

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

Перебинос Альона Ростиславівна

УДК 504.064:624.011.1

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПРИ МІКОПОШКОДЖЕННІ ДЕРЕВ'ЯНИХ
СПОРУД

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Кривомаз Тетяна Іванівна
Київський національний університет
будівництва і архітектури, професор кафедри
охорони праці і навколишнього середовища

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Архипова Людмила Миколаївна
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри туризму

кандидат технічних наук,
Загородня Сніжана Анатоліївна
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України, старший науковий співробітник
відділу досліджень навколишнього середовища

Захист відбудеться 17 квітня 2019 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.256.05 Київського національного університету будівництва та архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий «13» березня 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

М.В. Суханевич

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З впровадженням в усі сфери господарської діяльності людини концепції сталого розвитку особлива увага приділяється екологічній безпеці життєвого середовища людей. Ця проблема безпосередньо пов'язана з необхідністю підвищення рівня екобезпеки життєвого циклу будівельних матеріалів, тому у сучасних регламентаційних документах акцентується увага на їх довговічності, міцності та стійкості до впливу різних чинників. Довговічність визначається терміном служби матеріалу при певних умовах навколишнього середовища. Для прогнозування терміну служби та аналізу вартості комплексного життєвого циклу матеріалу слід враховувати всі фактори, що можуть призвести до порушення його структури та властивостей.

Фактори навколишнього середовища найбільше впливають на довгострокові показники безпеки та експлуатації та відповідно на потенційні економічні наслідки. У зв'язку з цим у всьому світі значна увага приділяється питанню біологічного пошкодження. Провідна роль в процесі пошкодження будівельних матеріалів, що експлуатуються в умовах підвищеної температури і вологості, належить мікроскопічним грибам. Слід зазначити, що мікроміцетам притаманна здатність контамінувати та руйнувати будь-які матеріали, від штучно виробленої пластмаси до необробленої деревини, тому стає все більш очевидною необхідність розробки та впровадження заходів щодо попередження виникнення пошкоджень всіх матеріалів, а в першу чергу природнього походження. Слід зазначити, що пошкодженню біологічними агентами матеріалів підлягає в середньому 2% від валового продукту в Європейських державах, в тому числі і в Україні.

У зв'язку з тим, що в індустріальних країнах 80-90% людей проводять час в закритих середовищах, для більшості населення наявність мікологічних пошкоджень всередині приміщень безпосередньо впливає на їх фізичне самопочуття. Ще у 1983 році Всесвітньою організацією охорони здоров'я запропоновано термін «синдром хворої будівлі», що характеризує певний перелік симптомів, включаючи головний біль, постійну втому, а також подразнення очей, шкіри, дихальних шляхів та ін. Крім того мікологічні об'єкти можуть становити загрозу для життя та здоров'я людей у зв'язку з виділенням в навколишнє середовище алергічних спор та токсинів, які спричиняють мікогенні алергії, мікози та мікотоксикози. Проте основним результатом активної життєдіяльності мікро- та макроміцетів на поверхні будівельних матеріалів та конструкцій залишається зниження їх фізико-механічних і експлуатаційних характеристик, що призводить до економічних збитків та екологічних катастроф, наприклад, у випадку аварій на спорудах господарського призначення. У промислово розвинених країнах вже давно ведеться облік втрат від усіх видів корозії, в тому числі і від біологічної, а також розробляються і впроваджуються ефективні заходи з протидії процесам біоруйнування. На жаль, у нашій країні такий облік ведеться не досить повно і, відповідно, відсутня система моніторингу для адекватної оцінки втрат внаслідок руйнівного впливу біодеструкторів.

Біологічні аспекти життєдіяльності мікологічних об'єктів досліджувалися в роботах Ваніна С.І., Гончарової І.А., Дудки І.О., Коваль Е.З., Митківської Т.І., Чуєнка

A.I., Gutarowska B., Johansson P., Schmidt O., Watkinson S.C. Механізми мікопошкодження та захисту розглянуто в ході досліджень Ваніна С.І., Гончарової І.А., Іллічова В.Д., Карамової Н.С., Чуєнка А.І., Allsopp D., Andre V., Bouchart V., El Kaddoumi A., Garon D., Gaylarde Ch. C., Heutte N., Lanier C., Picquet R., Seal K. J., Seguin V. Вразливість та захист дерев'яних матеріалів та конструкцій детально проаналізовано вітчизняними та закордонними науковцями, такими як Вакін А.Т., Скоблов Д.А., Цапко Ю.В., Расев О. І., Косарін А. О., Biggs A.R., Blanchette R.A., Eriksson R.A., Morris P.I. Моделювання впливу абіотичних факторів на ріст мікроскопічних грибів розроблено у статтях Gobakken L.R., Hagentof C.-E., Hukka A., Isaksson T., Johansson P., Moon H.J., Sedlbauer K., Thelandersson S., Viitanen H. та ін. Однак дослідженню процесу мікологічного пошкодження та захисту дерев'яних будівельних матеріалів з точки зору впливу на навколишнє середовище та людину досі не приділялося достатньої уваги. У зв'язку з цим впровадження екомоніторингу дерев'яних будівельних конструкцій є актуальною науково-прикладною задачею, яка включає в себе як оцінку будівель і споруд на предмет мікопошкоджень, так і дослідження механізму мікодеструкції та моделювання впливу факторів навколишнього середовища на цей процес.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана у межах тематики науково-дослідної роботи Київського національного університету будівництва і архітектури «Екологічна безпека будівельних конструкцій та споруд», номер державної реєстрації 0117U003166, та за стипендіальною програмою короткострокових стажувань для молодих науковців Французько-Українського центру університетського та наукового співробітництва (CFUCUS) у Канському університеті Нормандії (UNICAEN, Франція, 2018).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є організація ведення екомоніторингу для виявлення руйнування дерев'яних конструкцій мікологічними деструкторами для запобігання виникнення небезпеки для здоров'я людини.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

1. Провести аналіз наукових досліджень щодо ведення моніторингу дерев'яних конструкцій при мікологічних пошкодженнях та визначити способи захисту матеріалів з деревини, що використовуються в сучасній будівельній галузі для забезпечення безпечного середовища існування людини.

2. Охарактеризувати ризики для здоров'я людини та навколишнього середовища при пошкодженні мікологічними об'єктами дерев'яних матеріалів, що використовуються в будівництві.

3. Дослідити процес мікопошкодження дерев'яних будівельних конструкцій на прикладі Національного музею народної архітектури та побуту України (НМНАПУ); ідентифікувати види мікологічних об'єктів з відібраних проб архітектурних споруд та охарактеризувати їх шкодочинний вплив на ділову деревину та здоров'я людини.

4. Визначити залежності виникнення мікопошкоджень дерев'яних конструкцій за різних умов навколишнього середовища та побудувати відповідну модель для імплементації в алгоритм екомоніторингу з метою покращення умов експлуатації споруд з дерев'яними конструктивними елементами.

5. Розробити пропозиції для удосконалення системи екологічного

моніторингу на основі отриманих даних лабораторного дослідження для покращення системи захисту від шкочинного впливу мікологічних об'єктів на будівельні матеріали, навколишнє середовище та здоров'я людини.

6. Розробити рекомендації щодо впровадження практичних заходів у систему екомоніторингу НМНАПУ для своєчасного попередження розвитку мікопошкодження та мінімізації ризиків погіршення здоров'я людей.

Об'єкт досліджень – мікологічні пошкодження дерев'яних матеріалів та конструкцій.

