також на території Польщі (Mańka, 1953). Під кінець ХХ ст. та на початку ХХІ ст. всихання ялини охопило загалом всю територію Карпат (Treštík, Kupka, & Demel, 2004, Kozłowski & Kramarets, 2009). На території Українських Карпат процеси всихання похідних ялиників особливого катастрофічного масштабу набули в останні 10-15 років (Debryniuk, 2011, Kozłowski, Kramarets, & Tselen', 2013; Shparyk, Parpan, Slobodyan, Savchyn, & Buniy, 2013, Parpan et al., 2014). Суттєву роль у процесах всихання ялиників відіграють біотичні чинники.

Масове відмирання ялиників залишається надзвичайно актуальним питанням сучасної лісівничої науки і практики – загибель ялинових лісів на значних площах впливає на середовищеві та захисні функції, а поширення кореневих і стовбурових гнилей, масовий розвиток комах камбіо- та ксилофагів призводить до втрат технічної якості деревини.

Об'єкти та методика досліджень. Об'єкт дослідження – всихаючі лісостани ялини на території Українських Карпат. Предмет дослідження – біотичні чинники, які впливають на процеси всихання ялинових лісостанів.

Мета дослідження – встановити роль біотичних чинників у всиханні ялинових лісостанів.

Обстеження деревостанів, в яких виявлено процеси деградації та всихання ялиників, проводили на території державних підприємств «Сколівське ЛГ», «Славське ЛГ», «Турківське ЛГ», «Боринське ЛГ», «Осмолодське ЛГ», «Верховинське ЛГ», «Рахівське ЛДГ», Національних природних парків «Сколівські Бескиди» та «Вижницький». Окрім цього, опрацьовано та проаналізовано базу даних ДСЛЗП «Львівлісозахист» та ДСЛЗП «Івано-Франківськлісозахист». Оцінювання ролі та значення різних чинників у процесах всихання здійснювали за результатами рекогносцирувальних і детальних обстежень лісів, які виконували за методиками, що застосовують у лісозахисті (Mozolevskaya, Kataev, & Sokolova, 1984, Voroncov, Mozolevskaya, & Sokolova, 1991). Для дослідження мікоризації та стану коріння викопували ями розміром 20 x 50 см, завглибшки до 40 см. Оцінювали ступінь мікоризації (у % від загальної кількості тонких корінців) та наявність гнилого і пошкодженого коріння.

Результати досліджень та їх обговорення. Ялина європейська (смерека) *Picea abies* (L.) H. Karst. – бореальна порода, яка добре росте у прохолодному вологому кліматі на відносно багатих ґрунтах. На

цей час ялина європейська є головною лісотвірною породою Українських Карпат, деревостани якої дедалі більше деградують та відмирають. Однією з основних причин сучасного катастрофічного стану ялиників є попередня лісогосподарська діяльність. Починаючи з кінця ХІХ і аж до 80-90-х років ХХ ст., практикувалося створення ялинових культур на місці ялицево-букових та ялицево-буково-дубових лісів у Карпатах. Культивування ялиників мало за мету швидке отримання лісопродукції – ялина у цих типах лісорослинних умов росте дуже швидко і уже з віку 50-60 років придатна для отримання лісоматеріалів. Разом з тим, на нижніх висотних рівнях гір знижується фізіологічна стійкість ялини, зменшується її здатність опиратися проникненню патогенів і комах камбіо- та ксилофагів (Holubets, 1978; Kozłowski & Kramarets, 2009). Зміни у функціонуванні біотичних складових в ялинових екосистемах завжди відбуваються на фоні зовнішніх впливів, спричинених абіотичними та біотичними чинниками. На ялину як типово бореальну породу, дуже негативно впливають посухи, особливо на початку вегетаційного періоду. У похідних деревостанах ялина формує поверхневу кореневу систему, тому є досить чутливою до нестачі вологи в ґрунті (Horshenyn & Shevchenko, 1954; Holubets, 1978; Debryniuk, Krynytskyu, & Tselen', 2016). Погодні флуктуації особливо небезпечні для штучно створених ялинових монокультур, які ростуть у поясі ялицево-букових лісів та на рівнинах.

З аналізу матеріалів ДСЛЗП «Львівлісозахист», ДСЛП «Івано-Франківськлісозахист» та лісогосподарських підприємств Карпатського регіону встановлено, що на кінець 2016 р. площа всихаючих ялиників перевищувала 26 тис. га (рис. 1). Найбільшу площу всихаючих ялиників виявлено на території лісогосподарських підприємств Львівського ОУЛМГ – 16,2 тис. га.

Загалом у літературі наведено понад 170 причин ослаблення та всихання ялиників (Rehfuess, 1991). Процесам всихання ялини, зрештою як і інших деревних порід, раніше давали, зазвичай, монокаузальне пояснення – тобто вважали наслідком дії якогось одного чинника, чи принаймні кількох близьких, наприклад – поширення кореневих гнилей.

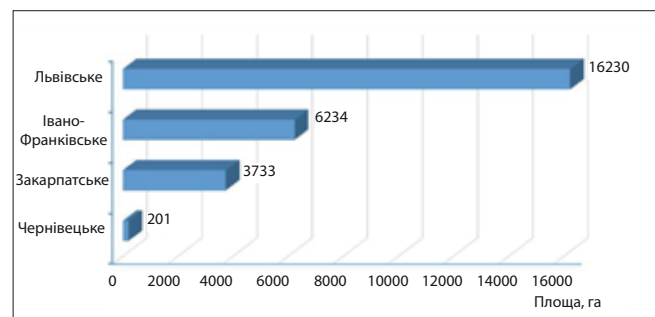


Рис. 1. Площа всихаючих ялиників на території підприємств Держлісагентства Карпатського регіону

Класична теорія фітопатології масове відмирання рослин (зокрема й інтенсивне всихання лісів) пояснює результатом взаємодії трьох груп компо-

нентів, так званий «трикутник хвороби» (Agrios, 2005): 1) вразлива до патогену рослина; 2) значна кількість агресивного патогену, який уражає цю рослину; 3) природні умови, які ослаблюють рослину та підсилюють дію патогену. Дія цих чинників у конкретних умовах водночас призводить до значного відмирання рослин (зокрема і деревних порід). Однак ці теорії розглядали, зазвичай, взаємодію одної рослини і одного патогену (Kramarets & Matsiakh, 2017). У лісах найчастіше маємо справу із комплексною дією різних видів патогенів, різних екологічних груп комах-фітофагів, вплив яких може суттєво модифікуватися захисними механізмами, котрі більшою або меншою мірою присутні у лісових екосистемах. Багато дослідників, котрі аналізували причини всихання лісів, вказували на негативний вплив комплексу чинників (Man'ko & Gladkova, 2001, Kozlowski & Kramarets, 2009; Debryniuk, 2011). Manion (1991), розглядаючи проблему масового всихання деревних порід, зазначав, що біотичне захворювання дерев є результатом взаємодії трьох чинників: 1) рослин, тобто виду дерев (враховуючи їх генотип, розвиток і функції); 2) навколишнього середовища (природного та сформованого антропогенно); 3) патогенів чи шкідливих організмів (сюди належать вищі рослини, гриби, бактерії, віруси, мікоплазми, нематоди, комах, рикетсії, спіроплазми). Хвороба буде проявлятися тільки внаслідок інтеракції (взаємодії) всіх цих трьох компонентів.

