

УДК 504.064:630\*852.4

*Перебинос А.Р., асп.; Кривомаз Т.І., к.б.н.*

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА БІОПОШКОДЖЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬНИХ СПОРУД

### АНОТАЦІЯ

В статті розглянуті практичні аспекти біопшкодження дерев'яних конструктивних елементів будинків та споруд для визначення впливу цих процесів на навколишнє середовище та здоров'я людей. Загалом біодеструкція дерев'яних конструкційних елементів при несвоєчасному виявленні може призвести не тільки до серйозних економічних та соціальних збитків, але й до проблем у сфері екологічної безпеки. При ураженні мікологічними агентами, крім безпосереднього руйнування дерев'яних конструкцій будинку, виникає небезпека для здоров'я та життя людини внаслідок отруєння токсичними метаболітами грибів. Термін "синдром хворої будівлі" характеризує якість внутрішньо-повітряного простору будинків, при якому в людей з'являється подразнення очей, дихальних шляхів і шкіри, головний біль, втома та ін.

Ключові слова: екологічна безпека, біопшкодження, мікодеструкція, дерев'яні конструкції, мікотоксини, біоциди, фунгіциди.

**Вступ.** Деревина є досить доступним, поширеним і поновлюваним ресурсом, а завдяки своїм фізичним, екологічним та естетичним властивостям залишається одним з найпоширенішим матеріалом в будівельній галузі. Однак, з метою ефективного використання дерев'яних конструкцій для певних умов будівництва та експлуатації необхідно враховувати, що, як і будь-який будівельний матеріал, деревина має деякі недоліки. А саме: труднощі при проектуванні викликає обмежений асортимент пиломатеріалів та анізотропія деревини, а при експлуатації — ймовірна небезпека займання та пошкодження біологічними агентами [1].

Біодеструкція (біопшкодження) це особливий вид корозійно-агресивно впливу навколишнього середовища, в основі якого лежить вплив живих організмів та продуктів їх життєдіяльності на матеріал. Найпоширенішими біологічними деструкторами є гриби, бактерії, комахи, водорості, мохи, лишайники та іноді вищі рослини [2]. Деревина переважно зазнає впливу мікодеструкцій та ентомологічних пош-

коджень. У більшості випадків поява та розвиток грибів-деструкторів на будь-яких конструктивних елементах є результатом підвищеної вологості внаслідок пошкодженого стану дахів, водопровідних чи каналізаційних труб, а також невідповідного режиму експлуатації будівель чи споруд. У нових будинках виникнення проблеми біопшкодження пов'язують з використанням недостатньо просушених чи просочених антисептиком лісоматеріалів [3].

Отже, **метою** даного дослідження є встановлення взаємозв'язку між проблемою біологічного пошкодження дерев'яних конструктивних елементів будівель і споруд та екологічною безпекою.

Розвиток біопшкодження та його вплив на будівлю. Гриби, які потрапили на поверхню конструкції, утворюють в процесі життєдіяльності ферменти, які при взаємодії з будівельними целюлозовмісними матеріалами перетворюють їх складові в більш доступні органічні з'єднання (вода та діоксид вуглецю). Зазвичай кінцевим результатом процесу мікодеструкції є руйнування органічної маси, тобто зміна анатомічної будови матеріалу та втрата належних фізико-механічних властивостей [4].

З аналізу виявлених випадків мікробіологічних ушкоджень матеріалів випливає, що виникнення, характер і інтенсивність розвитку процесу деструкції переважно залежать від факторів, які в кожному конкретному епізоді будуть взаємодіяти та проявляти себе по різному (рис. 1) [5].

Пошкодження матеріалу мікроорганізмами є складним процесом, що можливо охарактеризувати шістьма етапами [6]:

1. Перенесення спор мікроорганізмів з повітряного, водного або ґрунтового середовища.
2. Адгезія спор мікроорганізмів та адсорбція забруднень на поверхні матеріалу. Головними факторами, що сприяють адгезії спор, є структура та цілісність поверхні конструкції, а також матеріал, з якого вона виготовлена. Значну роль при закріпленні спор відіграє їх тропність по відношенню до матеріалу, а також низка факторів навколишнього середовища (температурний інтервал, відносна вологість повітря та ін.) [7].
3. Виникнення та зростання видимих неозброєним оком мікроколоній, що супроводжується появою корозійно-активних метаболічних продуктів.
4. Вплив продуктів метаболізму на матеріал, тобто сам процес деструкції.
5. Стимулювання супутніх біопшкодженню корозійних руйнувань.