Предмет досліджень – система екомоніторингу для оцінки та рекомендацій щодо захисту дерев'яних матеріалів та споруд від впливу мікологічних об'єктів.

Методи досліджень. Відбір проб з дерев'яних поверхонь архітектурних споруд та ґрунту в НМНАПУ здійснено за методикою відбору фрагментів. Седиментаційний метод (метод Коха) був використаний при відборі проб повітря. Особливості морфології дереворуйнуючих грибів визначено з використанням методів трансмісійної світлової мікроскопії, а ідентифікацію видів здійснено за допомогою сучасних визначників. Для визначення ймовірності розвитку пошкодження матеріалу мікроскопічними грибами в залежності від коливань параметрів навколишнього середовища застосовано модифіковану формулу Кривомаз-Максименко. Моделювання впливу абіотичних факторів на ріст мікроскопічних грибів здійснено на основі формул VTT моделі. Для класифікації та узагальнення отриманих даних і створення іконографічної моделі «дерева подій» при мікологічному пошкодженні застосовано принцип «дерева прийняття рішень», що використовується в побудові прогностичних моделей. Для математичної обробки кількісних даних застосовано методи математичного аналізу. Графіки та діаграми побудовано за допомогою стандартного програмного пакету Excel.

Наукова новизна одержаних результатів:

- визначено видовий спектр чинників мікологічної деструкції дерев'яних споруд з відібраних проб, внаслідок чого виявлено 32 видів грибів, з яких 12 видів представляють небезпеку для дерев'яних будівельних матеріалів, а 6 з них є потенційно небезпечними видами для здоров'я людини;

- розроблено рекомендації щодо превентивних заходів по запобіганню та контролю розвитку небезпечних для людей та будівель мікодеструкторів для покращення комплексної системи екологічного моніторингу дерев'яних споруд;

- побудовано іконографічну модель «дерева подій» за чинниками, що впливають на розвиток мікопошкодження, з метою консолідації інформації про мікодеструкцію для спеціалістів різних галузей для ефективного та своєчасного попередження виникнення «синдрому хворої будівлі».

- узагальнено та розвинено наукові підходи, які надають необхідну інформацію для своєчасного захисту дерев'яних конструкцій від шкочинного впливу мікооб'єктів у вигляді алгоритму проведення екомоніторингу при мікопошкодженні дерев'яних конструктивних елементів.

Практичне значення отриманих результатів:

- отримано алгоритм екомоніторингу для превентивного захисту дерев'яних споруд, що дозволяє знизити необхідність в застосуванні небезпечних

для навколишнього середовища антисептиків при експлуатації будівель та споруд;

- розроблено рекомендації для попередження розвитку мікопошкоджень дерев'яних споруд, що дозволить покращити стан екологічної безпеки в НМНАПУ;

- виявлено найбільш небезпечні періоди для розвитку мікопошкоджень дерев'яних конструкцій при середніх сезонних температурах повітря та при нормованих температурах всередині житлових та виробничих приміщень на прикладі 12 шкодочинних видів грибів за допомогою методу бальної оцінки ймовірності розвитку мікроміцетів;

- використано основні положення дисертації в учбовому процесі на кафедрі охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури для студентів спеціальності 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки» при викладанні дисциплін «Екологія людини», «Основи екології» та «Мікробіологія»;

- започатковано новий науковий напрямок «Біомоніторинг будівельних конструкцій» на кафедрі охорони праці та навколишнього середовища КНУБА, що сприяє інтеграції науки, практики та освіти, а також розширює діапазон тем в наукових дослідженнях студентів та аспірантів.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів, їх впровадженні у процес екомоніторингу дерев'яних споруд при мікологічному пошкодженні.

Особистий внесок здобувача у наукові роботи, що були написані у співавторстві:

- проаналізовано технічні характеристики, що висуваються до антисептиків міжнародними стандартами, та структуровано інформацію про активні речовини фунгіцидних препаратів, що представлені в будівельній галузі України [1];

- узагальнено та систематизовано дані про гриби, що викликають пошкодження дерев'яних споруд в будівництві [3];

- здійснено збір та аналіз даних щодо біологічного пошкодження архітектурних споруд НМНАПУ [4];

- охарактеризовано сучасні методи, що використовуються при захисті дерев'яних будівельних матеріалів та споруд [5];

- проведено аналіз літературних джерел на предмет класифікації мікологічних об'єктів, що приймають участь у біопошкодженні деревини [6];

- розглянуто практичні аспекти біопошкодження дерев'яних конструктивних елементів будинків та споруд для визначення впливу цих процесів на навколишнє середовище та здоров'я людей [7];

- здійснено збір та аналіз даних щодо біологічного пошкодження архітектурних споруд Музею під відкритим небом міста Білосток (Польща), а також порівняння подібних даних з НМНАПУ [9];

- здійснено математичну та аналітичну інтерпретацію результатів лабораторного дослідження відібраних проб з архітектурних споруд НМНАПУ, що проводилося на базі випробувальної лабораторії грибостійкості і мікробіологічних досліджень технічних, медичних виробів і матеріалів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України [10];

- охарактеризовано аспекти екологічної безпеки об'єктів будівництва при мікопошкодженні [11];
- на основі літературного аналізу створено систему класифікації грибів-деструкторів за шкодочинністю [15];
- охарактеризовано аспекти екологічної небезпеки при мікопошкодженні та застосуванні антимікотичних засобів [16];
- проведено відбір проб з архітектурних споруд музею та здійснено лабораторні дослідження під керівництвом к.б.н. Чуєнка А.І., керівником випробувальної лабораторії грибостійкості і мікробіологічних досліджень технічних, медичних виробів і матеріалів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України [17].

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації були представлені на 11 наукових конференціях: V всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, 23-26 вересня 2015 року); I всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів “Буд-Майстер-Клас” (Київ, 26-27 листопада 2015 року); X всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави» (Київ, 21 квітня 2016 року); міжнародній науково-технічній конференції «Ефективні технології в будівництві» (Київ, 7-8 квітня 2016 року); V міжнародній науковій конференції «Екологічна інженерія молодим оком» (Польща, травень 2016 року); XIV міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (Кременчук, 12-14 жовтня 2016 року); міжнародній науково-технічній конференції «Буд-Майстер-Клас-2016» (Київ, 16-18 жовтня 2016 року); XI Всеукраїнської науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави» (Київ, 20 квітня 2017 року); VI Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2017) (Вінниця, 20-22 вересня 2017 року); XVI Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» (Київ, Пуща-Водиця, 3-4 жовтня 2017 року); III Міжнародній науково-технічній конференції «Ефективні технології в будівництві» (Київ, 28-29 березня 2018 року).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 20 наукових публікацій, в тому числі 4 публікації у фахових виданнях України, 3 – у періодичних наукових виданнях України та 3 – у періодичних виданнях іноземних держав, 10 – у матеріалах доповідей всеукраїнських та міжнародних конференцій.

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота викладена на 119 сторінках друкованого тексту основної частини, яка складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Повний обсяг дисертації становить 156 сторінок і включає анотацію на 13 сторінках, 38 рисунків, 13 таблиць (з них 2 на 3 окремих сторінках), список використаних джерел із 132 найменувань на 13 сторінках та 4 додатків на 6 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих

результатів, наведено апробацію результатів роботи на науково-практичних конференціях і особистий внесок автора в опублікованих роботах, надано загальну характеристику виконаної роботи.