Узагальнюючи наявну інформацію стосовно всихання лісових насаджень, можна стверджувати, що масове пошкодження ялинових лісів буде спостерігатися у разі накладання та взаємодії трьох компонентів складної системи (тріади) у конкретних умовах у той самий час (рис. 2):

1) чинники зовнішнього середовища (абіотичні, антропогенні), які погіршують стан дерев і посилюють дію патогену (або групи патогенів) та сприяють масовому розвитку комах-фітофагів;

2) значна кількість агресивного патогену (або групи патогенів) в поєднанні із комахами-фітофа-

гами, розвиток та патогенність яких посилюється погодними умовами;

3) на значних площах наявні вразливі ялинові деревостани – склад, вік і структура яких робить їх уразливими до абіотичних та антропогенних чинників, сприяє розвитку і поширенню агресивних патогенів та комах-фітофагів.

За відсутності якогось із цих компонентів масового ураження лісів не буде – наявність агресивного патогену та вразливого деревостану призводить до помірного перебігу хвороби та до локальних уражень лісів; несприятливі чинники середовища у вразливих деревостанах (за відсутності агресивного патогену) призведуть до ослаблення та пошкодження дерев внаслідок дії абіотичних (кліматичних) чинників.

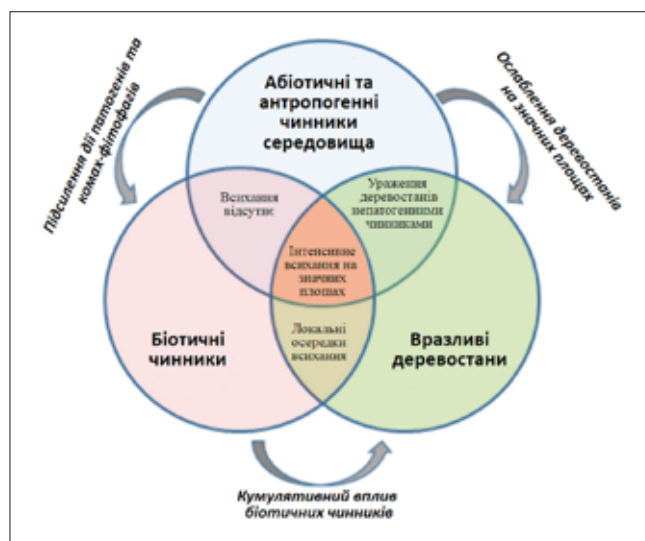


Рис. 2. Тріада основних екологічних чинників, які визначають процеси захворювання та відмирання лісів

За результатами власних досліджень та узагальнюючи дані різних дослідників можна окреслити загальну схему взаємодії біотичних чинників, які впливають на стан ялинових лісів (рис. 3).



Рис. 3. Схема послідовної кумулятивної дії біотичних чинників у процесі ослаблення та всихання ялиників

Обстеження похідних ялинників Українських Карпат, в яких відбувається деградація та відмирання дерев, дає підставу констатувати про спільну дію різних груп гетеротрофних організмів за зміни їх кількості, агресивності, патогенності. Як результат, маємо своєрідний кумулятивний ефект: дисбаланс в одній із ланок стає причиною лавиноподібного руйнування консортних зв'язків та підсилює негативну дію інших біотичних чинників на дерева ялини – едифікатора цих екосистем. Процес впливу біотичних чинників на ялинники можна згрупувати в такі функціональні блоки: 1) зміни у функціонуванні біотичної складової ґрунтів; 2) активізація розвитку корневих гнилей; 3) інтенсивне розмноження камбіо- та ксилофагів.

Зміни у функціонуванні біотичної складової ґрунтів зумовлені такими причинами:

- високі температури ґрунту погіршують умови розвитку мікоризних грибів, призводять до відмирання фізіологічно активних корінців та активізують розвиток рослиноїдних нематод (фітогельмінтів);
- погіршення фізіологічного стану та пошкодження корневих систем сприяє ураженню дерев збудниками корневих гнилей.

Ялина є мікоризотрофною породою, яка потребує наявності мікоризоутворювальних грибів для забезпечення мінерального живлення (Sierota, 2011). У лісовій зоні утворення мікориз властиве для практично всіх лісотвірних порід – у цих дерев відсутні кореневі волоски, а замість них тонкі корінці обплітає зверху грибний чохлик, який і дає змогу деревам повноцінно засвоювати із ґрунту мікроелементи та поживні речовини (Krupa, 2010, Sierota, 2011, Prasad et al., 2017). Погіршення процесів мікоризоутворення та збіднення складу мікоризних грибів призводить до ослаблення біотичної стійкості дерев, що відображається також у зменшенні їх приросту (Sierota, 2011, Kumarar, Kumar, Prasad, Tuteja, & Varma, 2017). Понад це міцелій мікоризних грибів формує свого роду мережу, яка забезпечує обмін поживними речовинами між різними видами ектомікоризних дерев, зокрема між хвойними та листяними (Simard et al., 1997). В ялинниках мікоризу формують гриби з родів *Russula*, *Lactarius*, *Boletus*, *Amanita* та ін.

Під час дослідження всихаючих похідних ялинників на території регіонального ландшафтного парку «Надсянський» (кв. 19 Боринського лісництва ДП «Боринське ЛГ») встановлено, що ступінь освоєння тонких корінців мікоризою зменшується до 8-33%. Разом з тим, в умовно-корінному лісостані вологої мезотрофної букової 75-91% тонких корінців вкриті мікоризою (рис. 4).

Важливим чинником впливу на стан корневих систем навіть дорослих похідних ялинників є зміни у функціонуванні комплексу ґрунтових безхребетних тварин. За результатами наших досліджень, у регіональному ландшафтному парку «Надсянський» у похідних ялинниках порівняно з умовно-корінним лісостаном вологої мезотрофної букової яличини відбувається збіднення таксономічного різ-

номаніття як у межах окремих розмірних груп, так і загалом; перерозподіл використання енергії таксономічними і трофічними групами безхребетних, зокрема зменшення споживання енергії сапробіонтними видами та збільшення фітофагами (Kozłowski, Yavornytsky, Kramarets, & Matsiakh, 2012).

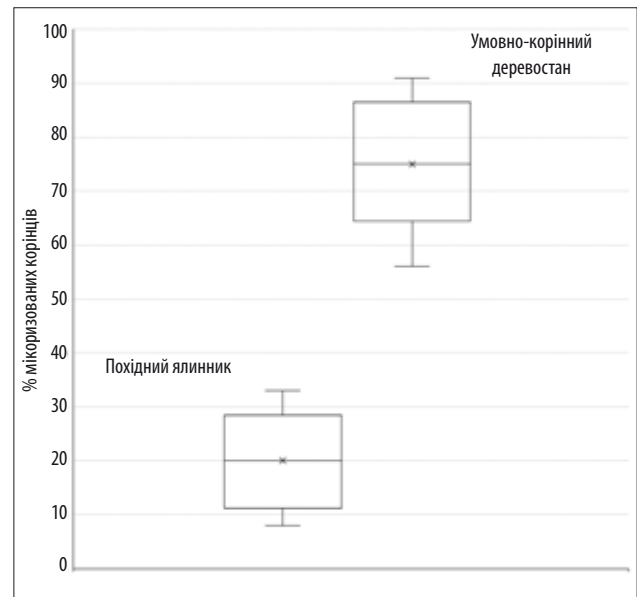


Рис. 4. Частка мікоризованих корінців

Активізація розвитку корневих гнилей впливає так:

- поширення опенька та кореневої губки (збудників корневих гнилей ялини) призводить до подальшого відмирання корневих систем, що погіршує мінеральне живлення та водопостачання дерев;
- відмирання корневих систем у поєднанні із дією абіотичних чинників (насамперед – високих температур повітря та недостатньої кількості опадів) призводить до зниження захисних функцій ялини (зокрема – смоловиділення) та сприяє заселенню дерев комахами камбіо- та ксилофагами.