Рис. 1. Фактори впливу на процес біологічного пошкодження матеріалів

6. Синергізм біопшкодження – між існуючими на поверхні матеріалу мікроорганізмами виникають функціональні взаємозв'язки, які істотно впливають на процес пошкодження матеріалу. Цей етап пояснюється тим, що контамінація може відбуватися зі значною різницею в часі потрапляння на поверхню спор різних видів, які мають різні фізіолого-біологічні властивості. Взаємодія таких організмів може відбуватися не відразу, апоступово: спочатку починає розвиватися більш конкурентоздатний вид, що в процесі життєдіяльності трансформує певні структури матеріалу та створює умови для розвитку інших видів. Цей етап вважається одним з найважливішим, який відповідає за подальший перебіг процесу біодеструкції, але який не завжди враховується під час досліджень [7, 8].

Особливістю та складністю в дослідженнях стану целюлозовмісних матеріалів, що експлуатуються та мають ознаки мікробіологічної активності на своїй поверхні, є неможливість гарантувати, що наявні зміни фізико-механічних властивостей пов'язані тільки з впливом мікроорганізмів. Найчастіше вони можуть бути наслідком впливу абіотичних чинників навколишнього середовища (температура, вологість та ін.) або механічних навантажень. У зв'язку з цим для підтвердження наявності та кількісної оцінки участі мікроорганізмів в процесі зміни властивостей матеріалу рекомендується проведення модельних лабораторних експериментів з відтворенням характеру реального мікробіологічного пошкодження [5].

У цілому розвиток біологічного пошкодження дерев'яних конструкційних елементів при пізньому

виявленні може спричинити часткову або повну руйнацію будівлі чи споруди, а в залежності від функціонального призначення призвести не тільки до серйозних економічних та соціальних збитків, але й до порушення екологічної безпеки території.

Вплив мікологічного пошкодження деревини на здоров'я людини. Результатом ураження дерев'яних конструкцій будинку може бути не лише їх руйнування, але й виникнення небезпечної ситуації для здоров'я та життя людини. Так, нещодавно для характеристики якості внутрішньо-повітряного простору будинків був введений термін "синдром хворої будівлі" ("sick-buildingsyndrome"), симптомами якого є виникнення в людей подразнення очей, дихальних шляхів і шкіри, поява головного болю та втоми, а також специфічного запаху і смакових відчуттів. Зазвичай всі ці реакції пов'язують зі знаходженням в середовищі мікроміцетів та їх активної життєдіяльності, під час якої вони виділяють метаболіти, такі як леткі органічні сполуки (спирти, альдегіди, кетони та ін.), які можуть викликати неприємний запах і небезпечні тільки у великих дозах, та мікотоксини.

Мікотоксини це вторинні метаболіти пліснявих грибів, що здатні ініціювати алергічну чи токсичну реакцію навіть при малих концентраціях. В організм людини переважно потрапляють трьома способами: оральним (з інфікованою їжею), інгаляційним (вдихаючи спори токсикогенних грибів) або при прямому контакті через шкіру [9]. Їх ступінь токсичності та властивості залежать від хімічної структури і концентрації, а рівень продукування – від вологості субстрату та теплових умов.

Зв'язок між наявністю мікроскопічних грибів в приміщенні та станом здоров'я мешканців будівель загалом проявляється через алергічні реакції різної інтенсивності у вигляді риніту, астми, алергічного пневмоніту, а також різні неприємні та болючі проблеми зі здоров'ям в основному невідомої етіології, такі як часті бронхіти, хронічний кашель, подразнення слизової оболонки [10]. Токсична дія мікотоксинів на здоров'я людини називається мікотоксикозом, тяжкість якого залежить від токсичності вторинних метаболітів, ступеню впливу, віку і стану людини, а також можливих синергетичних ефектів від інших хімічних речовин [11].

Якість та кількість летких органічних сполук, вироблених мікроскопічними грибами, залежить від умов навколишнього середовища і властивостей мікроміцетів. У деяких добре відомих токсикогенних штамінів виявлено прямий зв'язок між продукуванням мікотоксинів і виробництвом летючих продуктів, наприклад, кетонів, тому передбачається, що летючі речовини мікроскопічних грибів можливо використовувати в якості кількісних характеристик при інспектуванні ймовірно пошкоджених будинків [12].