У **першому розділі** здійснено аналітичний аналіз даних науково-технічної літератури щодо моніторингу дерев'яних конструкцій при мікологічних пошкодженнях та охарактеризовано способи захисту матеріалів з деревини, що використовуються в сучасній будівельній галузі для забезпечення безпечного середовища існування людини. В роботах українських (Анісімов А.А, Варченко О.А., Дергунова А.В., Коваль Е.З.) та закордонних (Bjurman J., Bowman M.J., Ellis M.V., Mertens J.A., Viitanen H.) дослідників розглядаються небезпечні наслідки діяльності мікодеструкторів, що здатні зруйнувати та пошкодити житлові та виробничі приміщення, а також створити небезпечні умови для існування людей. Розвиток мікооб'єктів на певних будівельних матеріалах залежить від природи та властивостей кожного з матеріалів (мінерального складу, структури та фактури, рН, вологості та ін.), а також факторів навколишнього середовища (температури, відносної вологості повітря, умов освітлення, рівня кисню та азоту, ступеню забруднення атмосфери, вітру, опадів та ін.). Представлено узагальнені та систематизовані дані про гриби, що викликають пошкодження дерев'яних матеріалів в будівництві. За типами шкідливого впливу на будівельну деревину та здоров'я людини виділено категорії грибів в залежності від їх деструктивних властивостей та фізіолого-метаболічних особливостей.

Процес мікопошкодження дерев'яних будівельних матеріалів грибами носить циклічний характер і складається з шести основних етапів: поширення спор, їх осадження, адгезія, проростання спор та розвиток генеративних грибних структур, розповсюдження нових спор, пошкодження та руйнування матеріалу. На першому етапі спори мікроскопічних грибів поширюються переважно повітряними потоками, комахами та іншими векторами переносу, при цьому важливу роль відіграє швидкість повітря, а концентрація спор відповідно зменшується по мірі віддалення від джерела їх розсіювання. Другий етап полягає в осадженні спор на поверхню матеріалу і залежить від швидкості падіння спор та особливостей їх взаємодії з субстратом, що підлягає потенційному пошкодженню. Третій етап процесу біопошкодження в літературі позначають різними термінами: сорбція, адсорбція, адгезія, закріплення, поглинання та ін. Проте з точки зору фізичної та колоїдної хімії взаємодію спор та твердих матеріалів доцільно розглядати саме як процес адгезії. На четвертому етапі починається проростання спор та послідовний розвиток грибних структур, якщо для цього будуть сприятливі умови. Істотний вплив на процес росту здійснюють зовнішні умови (температура, вологість, забруднення та ін.). Можливість і інтенсивність мікробіологічного ростового процесу визначається поєднанням властивостей субстрату (матеріалу) у якості живильного середовища та генетичних особливостей мікроміцетів, що обумовлюють їх здатність використовувати субстрат як джерело живлення та енергії. На п'ятому етапі утворюються нові спори, які поширюються по поверхні матеріалу та разносяться в інші місця. Шостий етап полягає у безпосередньому механістичному впливі грибів на дерев'яні будівельні матеріали та протікає паралельно з четвертим і п'ятим етапами. Процес втрати початкових властивостей матеріалу починається з моменту

проростання спор, які надалі поширюються і тим самим забезпечується циклічність процесу біопшкодження. Також шостий етап може посилюватись за рахунок синергізму, оскільки між існуючими на поверхні матеріалу біооб'єктами виникають функціональні взаємозв'язки, які істотно впливають на процес пошкодження матеріалу.

Розглянуто практичні аспекти мікопошкодження дерев'яних конструктивних елементів будинків та споруд для визначення впливу цих процесів на навколишнє середовище та здоров'я людей. Загалом мікодеструкція матеріалів при несвоєчасному виявленні може призвести не тільки до серйозних економічних збитків, але й до проблем у сфері екологічної безпеки, пов'язаних із негативним впливом на здоров'я людей та навколишнє середовище. Відомо, що присутність мікробів та їх метаболітів в навколишньому середовищі може викликати токсичну дію, сприяти розвитку мікозів, а також провокувати розвиток алергічних реакцій. Крім того, існує група захворювань, що об'єднуються під загальною назвою «синдром хворих будівель» («sick building syndrome»), якими страждають люди, що тривалий час знаходяться в приміщеннях, де будівельні матеріали уражені мікроскопічними грибами. Цей синдром характеризує погіршення якості внутрішнього повітряного середовища будинків, що проявляється у формі подразнення очей, дихальних шляхів і шкіри, головного болю, втоми та ін. Згідно рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо якості повітря в приміщеннях, ГДК спор у повітрі всередині приміщень в холодний період року не повинна перевищувати 500 КУО/м³.

Основні антисептичні речовини, що використовуються в будівельній галузі для захисту від біологічних руйнівних агентів в першу чергу характеризуються високою токсичністю по відношенню до біологічних організмів, тому закономірно, що ці речовини також здатні проявляти токсичність по відношенню до людей та навколишнього середовища. Перелік провідних біоцидних речовин включає неорганічні борвмісні сполуки та органічні сполуки, такі як пентахлорфенол, нафтенат міді. Наведено основні технічні характеристики, що висуваються до хімічних речовин, які входять до складу рекомендованих антисептиків, зокрема: висока захисна здатність; безпечність процесу просочування деревини; відсутність шкідливих відходів або можливість безпечної утилізації відходів, крім того речовини не повинні викликати забарвлення деревини та корозію металів, тощо.

Показано необхідність розробки і впровадження заходів щодо попередження та ліквідації наслідків мікопошкодження дерев'яних будівельних матеріалів на основі комплексної оцінки руйнівного впливу мікодеструкторів. У зв'язку з цим обґрунтовано актуальність розробки системи екомоніторингу як превентивного способу захисту від мікопошкодження будівель і споруд, а також можливого способу оцінки шкодочинності процесу пошкодження у відношенні до матеріалу, навколишнього середовища та здоров'я людини.

У **другому розділі** обґрунтовано вибір НМНАПУ, як полігона для досліджень з репрезентативною вибіркою дерев'яних будівельних матеріалів, що обумовлено цілим рядом факторів. По-перше, на території музею розташовані переважно дерев'яні будинки та споруди різного віку та з різних регіонів України, що надає унікальну можливість дослідити поширення мікодекструкторів деревини за віковим

та часовим векторами. По-друге, в музейних дерев'яних конструкціях представлені різні види деревини (сосна, дуб та ін.), що і досі широко застосовуються в будівельній галузі України. По-третє, музей є унікальною пам'яткою архітектури та історії українського народу і кожного року його відвідує сотні туристів, а у процесі діяльності музею задіяно десятки працівників, здоров'я яких може постраждати від активної життєдіяльності мікооб'єктів, що розвиваються на дерев'яному матеріалі архітектурних споруд.

Проби з дерев'яних поверхонь та ґрунту відбиралися методом відбору фрагментів стерильним скальпелем та поміщалися в стерильну колбу для транспортування до лабораторії. Проби повітря відбиралися седиментаційним методом (метод Коха) за допомогою чашок Петрі з поживним середовищем Чапека-Докса. Види мікроскопічних грибів визначали методом прямого мікроскопування, а ідентифікацію здійснювали за допомогою відповідних визначників.

Здійснено розробку методологічного апарату для екологічного моніторингу процесів мікодеструкції у будівництві та охарактеризовано математичні підходи, що запропоновано використовувати в системі моніторингу дерев'яних конструкцій. Для оцінки впливу температурного та вологісного факторів на розвиток мікопошкодження використано формулу Вебера-Фехнера у модифікації Кривомаз-Максименко, що дозволяє уніфіковано оцінювати змінні параметри у порівнянні з їх максимальними та мінімальними значеннями за 10-бальною шкалою.