Під час обстеження насаджень урочища «Маківка» виявлено, що ступінь пошкодження дерев корневими гнилями (кореневою губкою, опеньком осіннім та облямованим трутовиком) у всихаючих та мертвих деревостанах ялини становить 79-84% (Kramarets & Petrusa, 2007).

У середньовікових, пристигаючих і стиглих ялинниках визначальний вплив на стан дерев мають кореневі гнилі, основними збудниками яких в Українських Карпатах є *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen, *H. annosum* (Fr.) Bref. та види комплексу *Armillaria mellea* s.l. (зокрема – *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink). Зазвичай у похідних ялинниках діють комплексні осередки корневих гнилей, в яких разом із кореневою губкою дерева уражені ще й опеньком. Рідше трапляються кореневі гнилі, спричинені *Climacocystis borealis* (Fr.) Kotl. & Pouzar. За літературними даними (Tsyliuryk & Shevchenko, 1989), цей вид приурочений до високогірних ялинників, однак ми виявили ураження дерев ялини північним трутовиком і на висотах 400-

500 м н.р.м. Моніторингові спостереження в лісах Львівської обл. показали значне збільшення площі ялинників, уражених кореневими гнилями – від 100-450 га у 80-х роках ХХ ст. до понад 20 тис. га у 2010-2012 рр. (рис. 5).

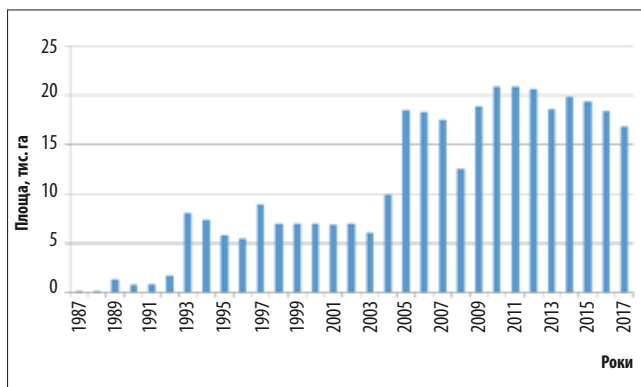


Рис. 5. Площа осередків корневих гнилей на території підприємств Держлісагентства, розташованих у гірській частині Львівської обл., тис. га

Після 2014 р. площа осередків корневих гнилей почала зменшуватися, однак наприкінці 2017 р. на території підприємств Держлісагентства, розташованих у гірській частині Львівської обл., ще нараховується 16,8 тис. га осередків корневих гнилей.

Під час обстеження ялинових лісостанів виявлено 81 вид ксилотрофних грибів-макроміцетів. Із них на живих деревах ялини можуть розвиватися 26 видів (рис. 6). Сухостійні дерева заселяють 40 видів ксилотрофних макроміцетів, буреломні та вітровальні дерева – субстрат, на якому розвивається 65 видів виявлених грибів.

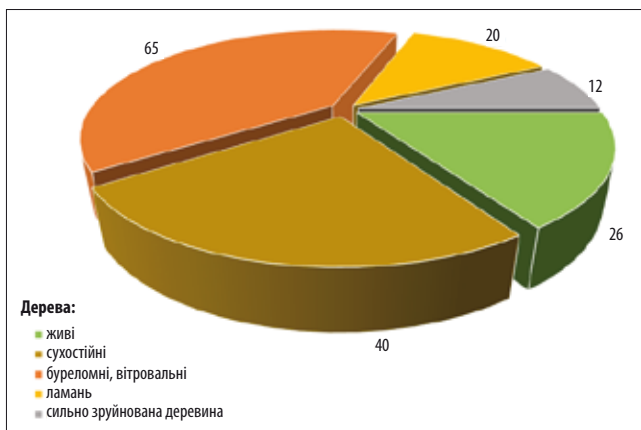


Рис. 6. Трофічні групи ксилотрофних грибів-макроміцетів, виявлених в ялинових лісах Українських Карпат, кількість видів

Роль та значення збудників стовбурових гнилей зростає у пристигаючих і стиглих ялинових лісостанах. Однак на сьогодні ці ксилотрофні гриби є швидше чинником, який пришвидшує відмирання дерева, але не може бути причиною масового всихання – виявлені в ялинниках збудники стовбурових гнилей призводять до поступового ослаблення та відмирання дерев. Деякі з цих грибів, зокрема

Fomitopsis pinicola (Sw.) P. Karst., *F. rosea* (Alb. & Schwein.) P. Karst., *Trichaptum fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden, види роду *Gloeophyllum* є слабкими паразитами (заселяють здебільшого сильно ослаблені дерева), однак дуже швидко погіршують технічну якість лісоматеріалів. Окрім цього, у ялинниках поширена група ксилотрофних грибів, які поселяються на поваленій, зруйнованій іншими трутовими грибами деревині, зокрема *Amylocorticium subsulphureum* (P. Karst.) Pouzar, *Henningomyces candidus* (Pers.) Kuntze, *Pycnoporellus alboluteus* (Ellis & Everh.) Kotl. & Pouzar та ін.

Розмноження камбіо- та ксилофагів супроводжується такими аспектами:

- наявність значної кількості ослаблених абіотичними чинниками та кореневими гнилями дерев ялини сприяє різкому наростанню чисельності короїда-типографа, який може атакувати та заселяти дерева навіть із незначним ступенем ослаблення;
- ослаблені та всихаючі дерева ялини заселяють інші види комах камбіо- та ксилофагів (короїди, вусачі, рогохвости), що пришвидшує відмирання дерев та погіршує технічну якість деревини;
- вусачі сприяють поширенню стовбурової нематоди (*Bursaphelenchus mucronatus* Matsumura & Endo), яка знаходить сприятливі умови для свого розвитку в похідних ялинниках (у зоні ялицево-букових лісів) та є одним із чинників, які пришвидшують відмирання дерев.

На кожному етапі онтогенезу ялинників є певна група фітопатогенних організмів (грибів, оомікотів, фітогельмінтів), а також комах-фітофагів, які в сприятливих умовах різко активізуються та можуть бути причиною суттєвого ослаблення, або відмирання окремих дерев і насаджень загалом.

В ялинових молодняках провідну роль у процесах ослаблення дерев відіграють збудники хвороб хвої, кореневі гнилі (арміляріоз) та безхребетні фітофаги, які пошкоджують кореневі системи (Kozłowski, Yavornytsky, Kramarets, & Matsiakh, 2012).