Захист деревини від мікодеструкції та навколишнє середовище. Загалом активна життєдіяльність мікроорганізмів можлива лише при підвищеній вологості та відповідній температурі, тому при експлуатації виробів з деревини за наявності таких умов, рекомендується проводити захисні заходи, а саме оброблення спеціальними антисептичними засобами. В залежності від спектру дії антисептичні речовини поділяються на: біоциди (широкий спектр дії), інсектициди (знешкоджують комах), бактерициди (діють на бактерії) та фунгіциди (пригнічують розвиток грибів) [13]. Сучасні фунгіцидні препарати та засоби розробляються на основі знань в області досліджень нових ефективних речовин з урахуванням їх безпечного застосування та досягнення максимальної ефективності. Це в першу чергу пов'язано з істотним посиленням вимог до безпеки захисних засобів.

Аналіз впливу антисептиків на здоров'я людини і навколишнє середовище призвів до відмови від використання найбільш ефективних груп консервантів, які довгий час були провідними на ринку захисних засобів для деревини. На сьогодні, відповідно до Директиви 98/8/ЄС: хром дозволений до використання тільки в якості фіксуючої добавки у вигляді трьохокису хрому ( $\text{CrO}_3$ ), проте не може застосовуватися в якості самостійного фунгіциду; а сфера застосування мишьяковмісних засобів різко обмежена. Викорис-

тання ж інших високоефективних консервантів — ртуті, фтору, пентахлорфенолу і його солей, органічних сполук (наприклад, трибутилтіноксиду), а також антисептичних масел, що містять канцероген бензо- $\alpha$ -пірен, було призупинено ще наприкінці 20-го століття зважаючи на небезпеку, яку вони представляють для здоров'я людей та довкілля [14].

Сучасним жорстким екологічним вимогам найбільше відповідають такі групи антисептиків, що містять бор речовини, карбонати, неорганічні сполуки міді, нафтанати і цитрати міді, модифіковані кріазотні масла, що не містять у своєму складі бензо- $\alpha$ -пірен, ізотіозолони, N-органодіазеніум-діоксиди металів, четвертинні амонієві сполуки, сульфаміди, триазоли [15]. Так, неорганічні фунгіциди, що містять бор, до яких належать борна кислота, тетраборат натрію, октаборат натрію, борати цинку і деякі інші, традиційно використовуються для захисту деревини, що експлуатується всередині приміщень. Вони забезпечують захист від пошкодження дереворуйнуючими грибами і комахами, а також істотно знижують горючість деревини. Основною перевагою неорганічних борвмісних засобів є їх низька токсичність по відношенню до людини і відносна нешкідливість для навколишнього середовища [14].

Спеціалізовані засоби для позбавлення плісняви і домових грибків широко представлені на ринку України. Але не всі наявні антисептичні засоби здатні надовго захистити від появи біодеструкторів. Тому, для вирішення задачі підвищення працездатності і довговічності застосування деревини як будівельного матеріалу, пропонується здійснювати моделювання процесів старіння і біоруйнування. А також проведення регулярних моніторингових досліджень, що дозволить виявити пошкодження на ранніх стадіях, адекватно оцінити умови та строки експлуатації конструкцій та визначити ефективність застосування методів та засобів захисту.

**Висновки.** Небезпека для навколишнього середовища та здоров'я людини при мікологічному пошкодженню дерев'яних конструкційних елементів будинків та споруд проявляється в трьох аспектах:

1. Часткове або повне руйнування конструктивних елементів будівлі, що може призвести до економічних, соціальних та екологічних збитків.
2. Виникнення алергічних та інших хворобливих реакцій у людей внаслідок впливу на організм метаболітів, що виділяються мікодеструкторами.
3. Найпоширеніший спосіб захисту деревини від біологічної руйнації - використання біоцидів, актив-