Для моделювання ймовірності виникнення мікопошкодження на дерев'яних будівельних матеріалах використано диференціальні рівняння з моделі VTT Технічного дослідного центру Фінляндії (VTT) для визначення швидкості зростання мікроміцетів в різних умовах. Диференціальні рівняння описують процес розвитку мікроміцетів в різних умовах, включаючи вплив часу експозиції, температури, відносної вологості та сухих періодів. Ця модель базується на моделях регресії, за допомогою яких експериментальним шляхом було розраховано індекси пошкодження. Формула для побудови кривої критичної вологості має вигляд багаточленової функції:

$$\varphi_{crit} = \begin{cases} -0.0023 T^3 + 0.160 T^2 - 3.13 T + 100.0, & \text{коли } T \leq 20 \\ 80\%, & \text{коли } T > 20 \end{cases}, \quad (1)$$

де φ_{crit} – функція критичної вологості, T – температура.

Із застосуванням VTT моделі виведено формули для визначення часу, необхідного для розвитку мікроміцетів на поверхні деревини за певних умов навколишнього середовища. Представлено рівняння регресії для часу (дні), необхідного для початку росту мікроскопічних грибів на дерев'яному матеріалі в умовах постійної температури та вологості:

$$t_m = \exp(-0.68 \ln T - 13.9 \ln \varphi + 0.14 W - 0.33 SQ + 66.02), \quad (2)$$

де T – температура повітря, φ – відносна вологість повітря, W – коефіцієнт, що враховує породу деревини в залежності від стійкості до біоагентів; SQ (surface quality) – коефіцієнт якості поверхні.

Для прогнозування появи зовнішніх ознак мікопошкодження дерев'яних матеріалів використано рівняння моделі регресії для визначення часу, необхідного для візуальної фіксації розвитку мікроміцетів:

$$t_v = \exp(-0.74 \ln T - 12.72 \ln \varphi + 0.06 W + 61.50) , \quad (3)$$

де T – температура повітря, φ – відносна вологість повітря, W – коефіцієнт, що враховує породу деревини в залежності від стійкості до біоагентів.

Диференціальні рівняння моделі VTT (1, 2, 3) використано для прогнозування ймовірності виникнення мікопошкодження на дерев'яних будівельних матеріалах.

У **третьому розділі** представлено результати обстеження для виявлення мікологічних пошкоджень на прикладі дерев'яних споруд НМНАПУ. Внаслідок первинного огляду будівель виявлено механічні (тріщини, осипання, лущення), ентомологічні (ходи жуків, павутиння) та мікробіологічні пошкодження (біоплівка, колонії, плями, зміна кольору деревини). Також відзначено біотичні та абіотичні фактори, що можуть сприяти розвитку мікологічного пошкодження: протікання, сирість, відсутність сонячного світла, запиленість, недостатня вентиляція, ентомологічні пошкодження та ін.

Репрезентативну вибірку будинків для відбору проб визначено з урахуванням типу деревини, що використовувалася для будівництва, технічного стану та віку конструкцій. Проби відбиралися не тільки з пошкодженої деревини, але й соломи, ґрунту та повітря. На дерев'яних архітектурних конструкціях та у повітрі приміщень в НМНАПУ виявлено 32 видів мікроміцетів, що віднесено до 10 родів та 4 види грибів, які утворювали тільки вегетативний міцелій. З них 12 видів є шкодочинними по відношенню до дерев'яних споруд – *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. herbarum*, *C. Sphaerospermum*, *Penicillium brevicompactum*, *Stachybotrys chartarum*, *Trichoderma viride*. Серед виявлених видів мікроміцетів шість можуть негативно впливати на здоров'я людини, спричиняючи шкодочинну дію, зокрема це *Alternaria alternata* (алергічна, токсична та мутагенна дія), *Aspergillus flavus* (канцерогенна дія), *A. fumigatus* (знижує імунну функцію, впливає на ЦНС; алерген, мутаген, канцероген), *A. niger* (алергенна, токсична та канцерогенна дія), *Stachybotrys chartarum* (неврологічні розлади, ураження легенів), *Trichoderma viride* (токсична дія). Найчастіше у відібраних пробах траплявся *Aspergillus niger* (37%), який загалом є одним з найбільш поширених видів мікроскопічних грибів.

Для збереження дерев'яного матеріалу архітектурних споруд від мікопошкодження, розвиток якого може призвести також до погіршення стану здоров'я працівників та відвідувачів НМНАПУ, запропоновано алгоритм екологічного моніторингу, що включає такі етапи: спостереження, аналіз, оцінка, порівняння отриманих результатів з попередніми для покращення (рис. 1). На першому етапі «спостереження» рекомендовано використовувати первинний алгоритм обстеження, який полягає у візуальному огляді ймовірних ділянок пошкодження біооб'єктами. Виділено найбільш вразливі ділянки, що підлягають першочерговому огляду, а саме: стики колод, зрубів та дощок; сучки та тріщини

дерев'яних частин конструкцій; місця, де відсутнє природне освітлення та вентиляція; горищні приміщення; ділянки конструкцій біля поверхні ґрунту і т.д.