На невеликих ділянках виявлено ослаблення молодих дерев унаслідок масового розвитку хермесів (*Sacchiphantes abietis* (L.), *Adelges laricis* Vallot) та видів роду *Hylobius*. Однак на сьогодні дія цих патогенів та фітофагів є локальною, вони є причиною формування невеликих куртин ослаблення та відмирання молодняків.

Хвоєгризні комаху середньовікових та стиглих ялинниках Українських Карпат на цей час не мають якогось суттєвого впливу на стан та ослаблення деревостанів. Однак в інших регіонах (на території Польщі та Чехії) періодично відбувається масове розмноження пильщиків з роду *Cephalcia* (Jachym, Liška, & Holuša, 2005). Види цього роду поширені також на території Українських Карпат, тому потребують постійного моніторингу їх поширення та розвитку.

Досить значний вплив на погіршення стану ялинників мають комаху камбіо- та ксилофаги. Серед цієї групи комах, які поселяються на яли-

ні, найбільша кількість видів належить до родини довгоносики (*Curculionidae*), зокрема з підродини короїди (*Scolytinae*) – 25 видів, з підродини *Entiminae* – два види та з підродини *Molytinae* – п'ять видів. Другою за чисельністю родиною комах камбіо- та ксилофагів є вусачі (*Cerambycidae*) – 28 видів. З інших родин у всихаючих ялиниках виявлено два види з родини златки (*Buprestidae*) та два види з родини рогахвости (*Siricidae*). Живі дерева можуть атакувати й успішно їх заселяти 11 видів камбіо- та ксилофагів (рис. 7), на сильно ослаблених деревах поселяються 42, на сухостійних – 52 види. Фізіологічну активність проявляють в основному короїди.

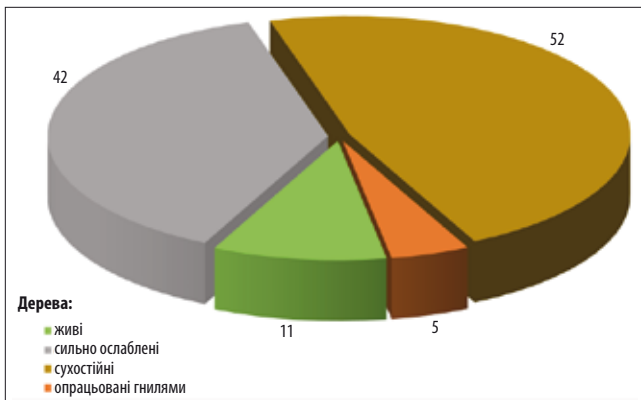


Рис. 7. Кількість видів комах камбіо- та ксилофагів, які можуть заселяти дерева ялини різного рівня ослаблення

На всихаючих деревах ялини практично завжди присутні ходи вусачів, зокрема видів родів *Monochamus* (найчастіше – *M. sutor* (Linnaeus, 1758)) та *Tetropium* (*T. castaneum* (Linnaeus, 1758), *T. fuscum* (Fabricius, 1787)). Однак ці види є скоріше чинником, який пришвидшує процеси відмирання дерев ялини, на живих деревах вони не селяться, розвиток їх часто обмежується швидким розвитком короїдів (зокрема, короїда-типографа), які швидше заселяють та опрацьовують придатні для заселення дерева. Супутнім чинником дестабілізації ялиників може бути стовбурова нематода *Bursaphelenchus mucronatus* Mamiya et Enda, розвиток якої призводить до закупорювання трахеїд, внаслідок чого погіршується водопостачання крони (Kozlovsky, 2006; Kozlowski & Kramarets, 2009). Основними поширювачами стовбурових нематод є вусачі з роду *Monochamus*.

Ялиники віком понад 50–60 років, після їх ослаблення кореневими гнилями або внаслідок кліматичних чинників (посушливі періоди, розрідження деревостанів внаслідок рубок та ін.), активно заселяє короїд-типограф *Ips typographus* (L.) та супутні йому види короїдів (*Ips duplicatus* (C.R.Sahl.); *Pityophthorus pityographus* (Ratz.), *Polygraphus polygraphus* (L.), *Pityogenes chalcographus* (L.) та ін.), а також комахи-ксилофаги з родин *Cerambycidae*, *Siricidae*.

Короїд-типограф є найбільш господарськи значущим камбіофагом, який суттєво впливає на стан

ялиників, дуже швидко реагує на наявність кормової бази (всихаючих, вітровальних та навіть просто фізіологічно ослаблених дерев) і різко збільшує свою чисельність (Maslov, 2010; Grodzki, 2013).

За даними обліків на пробних площах (ДП «Сколівське ЛГ» та ДП «Славське ЛГ») встановлено, що в разі масового розвитку чисельність короїда-типографа на одному дереві може сягати від 1,2 до 11,5 тис. шт. При цьому чисельність літніх поколінь («сестринського» та другого) є також значною. Лісівничі методи, зокрема здійснення вибіркового санітарних рубок та вибірка і корування дерев до виходу молодого покоління (від кінця травня до першої половини червня), дає змогу різко зменшити чисельність короїдів у наступних поколіннях. Однак проведення санітарних рубань у цей період (так званий «період тиші» – від 1 квітня до 15 червня) заборонено «Санітарними правилами в лісах України» (у редакції від 2016 р.). Підприємства карпатського регіону недостатньо застосовують також й інші методи запобігання масовому розвитку короїдів, зокрема феромонні пастки, викладання ловильних дерев.

Площа осередків масового розмноження короїда-типографа стрімко зростає (рис. 8), зокрема: у 80-х роках ХХ ст. у гірських лісах Львівської області фіксували невеликі локальні осередки – на вітровальних та сильно ослаблених деревах, у 90-х роках їх площа становила 200–400 га. На початку 90-х років ХХ ст. в ялинових лісах Львівщини пройшли вітровали, які не завжди вдалося вчасно розробити, що і дало поштовх подальшому розростанню спалаху короїда-типографа.

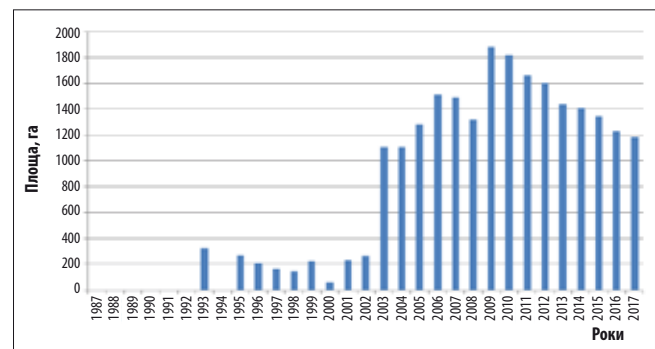


Рис. 8. Динаміка осередків масового розмноження короїда-типографа, га

Починаючи з 2003 р., розпочалося стрімке зростання площі ялиників, заселених короїдом-типографом (понад 1 тис. га), яке сягнуло максимуму (1,9 тис. га) у 2009 році. Після цього площа осередків короїда-типографа в гірських лісах Львівщини почала дещо зменшуватися, що може свідчити про початок природного затухання спалаху. Водночас за останні роки в гірських районах Львівської області у всихаючих ялиниках було проведено суцільні санітарні рубання, що також вплинуло на зменшення площі осередків масового розмноження короїда-типографа.