на речовина яких може негативно впливати на здоров'я людини та стан навколишнього середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайловський, Д. В. *Деревина – сучасний будівельний матеріал* / Д. В. Михайловський, Р. В. Заєць, А. Г. Чубарев // *Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб.* – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 52. – С. 256-264
2. Власов, Д. Ю. *Биодеструкция строительных материалов и путизацита от биокоррозии* // *Alitinform*. – 2009. – № 4-5 (11). – С. 5-11.
3. Скоблов, Д. А. *Борьба с вредителями деревянных конструкций* / Д. А. Скоблов. – М.: Стройиздат, 1968. – 78 с.
4. Шевченко, С. В. *Лесная фитопатология* / С. В. Шевченко, А. В. Цилорик – К.: Вища школа, 1986. – 384 с.
5. Варченко, Е. А. *Особенности оценки биоповреждений и биокоррозии материалов в природных средах* / Е. А. Варченко // *Научный журнал КубГАУ*. – 2014. – № 104 (10). – С. 1948-1965.
6. Кац, Н. Г. *Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии* / Н. Г. Кац, В. П. Стариков, С. Н. Парфенова. – М.: Машиностроение, 2011. – 436 с.
7. Коваль, Е.З. *Мікологічне обстеження музейних пам'яток* / Е.З. Коваль, Т.І. Митківська // *Національний науково-дослідний реставраційний центр України*. – К., 2011. – 232 с.
8. *Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: [в 2-х т.]*. Под ред. А. А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – Т. 1. – 688 с.
9. Bennett, W. *Mycotoxins* / W. Bennett, M. Klich // *Clinical Microbiology Review*. – 2003. – 16 (3). – P. 497-516.
10. *Microfungi* / S. Gravesen, J. C. Frisvad, R. A. Samsom. – Copenhagen: Munksgaard, 1994. – 168 p.
11. Peraica, M. *Toxic effect of mycotoxins in humans* / M. Peraica, B. Radic, A. Lucic, & M. Pavlovic // *Bulletin of the World Health Organization*. – 1999. – 77(9). – P. 754-766.
12. *Pasanen, A-L. Volatile organic metabolites associated with some toxic fungi and their mycotoxins* / A-L. Pasanen, S. Lappalainen, P. Pasanen // *Analyst*. – 1996. – 121. – P. 1949-1953.
13. *ГОСТ 20022.1-90. Защита древесины. Термины и определения*. – Взамен ГОСТ 20022.1-80 – [Введен 01.07.91]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.

ден 01.07.91]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.

14. Мазаник, Н. В. *Современные биозащитные средства для древесины* / Н. В. Мазаник // *Труды БГТУ / Белорусский государственный технологический университет*. – 2011. – № 2. – С. 181-184.

15. Reinprecht, L. *Fungicides for Wood Protection – World Viewpoint and Evaluation* / L. Reinprecht // *Faculty of Wood Sciences and Technology. Technical University of Zvolen*. – 2001. – 28 p.

## АННОТАЦІЯ

В статтю розглянуті практичні аспекти біоповредження дерев'яних конструктивних елементів зданий і споруджень для визначення впливу цих процесів на оточуюче середовище та здоров'я людей. Взагалом біодеструкція дерев'яних елементів при несвоєчасному виявленні може привести не тільки до серйозних економічних і соціальних втрат, але й до проблем в сфері екологічної безпеки. При ураженні мікологічними агентами, крім безпосереднього руйнування дерев'яних конструкцій будівлі, виникає небезпека для здоров'я та життя людини в результаті отруєння токсичними метаболітами грибів. Термін "синдром хворого будинку" характеризує якість внутрішнього повітряного простору будівлі, при якому люди відчувають подразнення очей, дихальних шляхів і шкіри, головну біль, втому тощо.

Ключові слова: екологічна безпека, біоповредження, мікодеструкція, дерев'яні конструкції, микотоксини, біоциди, фунгіциди.

## ANNOTATION

The article deals with the practical aspects of bio-damage to wooden structural elements of buildings and structures to determine the effect of these processes on the environment and human health. In general, biodegradation of wooden elements of buildings can lead not only to serious economic and social damages, but also to issues in the field of environmental safety. Apart from the direct destruction of wooden structures by mycological agents, there is a risk to human health and life due to poisoning by toxic metabolites of fungi. The term "sick-building syndrome" characterizes the quality of the internal air space of buildings in which people experience irritation of the eyes, respiratory system and skin, headache, fatigue.

Keywords: ecological safety, biodegradation, mycodestruction, wooden structures, mycotoxins, biocides, fungicide.