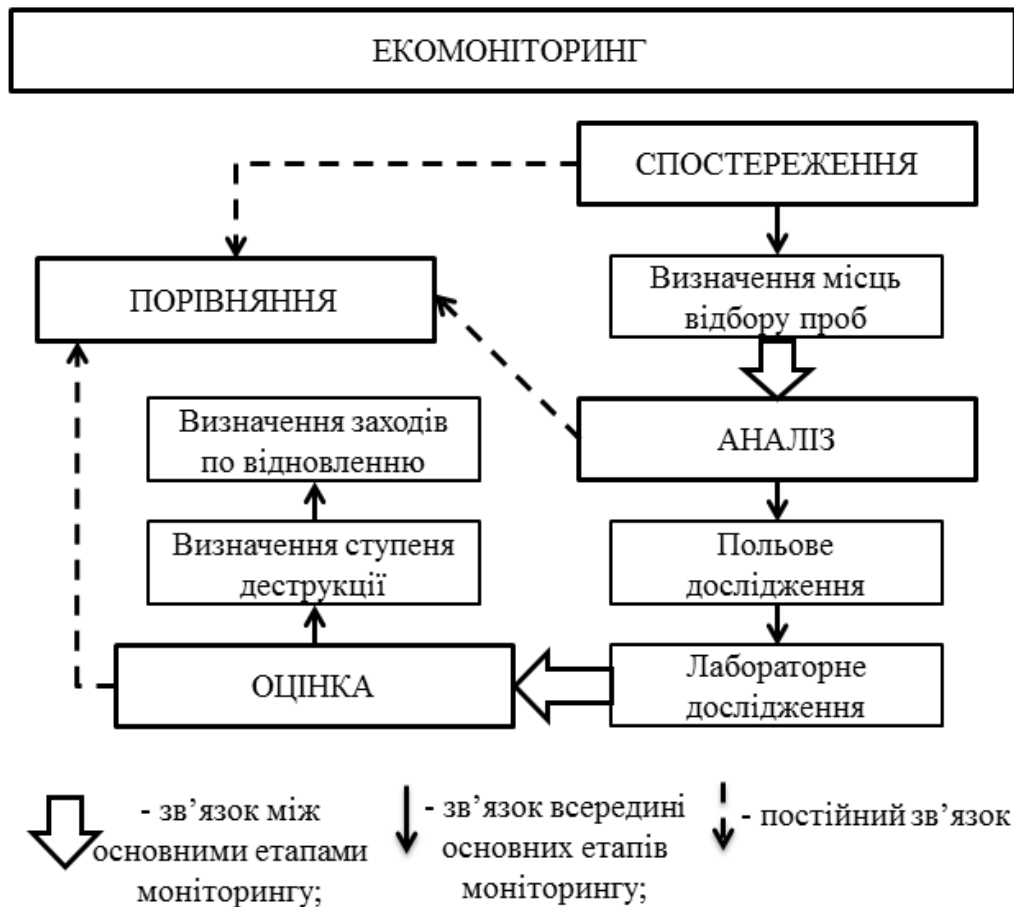


Рисунок 1 – Схема етапів моніторингу мікопошкодження дерев'яних споруд

Етап «аналіз» складається з польової фази відбору проб та лабораторних досліджень, що включають методи видової ідентифікації грибів. Третій етап «оцінка» полягає у встановленні ступеню пошкодження деревини та виборі заходів, які необхідно провести для відновлення споруд. Етап «порівняння» являє собою профілактичний засіб, основною задачею якого є виявлення певної закономірності між попередніми результатами моніторингу та знаходження причин появи мікопошкоджень. Етапи, що перераховані вище рекомендовані для виконання в певній послідовності, але в залежності від ситуації їх послідовність може змінюватись.

Впровадження запропонованої системи екологічного моніторингу забезпечує своєчасне виявлення біопшкоджень деревини, прийняття адекватних заходів і зменшення матеріальних витрат на утримання архітектурних споруд. Для забезпечення збереження пам'яток народної архітектури та запобігання виникненню ризиків погіршення здоров'я працівників рекомендується проводити постійний екомоніторинг у якості превентивного заходу.

У **четвертому розділі** для підвищення ефективності системи екомоніторингу при мікопошкодженнях дерев'яних споруд запропоновано включити наступні наукові підходи превентивного захисту: бальна оцінка ймовірності розвитку мікроміцетів на поверхні будівельного матеріалу; графічна модель кривої граничної

критичної вологості та меж толерантності певного виду грибів за температурним фактором; формули для розрахунку часу, що необхідний для розвитку спор грибів на поверхні матеріалу та візуальної фіксації росту, з розширеними коефіцієнтами W (коефіцієнт, що враховує породу деревини в залежності від стійкості до біоагентів) та SQ (коефіцієнт якості поверхні); іконографічну модель «дерева подій» за чинниками, що впливають на розвиток мікопошкоджень.

Таблиця 1 – Бальні оцінки ймовірності розвитку мікопошкоджень на дерев'яних спорудах при середніх сезонних температурах

№	Вид гриба	Місяць											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		Середньостатистичні температури T , °C											
		-3,8	-2,3	3,2	10,7	16,8	20,5	22,2	21,4	15,6	7,9	4	-0,9
1	<i>Alternaria alternata</i>	-	-	2	6	7	8	8	8	7	5	2	-
2	<i>Aspergillus flavus</i>	-	-	-	0	3	5	5	5	3	-	-	-
3	<i>A. fumigatus</i>	-	-	-	0	3	4	5	4	3	-	-	-
4	<i>A. niger</i>	-	-	-	3	5	6	6	6	5	1	-	-
5	<i>Aureobasidium pullulans</i>	-	-	-	-	2	4	5	4	1	-	-	-
6	<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	-	4	6	7	8	7	6	2	-	-
7	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	-	-	0	5	7	8	8	8	7	4	1	-
8	<i>C. herbarum</i>	-	-	2	6	7	8	8	8	7	5	2	-
9	<i>C. sphaerospermum</i>	-	-	2	6	7	8	8	8	7	5	2	-
10	<i>Penicillium brevicompactum</i>	-	-	-	4	6	7	7	7	6	3	0	-
11	<i>Stachybotrys chartarum</i>	-	-	-	4	6	7	7	7	6	3	0	-
12	<i>Trichoderma viride</i>	-	-	-	2	5	6	6	6	4	0	-	-

Примітка. Зелений колір – ймовірність розвитку відсутня; блакитний колір – незначна ймовірність розвитку; помаранчевий колір – висока ймовірність розвитку; червоний колір – дуже висока ймовірність розвитку; пурпурний колір – помірна ймовірність розвитку.

Проведено оцінку ймовірності розвитку мікопошкоджень в залежності від температури, яка для наочності оцінюється в балах від 0 до 10. Для розрахунків використано максимальні, мінімальні та оптимальні значення температури, при яких відбувається проростання спор певних видів грибів. В таблиці 1 представлено результати бальної оцінки ймовірності проростання спор для 12 шкодочинних видів грибів з урахуванням сезонних середніх температур. Найбільш високі та оптимальні

бали розраховано у травні-вересні, а для окремих видів – у квітні-жовтні, тобто ці періоди прогнозуються як потенційно небезпечні для розвитку мікопошкоджень дерев'яних споруд.

Також розраховано ймовірність розвитку мікооб'єктів в залежності від нормованих температур житлових та виробничих приміщень в холодний період року (таблиця 2). Виявилось, що нормовані температурні умови є сприятливими для розвитку на дерев'яних конструкціях майже всіх видів мікроскопічних грибів. Однак слід зауважити, що при цьому не враховувались коливання вологості матеріалу та повітря, що також суттєво впливає на розвиток грибів.

Таблиця 2 – Бальні оцінки ймовірності розвитку мікопошкоджень на дерев'яних матеріалах при нормованих температурах приміщень

№	Вид гриба	Призначення приміщення								
		Житлове				Виробниче (категорія робіт)				
		Коридор	Кухня, туалет	Кімната	Ванна	Важка ІІІ	ІІ Середньої	І Середньої	Легка Іб	Легка Іа
		Нормовані температури повітря Т, °С								
		16	18	20	25	16	18	20	22	24
1	<i>Alternaria alternata</i>	7	8	8	9	7	8	8	8	9
2	<i>Aspergillus flavus</i>	3	4	4	6	3	4	4	5	6
3	<i>A. fumigatus</i>	3	3	4	5	3	3	4	5	5
4	<i>A. niger</i>	5	5	6	7	5	5	6	6	7
5	<i>Aureobasidium pullulans</i>	1	3	4	6	1	3	4	5	6
6	<i>Chaetomium globosum</i>	6	7	7	8	6	7	7	8	8
7	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	7	8	8	9	7	8	8	8	9
8	<i>C. herbarum</i>	7	8	8	9	7	8	8	8	9
9	<i>C. sphaerospermum</i>	7	8	8	9	7	8	8	8	9
10	<i>Penicillium brevicompactum</i>	6	7	7	8	6	7	7	7	8
11	<i>Stachybotrys chartarum</i>	6	7	7	8	6	7	7	7	8
12	<i>Trichoderma viride</i>	4	5	6	7	4	5	6	6	7

Примітка. Блакитний колір – незначна ймовірність розвитку; помаранчевий колір – висока ймовірність розвитку; червоний колір – дуже висока ймовірність розвитку; пурпурний колір – помірна ймовірність розвитку.

Побудовано графічну модель, що показує мінімальне значення відносної вологості повітря для індивідуальних меж толерантності відносно температурного фактору для 6-ти видів мікодеструкторів.