Разом з тим, часто недооцінюють роль та значення короїдів, які поселяються в районі тонкої кори та на гілках. Це, зокрема, короїд-двійник *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836), короїд верхівковий ялиновий *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872), поліграф пухнастий *Polygraphus poligraphus* (Linnaeus, 1758), гравер звичайний *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1760) та інші види. Нагляд та ідентифікацію пошкоджень дерев короїдами, які розвиваються у кронах та на верхівках дерев, досить складно здійснювати під час проведення надземних спостережень, однак їхня роль в ослабленні та всиханні ялинових лісостанів є значною (Michalski & Mazur, 1999; Kukhta, 2011, Kukhta, Blintsov, & Milejko, 2017). Поширенню цих короїдів, окрім природних чинників (пошушлива погода, високі температури, пошкодження гілок та верхівок дерев снігом або вітром тощо), сприяє також недостатньо якісне очищення лісосік від порубкових залишків, на яких успішно розвивається їх молоде покоління.

Інвазія короїдів може стати самостійним чинником впливу на навколишні лісостани та призвести до відмирання ялинових насаджень на значних площах, зокрема в періоди суттєвого ослаблення лісів внаслідок дії високих температур повітря та відсутності дощів, особливо в травні-червні. Дуже чутливими до впливу погодних чинників є похідні ялинники, які ростуть на нижніх висотних рівнях гір, у поясах дубових і буково-ялицевих лісів.

Розвиток осередків масового розмноження короїдів у природних лісостанах регулюється комплексом біотичних та абіотичних чинників. У ході коеволюції сформувалися різноманітні механізми, які

запобігають надмірному розвитку та поширенню комах-фітофагів. Біотичні чинники (ентомофаги хижаків та паразити, ентомопатогенні мікроорганізми тощо) відіграють важливу роль у регулюванні чисельності рослиноїдних комах (Viktorov, 1976, Chernova & Bylova, 2004). Розвиток спалаху автохтонних комах-фітофагів у лісостанах аборигенних деревних порід (зокрема формування осередків масового розмноження короїда-топографа у ялинниках) можна проілюструвати так (рис. 9).

Багатоїдні ентомофаги та комахоїдні хребетні тварини. За незначної чисельності короїда-типографа на стан його популяції впливають багатоїдні ентомофаги-хижаки: мурахожук (*Thanasimus formicarius* (Linnaeus)), верблюдки (Raphidiidae), ктирі (Asilidae), мурашки (Formicidae), хижі личинки мух-зеленушок (Dolichopodidae) та списохвісток (Lonchaeidae) тощо. Загалом у популяціях короїда-типографа виявлено 76 видів ентомофагів-хижаків та 57 видів хижих кліщів (Michalski & Mazur, 1999). Певний вклад у регулювання чисельності короїда-типографа роблять комахоїдні хребетні тварини (дятли, синиці, повзики, лиликоподібні). Серед них є види, які полюють за імаго короїдів у повітрі або на поверхні кори, інші – знищують частину імаго та личинок під корою. Разом з тим, ця група біологічних регуляторів не може швидко та ефективно погасити наростання чисельності короїда-типографа та спалах його масового розвитку за наявності оптимальної для цього виду кормової бази (зокрема ослаблених середньовікових, пристигаючих, стглих та перестійних ялинників).



Рис. 9. Механізми регулювання чисельності в популяціях короїда-типографа (! – низька ефективність, !! – середня ефективність, !!! – висока ефективність; !!!! – дуже висока ефективність)

На сьогодні напрацьовано технології розведення та сезонної колонізації ентомофагів-хижаків, зокрема – *Thanasimus formicarius* (Linnaeus) та *Rhizophagus grandis* Gyllenhal (Aksu, 2011 a,b). Такі роботи потребують створення спеціалізованих біолабораторій та наявності добре підготовлених

спеціалістів для вирощування ентомофагів у необхідній кількості. Спосіб сезонної колонізації доцільно використовувати для боротьби з короїдами в осередках, що формуються. Однак варто розуміти, що хижаки часто є недостатньо ефективними в разі масового розвитку короїдів та формування

значних за площею спалахів за наявності ослаблених насаджень на значних площах (Chernova & Vylova, 2004).

Спеціалізовані ентомофаги. Зосереджуються в осередках масового розмноження короїда-типографа в разі наростання його чисельності. В осередках короїда-типографа виявлено 26 видів ентомофагів-паразитів (Michalski & Mazur, 1999) з родин *Braconidae*, *Eurytomidae*, *Pteromalidae*. Разом з тим, роль і значення цих комах у регулюванні спалаху є недостатніми – в разі масового розвитку короїдів паразити заселяють незначну кількість личинок під корою (за нашими спостереженнями, всього кілька відсотків). Окрім цього, поширення в насадженнях комахоїдних хребетних тварин (зокрема дятлів, які роздовбують кору) призводить до знищення також і ентомофагів-паразитів. Меншою, але також досить значною, є кількість ентомофагів інших видів фізіологічно важливих короїдів ялини (Michalski & Mazur, 1999).

У регулюванні чисельності короїдів ялини можуть мати значення короїди з роду *Crypturgus*. Вони є камбіофагами ялини, однак свої маточні ходи починають від маточних ходів інших короїдів. Їхні личинки дуже швидко прокладають ходи в лубі і корі, тим самим погіршуючи умови живлення та розвитку більш господарські важливих видів короїдів (Michalski & Mazur, 1999).

Ентомопатогенні мікроорганізми. Бактерії, гриби та віруси досить добре регулюють чисельність хвоє- і листогризних комах. Однак у популяціях короїда-типографа та інших камбіо- та ксилофагів їхня роль є незначною – личинки цих комах живуть ізольовано під корою, що обмежує швидке поширення інфекції в популяції. Окрім цього, епізоотії у популяціях короїдів найактивніше проявляються за погіршення умов розвитку короїдів, тобто тоді, коли починають діяти інші механізми регуляції чисельності – внутрішньовидова конкуренція, погодні умови тощо (Chernova & Vylova, 2004). Певне значення можуть мати ентомопатогенні гриби, зокрема види роду *Beauveria*. Під час лабораторних та польових досліджень виявлено досить ефективну дію цих грибів на імаго короїда-типографа та інші видів короїдів (Kreutz, Zimmermann, & Vaupel, 2004, Kosačevik et al., 2016). Однак дослідження в польових умовах у ялинниках польських Бескид не показало якогось суттєвого впливу внесення гриба *Beauveria bassiana* в підстилку на чисельність короїда-типографа (Grodzki & Kosibowicz, 2015). Можливо, на ефективність цього гриба впливають погодні умови та стан популяції короїда, що потребує подальших досліджень та уточнень.

Внутрішньовидова конкуренція за їжу. Основним регулятором чисельності короїда-типографа та інших комах камбіо- та ксилофагів є виснаження кормової бази, тобто освоєння всіх доступних для живлення дерев, або всихання всього деревостану. У цьому випадку починається розсіювання популяції короїда, пошук доступних для освоєння дерев ялини (навіть поодиноких екземплярів) у складі розташо-

ваних поруч мішаних лісостанів або перехід на ялицю, живлення на якій не дає можливості швидкого збільшення чисельності популяції. Внаслідок затухання спалаху короїд-типограф зберігається тільки в резерваціях – на окремих ослаблених чи повалених вітром деревах або їх невеликих куртинах – на деревах, уражених кореневими гнилями. Спалах короїда-типографа за сприятливих умов для його розвитку та наявності кормової бази може тривати від кількох років в епізодичних осередках до понад 20 років – у хронічних осередках масового розмноження.

Висновки. Масове відмирання ялинників спричинене насамперед дією абіотичних чинників та лісогосподарською діяльністю в попередні 50-100 років. Біотичні чинники, діючи на фоні кліматичних та антропогенних флуктуацій, можуть бути причиною суттєвого погіршення стану та дестабілізації похідних ялинових лісів на території Українських Карпат.

Покращення стану похідних ялинових насаджень, створених у ялицево-букових типах лісу, можна досягти за впровадження системи лісівничих заходів, яка передбачає:

- здійснення заходів з покращення санітарного стану деревостанів;
- перехід на вибіркочку систему ведення лісового господарства;
- заходи із реконструкції ялинових молодняків та забезпечення формування лісостанів за типом корінних;
- створення під наметом всихаючих ялинників попередніх лісових культур із деревних порід, які відповідають едафо-кліматичним умовам території;
- використання природних сукцесій у відновленні лісів.

Більшість цих заходів передбачає тривале виконання робіт з реконструкції насаджень та відтворення лісостанів за типом корінних. Найдоступнішими для оперативного реагування та досить ефективними є заходи впливу на біотичну складову – на кореневі гнилі та комах камбіо- ксилофагів. Протидія масовому розвитку і поширенню короїдів, зокрема короїда-типографа, дасть змогу сповільнити процеси деградації похідних ялинників. Заборона на проведення лісозахисних заходів (зокрема на здійснення вибіркочких санітарних рубань та вирубування свіжозаселених дерев) у так званій «період тиші» (від 1 квітня до 15 червня) значно знижує ефективність боротьби із короїдами. Своєчасне та якісне здійснення лісогосподарських заходів дасть змогу зменшити негативну дію корневих гнилей і комах камбіо- та ксилофагів, сповільнить процеси деградації ялинників.

Бібліографічні посилання

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology (5th edition)*. San Diego, CA : Elsevier-Academic Press.
- Aksu Y. (2011 a). Biology, morphology, production under laboratory conditions and giving into the related insect field of *Thanasimus formicarius*

- (L.) (Coleoptera: Cleridae). *Türkiye I. Orman entomolojisi ve patolojisi sempozyumu, 23-25 Kasim 2011 – Antalya*. 86-91. Retrieved from: <https://docplayer.biz.tr/2040485-B-i-l-d-i-r-i-k-i-t-a-b-i.html> (in Turkish).
- Aksu Y. (2011 b). Biology, production methods at laboratory conditions, giving into forests, made struggle and received results of *Rhizophagus grandis* Gyll. (Coleoptera: Rhizophagidae). *Türkiye I. Orman entomolojisi ve patolojisi sempozyumu. 23-25 Kasim 2011 – Antalya*, 73-79. Retrieved from: <https://docplayer.biz.tr/2040485-B-i-l-d-i-r-i-k-i-t-a-b-i.html> (in Turkish).
- Barzdjan, W., Kratochvíl, F., & Peřina J. (2003). Spruce in the Polish forests – history, condition, perspectives. *Drzewostany świerkowe stan, problemy, perspektywy rozwojowe. Sesja Naukowa*, 5-22. Ustron-Jaszowiec. (in Polish).
- Battles, J. J., & Fahey, T. J. (1996). Spruce decline as a disturbance event in the subalpine forests of the northeastern United States. *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 408-421.
- Chernova, N. M., & Bylova, A. M. (2004). *General ecology*. Moscow: Drofa (in Russian).
- Čížek, J., Kratochvíl, F. & Peřina, V. (1959). *Transformations of monocultures*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství (in Czech).
- Debryniuk, Yu. M. (2011). Dipping of fir wood: causes and effects. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(16), 32-38. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/32_Deb.pdf (in Ukrainian).
- Debryniuk, Yu. M., Krynytskyy, H. T., & Tselen', Ya. P. (2016). *Technology of growing plantation forest plantations in the western region of Ukraine*. Lviv: Kamula (in Ukrainian).
- Grodzki, W. & Kosibowicz, M. (2015). An attempt to use the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in forest protection against the bark beetle *Ips typographus* (L.) in the field. *Leśne Prace Badawcze / Forest Research Papers*, 76 (1), 5-17.
- Grodzki W. (ed.) (2013). *European spruce bark beetle Ips typographus (L.) and its role in forest ecosystems*. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych (in Polish).
- Hensiruk, S. A. & Bondar, V. S. (1973). *Forest resources of Ukraine, its conservation and use*. Kiev: Naukova dumka (in Ukrainian).
- Holubets, M. A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Naukova dumka (in Russian).
- Horshenyn, N. M. & Shevchenko, S. V. (1954). About the causes of the death spruce plantings in the Subcarpathia region. *Scientific notes of the Lviv Agricultural Institute*, 4, 174-176 (in Ukrainian).
- Jachym, M., Liška, J. & Holuša, J. (2005). First record of *Cephalcia masuttii* (Hymenoptera: Pamphiliidae) in Poland and the Czech Republic. *Entomological Problems*, 35, 113-114.
- Kocaçevik, S., Sevim, A., Eroğlu, M., Demirbağ, Z. & Demir, İ. (2016). Virulence and horizontal transmission of *Beauveria pseudobassiana* S.A. Rehner & Humber in *Ips sexdentatus* and *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 1-8. doi:10.3906/tar-1504-64.
- Kozlovsky, M. P. (2006). The wood nematodes as cause of fall stability and dryness of the spruce. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 30, 321-326. Retrieved from: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Lisove-gospodarstvo-l-p-d-promyslovist/2006_30/321_Kozlowski_LG_30.pdf (in Ukrainian).
- Kozlowski, M. P. & Kramarets, V. O. (2009). The main reasons for the drying of fires in the original forests of the Ukrainian Carpathians. *II all-Ukrainian Congress of Ecologists with International (Ecology – 2009)*, 224-227. Vinnytsia: FOP Danyliuk (in Ukrainian).
- Kozlowski, M. P., Kramarets, V. O. & Tselen', Ya. P. (2013). Current trends and causes of desiccation of european spruce forests in Beskid region and ways to improve their sanitary condition. *Scientific Principles of Biodiversity Conservation*, 4(11), 167-180 (in Ukrainian).
- Kozlowski, M. P., Yavornytsky, V. I., Kramarets, V. O. & Matsiakh, I. P. (2012). Transformation of grouping of invertebrates in spruce plantings of Borin Forestry (Upper Dniester Beskydy). *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Forestry and decorative gardening*, 171 (1), 86-94. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2012_171\(1\)_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2012_171(1)_19) (in Ukrainian).
- Kramarets, V. O. & Matsiakh, I. P. (2017). Forest declines: causes, consequences, possible ways of counteraction. *Scientific Principles of Biodiversity Conservation*, 8(15), 45-62. ISSN 2220-3087 (in Ukrainian).
- Kramarets, V. & Petrusa, S. (2007). Influence of forest pathologies on the condition of plantations of the reserve «Makivka». *Newsletter Precarpathian National University named after V. Stefanyk: Biology, VII-VIII*, 224-227 (in Ukrainian).
- Kreutz, J. Zimmermann, G., & Vaupel, O. (2004). Horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae), in the laboratory and under field conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 14 (8), 837-848.
- Krupa A. (2010). Mycorrhizas and their multifunctional role in the environment. *Chemistry, environment, biotechnology*, XI, 175-182. <http://www.ceb.ajd.czest.pl/files/z14/10.pdf> (in Polish).
- Kukhta V. N. (2011). Features of the development of the double-spined bark beetle in Belarus. *Forestry and hunting*, 5, 24-29. Retrieved from: <http://www.mlh.gov.by/lioh/2011-5/4.pdf> (in Russian).
- Kukhta, V. N., Blintsov, A. I., & Milejko, T. S. (2017). *Polygraphus poligraphus* (L.) in the formation of ecological groups of stem pests in the spruce forests. *Actual problems of the forest complex*, 49, 108-111. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/v/poligraf-pushisty-polygraphuspoligraphus->