Приклад моделі у вигляді граничної кривої вологості представлено на рисунку 2 для *Alternaria alternata*, де значення критичної вологості є 81-83% для початку проростання спор за умови оптимальних температур 20-21°C. Згідно моделі, при температурі 15-32 °C та мінімальній відносній вологості 80-81% проростання спор *A. alternata* також можливе. Розвиток цього гриба припиняється при зниженні температури від 15 до 2°C, але при відносній вологості матеріалу вище 81% проростання спор також можливе, так само у випадку, коли температура знаходиться за межами 32°C, але відносна вологість повітря залишається на рівні 80% (рис. 2).

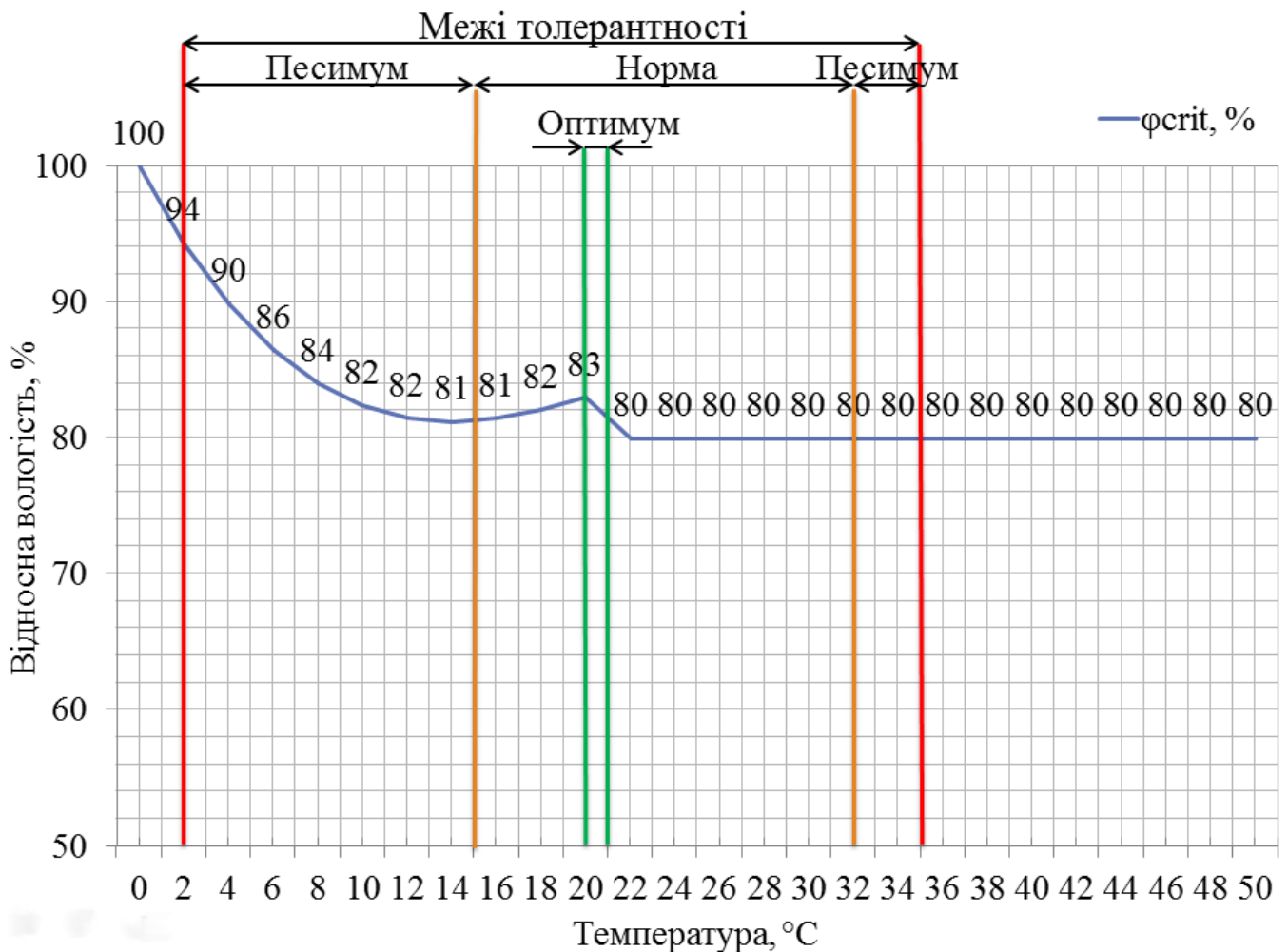


Рисунок 2 – Графік значення критичної відносної вологості та інтенсивність температурного фактору для *Alternaria alternata*

Основними факторами, що впливають на виникнення пошкодження, є вологість та температура повітря і це відображено у формулах VTT моделі. Рівняння моделі дозволяють розрахувати час, який необхідний для виникнення мікологічного пошкодження (формула 2), та час, який потрібен для візуальної фіксації росту мікроміцетів на поверхні матеріалу (формула 3).

Запропоновано розширену інтерпретацію коефіцієнтів W та SQ , які використовуються у рівняннях 3 та 4, а саме: врахувати чотири характеристики породи деревини по відношенню до біофактору, а також чотири типи обробки поверхні дерев'яного матеріалу (табл. 4, 5).

Таблиця 4 – Значення коефіцієнта W

W	Характеристика породи	Порода деревини	
		заболонь	ядро
3	стійка	сосна, ясень	кедр, сосна, дуб, ясень, модрина
2	середньостійка	ялина, кедр, модрина, ялиця	ялина, ялиця, бук
1	малостійка	бук, в'яз, граб, дуб, клен	в'яз, клен
0	нестійка	липа, вільха, осика	береза, липа, вільха, осика

Таблиця 5 – Значення коефіцієнта SQ

SQ	Характеристика поверхні деревини
3	необроблена деревина
2	термічно оброблена
1	оброблена антисептиком
0	термічно та хімічно модифікована

Запропоновано розширену класифікацію екобезпечності деревини в будівельній галузі на основі коефіцієнтів W та SQ:

- 1а клас – стійка порода, що не піддавалася обробці;
- 1б клас – стійка порода, що була термічно оброблена;
- 1в клас – стійка порода, що була хімічно оброблена;
- 1г клас – стійка порода, що була термічно та хімічно модифікована;
- 2а клас – середньостійка порода, що не піддавалася обробці;
- 2б клас – середньостійка порода, що була термічно оброблена;
- 2в клас – середньостійка порода, що була хімічно оброблена;
- 2г клас – середньостійка порода, що була термічно та хімічно модифікована;
- 3а клас – малостійка порода, що не піддавалася обробці;
- 3б клас – малостійка порода, що була термічно оброблена;
- 3в клас – малостійка порода, що була хімічно оброблена;
- 3г клас – малостійка порода, що була термічно та хімічно модифікована;
- 4а клас – нестійка порода, що не піддавалася обробці;
- 4б клас – нестійка порода, що була термічно оброблена;
- 4в клас – нестійка порода, що була хімічно оброблена;
- 4г клас – нестійка порода, що була термічно та хімічно модифікована.

Подібна класифікація сприяє раціональному використанню деревини як природного ресурсу в процесі спорудження та експлуатації будівель в узгодженні із сучасними стандартами будівництва, направлених на зменшення енергоспоживання та безвідходності повного життєвого циклу будівельних матеріалів та споруд.

Розраховано час, який проходить до моменту візуальної появи грибів (t_v) та час, необхідний для початку проростання спор (t_m) на дерев'яному матеріалі за умов постійної температури 20°C, відносної вологості від 80 до 100%. При цьому

враховано значення коефіцієнтів якості поверхні (SQ) та коефіцієнта, що враховує породу деревини в залежності від стійкості до мікооб'єктів (W).