- l-v-formirovanii-ekologicheskikh-gruppirovok-ksilofagov-v-elovyh-nasazhdeniyah (in Russian).
- Kulig, L. The threat hangs over the forests of the Western Beskids. *Las Polski*, 1965, N 39 (6), 2-4.
- Kumar, V., Kumar, M., Prasad, R., Tuteja, N. & Varma, A. (2017) Mycorrhizas in Forest Tree Health. In: Varma A., Prasad R., Tuteja N. (eds) *Mycorrhiza – Function, Diversity, State of the Art*. Springer, Cham. 177-185. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53064-2_9
- Manion, P. D. (1991). *Tree Disease Concepts*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Man'ko, Yu. I. & Gladkova, G. A. (2001). *Spruce decline in the light of global deterioration of dark-coniferous forests*. Vladivostok: Dal'nauka (in Russian).
- Mańka, K. (1953). Field and laboratory tests on honey fungus *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel. *Prace IBL, PWRiL*, 94, 1-96 (in Polish).
- Maslov, A. D. (2010). *The European Spruce Bark Beetle and Die-off of Spruce Forests*. Moscow: VNIILM. Retrieved from: <http://archangelsk.rcfh.ru/userfiles/files/Koroed-tipograf.pdf> (in Russian).
- Michalski, J., & Mazur, A. (1999). *Bark beetles: A practical guide for foresters*. Warszawa: Oficyna Edytorska «Wydawnictwo Świat» (in Polish).
- Mozolevskaya, E. G., Kataev, O.A., & Sokolova, E.S. (1984). *Methods of forest pathology examination centers of stem pests and diseases*. Moscow: Lesnaja promyshlennost' (in Russian).
- Nevolin, O.A., Gritsynin, A.N., & Torkhov, S.V. (2005). On decay and downfall of over-mature spruce forests in Beresnik forestry unit of Arkhangelsk region. *The Bulletin of Higher Educational Institutions «Forestry Journal»*, 6, 7-22 (in Russian).
- Parpan, V., Shparyk, Y., Slobodyan, P., Parpan, T., Korshov, V., Brodovich, R., Krynyckiy, G., Debryniuk, Y., Kramarets, V., & Cheban, I. (2014). Forest management peculiarities in secondary norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) stands of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Collection of Research Papers*, 12, 20-29 (in Ukrainian).
- Prasad, R., Gupta, N., Satti, U., Wang, S., Ahmed, A. I., & Varma, A. (2017) Management of Fungal Pathogens by Mycorrhiza. In: Varma A., Prasad R., Tuteja N. (eds) *Mycorrhiza – Nutrient Uptake, Biocontrol, Ecorestoration*. Springer, Cham., 179-194.
- Rehfuess, K. E. (1991). Review of forest decline research activities and results in the Federal Republic of Germany. *Journal of Environmental Science and Engineering and Toxicology*, 26(3), 415-445. <https://doi.org/10.1080/10934529109375643>.
- Senczyna, E. (1927). The reason for the extinction of spruce in the forests of Korczyńskie over Stryj. *Sylvan*, XLV (1), 52-54 (in Polish).
- Shparyk, Yu. S., Parpan, T. V., Slobodyan, P. Ya., Savchyn, T. I., & Buniy, V. Ya. (2013). Parching spruce forests on the north-eastern slope of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23.5, 141-147 (in Ukrainian).
- Sierota, Z. (2011). *When forest is ill...* Warszawa: CILP (in Polish).
- Simard, S. W., Perry, D. A., Jones, M. D., Myrold, D. D., Durall, D. M., & Molinak, R. (1997). Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, 388. 579-582.
- Treštik, M., Kupka, I., & Demel, O. (2004). Dying off spruce in Northern Moravia and Slezsk. *Lešné Prace Badawcze*, 83(7), 12-15 (in Czech).
- Tsyliuryk, A. V. & Shevchenko, S. V. (1989). *Mushrooms of forest biocenoses*. Kyiv: Vyscha shkola (in Russian).
- Viktorov, G. A. (1967). *Problems of Mass Reproduction of the Insects by Example of the Sunn Pest*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Vorontsov, A. I. (1978). *Forest pathology*. Moscow: Forest industry (in Russian).
- Voroncov, A. I., Mozolevskaja, E. G., & Sokolova, E. S. (1991). *Technology of protection of forest*. Moscow: Ecology (in Russian).
- Zhigunov, A. V., Semakova, T. A. & Shabunin, D. A. (2007). Mass forest drying in North-western Russia. *Forestry biological studies in northwestern Russian taiga zone: Results and prospects: in Proc. of Scientific Conference Devoted to the 50th Anniversary of the Forest Research Institute, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, October 3-5, 2007 (Karelian Research Center RAS, Petrozavodsk*, 42-52. Retrieved from: http://resources.krc.karelia.ru/krc/doc/publ2007/forest_biology_research_042-52.pdf (in Russian).

Роль биотических факторов в усыхании ельников Украинских Карпат

В. А. Крамарец¹, И. П. Мацях²

В последние десятилетия на территории Украинских Карпат происходит массовое усыхание производных еловых насаждений, созданных в высотных поясах дубовых и пихтово-буковых лесов. Установлено, что причины усыхания еловых лесов носят комплексный характер и являются результатом взаимодействия трех компонентов сложной системы (триады) в конкретных условиях в то же

¹ Крамарец Владимир Александрович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-032-260-04-08, +38-067-252-76-56. E-mail: v_kramarets@ukr.net

² Мацях Ирина Павловна – кандидат биологических наук, ассистент кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-032-260-04-08; E-mail: iramatsah@ukr.net

время: 1) факторов внешней среды (абиотических, антропогенных), которые ухудшают состояние деревьев и усиливают действие патогена (или группы патогенов) и способствуют массовому развитию насекомых-фитофагов; 2) значительного количество агрессивного патогена (или группы патогенов) в сочетании с насекомыми-фитофагами, развитие и патогенность которых усиливается погодными условиями; 3) наличием на значительных площадях еловых древостоев, состав, возраст и структура которых делает их уязвимыми к абиотическим и антропогенным факторам и способствует развитию и распространению агрессивных патогенов и насекомых-фитофагов.

Охарактеризованы закономерности влияния биотических факторов на состояние ельников: в этом случае наблюдается кумулятивный эффект – дисбаланс в одном из звеньев становится причиной разрушения консортных связей и усиливает негативное воздействие других биотических факторов на деревья ели (эдификатора этих экосистем). Среди биотических факторов на усыхание ельников наиболее существенное влияние имеют: изменения в функционировании биотической составляющей почв; активизация развития корневых гнилей; массовое размножение камбио- и ксилофагов. Рассмотрено влияние различных факторов на развитие очагов массового размножения короеда-типографа. Запрет на проведение лесозащитных мероприятий (в частности на вырубку свежеселенных деревьев) в так называемый «период тишины» (с 1 апреля по 15 июня) значительно снижает эффективность борьбы с короедами. Своевременное и качественное проведение лесохозяйственных мероприятий позволит уменьшить негативное воздействие корневых гнилей и насекомых камбио- ксилофагов и замедлит процессы деградации ельников.

Ключевые слова: *Picea abies*; отмирание древостоев; насекомые камбио- и ксилофаги; корневые и стволовые гнили; лесохозяйственные мероприятия.

The role of biotic factors in spruce decline in the Ukrainian Carpathians

V. Kramarets¹, I. Matsiakh²

Derived spruce forests have been planted on the territory of the Ukrainian Carpathians as the results of silvicultural activities instead of the native Silver

¹ Volodymyr Kramarets – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, assistant professor of the Forestry department. Ukrainian National Forestry University. General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-252-76-56. E-mail: v_kramarets@ukr.net

² Iryna Matsiakh – PhD in Biological Sciences, assistant of the Forestry department. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-260-04-08. E-mail: iramatsah@ukr.net

fir-beech and oak forests. First signs of spruce forests decline and their degradation were observed in the last 10-15 years.

The forest-pathological survey of forest plantations combined with analyzing of forest enterprises databases in Carpathian region was used for determining biotic factors influence on the degradation of spruce forests.

Spruce forests mortality has emerged as the result of the interaction of three groups of factors constituting the epidemiologic triad: 1) sensitive derived spruce forests including their origin, genotype, age, and function; 2) environmental factors (natural and anthropogenic); 3) phylophagous insects and diseases.

The interaction of biotic factors has the cumulative impact and decline process is generally, linked with abiotic and anthropogenic factors. Under their influence, the functioning of the soil biotic component deteriorates, e.g. the development of mycorrhiza of the fine roots decreases from 8 to 33% in declined spruce forests whereas from 75 to 91% of fine roots in native spruce-beech and fir forests are covered with mycorrhiza. The number of invertebrates in the soil also grows in declined spruce forests.

Root rot pathogens have also activated their pathogenicity in examined spruce forests and 79-84% of spruce trees have found affected by root rot. Moreover, the infected root rot areas in the mountain spruce forests in Lviv region increased from 100-400 ha in the 80s of the 20th century to more than 20,000 ha in 2010-2012. It's commonly detected that xylophagous macromycetes can influence and weak the health conditions of spruce trees and, among them, 26 species can inhabit living trees with a slight degree of decline. In particular, cambio- and xylophagous insects attacks may gradually accelerate the decline process, especially dominated «true» weevils species (*Curculionidae*): 25 *Scolytinae* species, 2 *Entiminae* species, and 5 *Molytinae* species.

The longhorn beetles (*Cerambycidae*, 28 species) is the second largest and predominant family of cambio- and xylophagous insects found in declined spruce forests.

The «mass attack» of bark beetle (mainly *Ips typographus*) also considerably increased from small areas of several ha in the 80s of the 20th century to 1,9 thousand ha in 2009. Nowadays, *Ips* beetle populations fluctuate year-to-year depending on the prevalence of stresscausing conditions in the spruce forest. During «normal» years, beetle populations tend to decline because reasonably healthy trees are better able to resist beetle attacks. Since 2010, the large areas of declined spruce forests have been cut in the Lviv mountainous region which slightly reduced the bark beetle populations in the region thereby improving overall tree and stand vigour.

The mechanisms of regulation the number of bark beetle populations were also characterized in the study. Multi-species entomophagy and insectivorous vertebrate animals are not able effectively and quickly to eat the growth of the number of bark beetle populations and optimize their balance especially in case of massive

attacking of trees in particular, weakened middle-aged mature and overmature tree stands.

Specialized entomophagous species are abundantly concentrated in the areas of «mass attack» the *Ips* beetles with an increase number of their populations. However, the key role and significance of entomophagous insects in the regulation of the bark beetle outbreaks is inadequate with the massive growth of bark beetle populations. Based on the study, results the small numbers (only a few percent) of larva under the bark can be found attacked with parasites and our findings indicate that the predators cannot be relied upon to stop outbreaks. Normal populations of bark beetles can also be kept in check by woodpeckers and other insect eating birds, parasitic wasps, and predatory beetles. But woodpeckers often chip away outer bark to expose larvae and adult beetles of entomophagous insects reducing natural controlling agents in declined forests. The role of entomopathogenic microorganisms (bacteria, fungi, etc.) for regulation of bark beetle outbreaks other cambio- and xylophagous species is insignificant. Beside this, epizootics of *Ips* beetle populations are most actively revealed at deteriorating conditions of their development, especially, when other mechanisms of regulation included to that process, e.g. internal competition, weather conditions, etc. Entomopathogenic fungi can also play the role in regulating of the sheer number of beetles, in particular *Beauveria* species. However, further researches are requested to estimate the effectiveness of these fungi.

Intraspecies competition for food is the main regulator of the bark beetle populations and cambio- and xylophagous insects. The spreading of the sheer number of *Ips* beetles begins when almost all trees are

available to be infested, e.g. the live inner bark and outer layer of sapwood have dried or many of trees have killed. The search of susceptible spruce trees (even individual trees) can start in the nearby mixed fir forests but fir tree stands are not usually successfully attacked and not provide good bark beetle food and habitat.

After the attenuation of *Ips* beetle outbreaks, their populations can be kept only in the special «reservations», e.g. on some weakened or fallen by the wind trees or, in the foci of root rot. Under outbreak conditions, the bark beetle populations can develop from 8-9 to over 20 years. The causes of the mass spruce decline are complicated and not easy regulated by humans. The main determinants indicating the deterioration of spruce stands and decline of derivate forests depend on negative effects of weather conditions (high temperatures, absence of precipitation in the spring and early summer) and forestry activities, which resulted in massive planting of spruce in unappropriated conditions.

Biotic factors, such as changes in the functioning of the soil biotic components, root and stem rot, development of cambio- and xylophagous insects accelerate and intensify decline process in the spruce forests. The strategies for preventing damage and controlling the spread of *Ips* beetles and other cambio- and xylophagous insects essentially involve promoting tree vigor, reducing the amount of vulnerable host material within the stand and with timely conducting sanitary measures in the foci of root rot can sufficiently save the rest of spruce forests and slow down spruce decline in the region.

Key words: *Picea abies*; dying out of forest stands; cambio and xylophagous insects; root and stem rot; forestry activities.