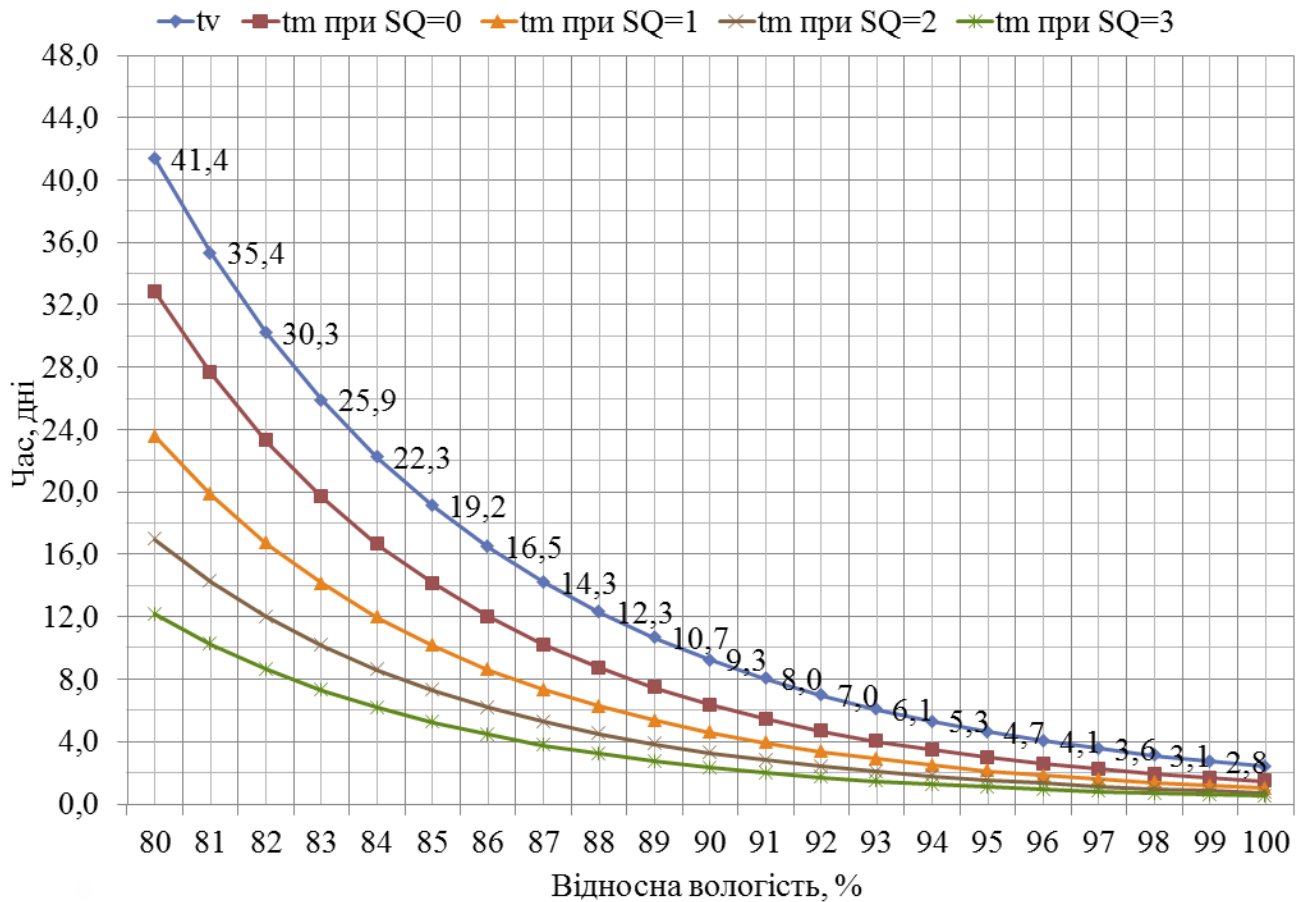


Рисунок 3 – Періоди розвитку грибів на матеріалі зі стійкої породи деревини в залежності від відносної вологості та якості поверхні

На рисунку 3 представлено графіки, що відображають періоди розвитку грибів на матеріалі зі стійкої породи деревини у залежності від відносної вологості, якості поверхні та температури. Подібні графіки побудовані також для середньостійкої, малостійкої на нестійкої порід деревини. Стійкі породи дерев, такі, наприклад, як сосна та ясень, характеризуються природною резистентністю до впливу мікроорганізмів, тому в будівництві можливе їх використання без додаткової обробки. На необробленій деревині зі стійкої породи при температурі 20°C та вологості 80% розвиток спор мікроміцетів почнеться через 12,2 днів за умови постійної температури та відносної вологості в цей період. При підвищенні вологості до 85% цей показник зменшується до 5,3 днів, при відносній вологості 90% для ініціювання проростання спор достатньо 2,4 дня, при 100% вологості достатньо 12 годин.

Для побудови іконографічної моделі «дерева подій» застосовано принцип «дерева прийняття рішень», що дозволяє прогнозувати реакцію мікооб'єктів та своєчасно запобігти ризикам виникнення екологічної небезпеки для покращення умов експлуатації будівельних споруд. Це ефективний засіб прийняття рішень, що використовується в статистиці і аналізі даних для прогнозних моделей. Мета полягає в тому, щоб створити модель, яка передбачає значення цільової змінної на основі

декількох змінних на вході. Дерево рішень складається з трьох типів вузлів: вузли рішення – зазвичай представлені квадратами; ймовірнісні вузли – представляються у вигляді кола; замикають вузли – представляються у вигляді трикутника. Принцип дерева прийняття рішень запропоновано використовувати для побудови іконографічної моделі дерева подій, що дозволяє прогнозувати реакцію мікооб'єктів для покращення умов експлуатації будівельних споруд. Розроблено іконографічні моделі «дерева подій» за конструкційними (рис. 4), абіотичними та біотичними (рис. 5) чинниками, які впливають на розвиток мікологічного пошкодження.

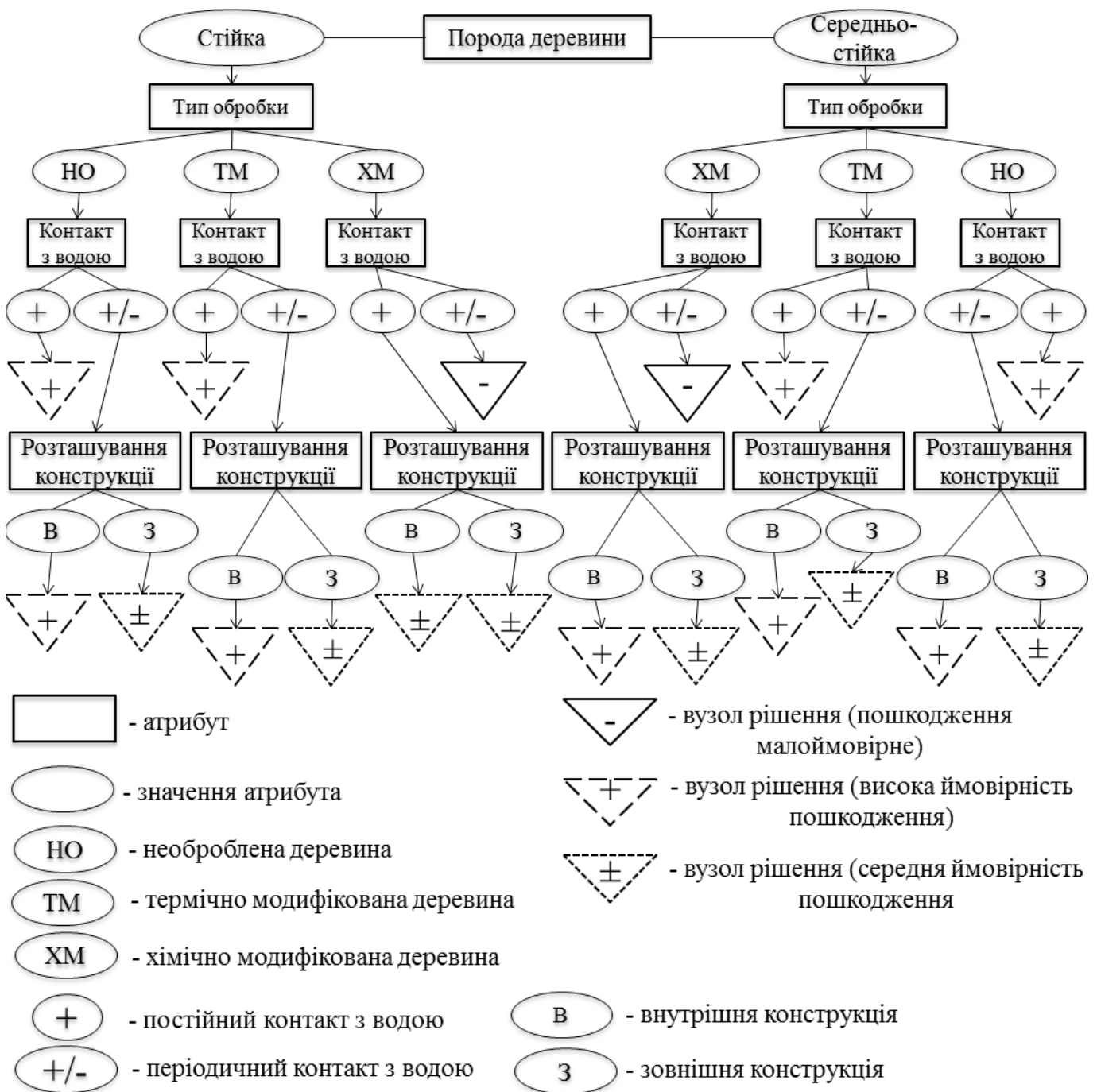


Рисунок 4 – Іконографічна модель «дерева подій» для прогнозування виникнення мікологічних пошкоджень в залежності від конструкційних чинників

У випадку мікологічних пошкоджень дерев'яних матеріалів порода деревини надзвичайно важлива, крім того, необхідно враховувати ступінь та тип обробки

поверхні лісоматеріалу. Іконографічна модель «дерева подій» за конструктивними чинниками впливу на розвиток мікопошкоджень, що представлена на рисунку 4, побудована для стійких (наприклад, сосна, дуб, ясен) та сереньостійких (наприклад, ялина, бук) порід деревини, які частіше за інших використовуються в будівництві. Отже, висока ймовірність пошкодження може виникати в конструкціях зі стійкої породи деревини, без обробки або з термічною модифікацією для підвищення резистентності, за умов постійного контакту з водою при температурі, що є оптимальною для початку проростання спор мікроміцетів. Також припущено висока ймовірність пошкодження при таких самих умовах для матеріалу з деревини середньостійкої породи.

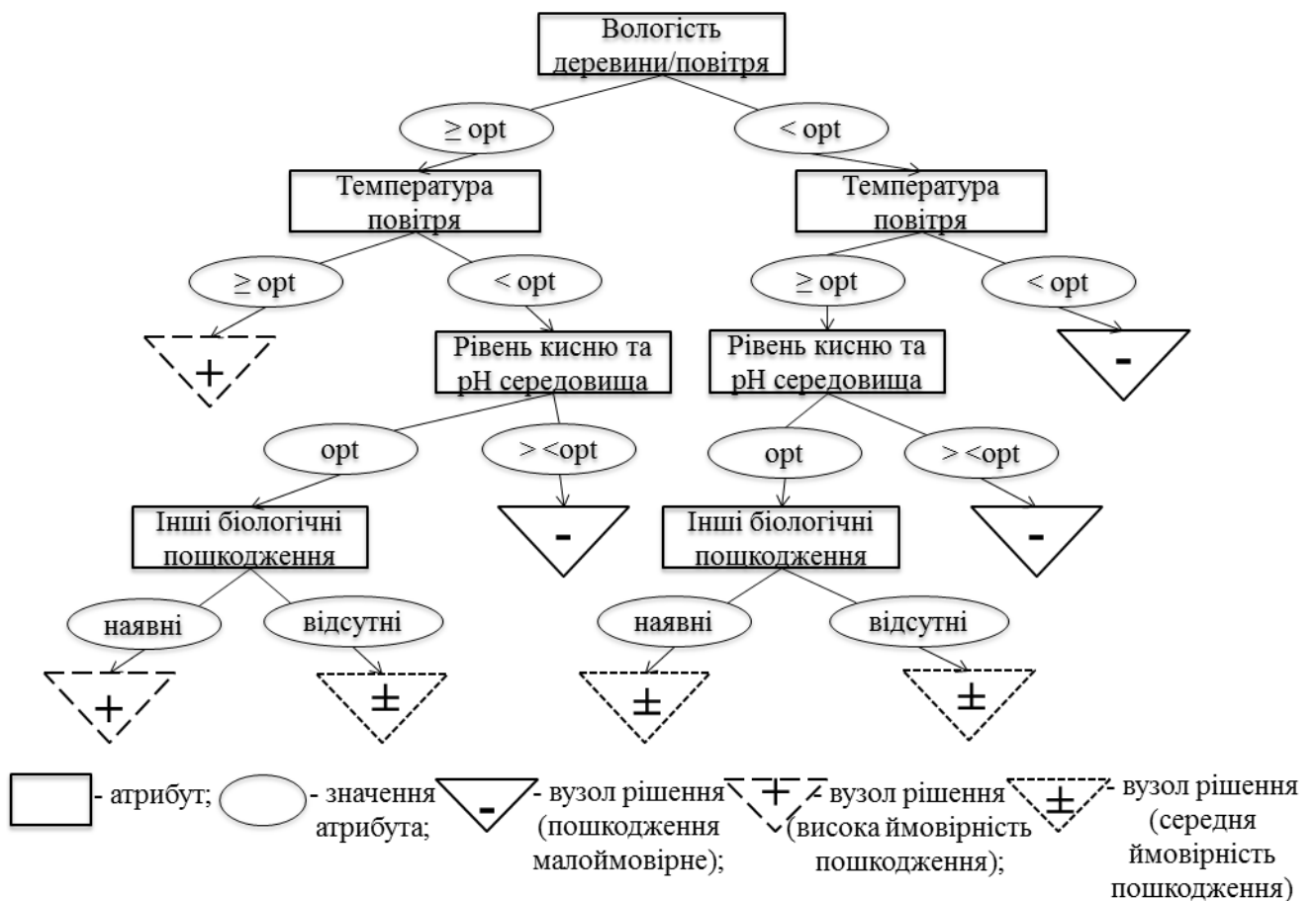


Рисунок 5 – Іконографічна модель «дерева подій» для прогнозування виникнення мікологічних пошкоджень в залежності від абіотичних та біотичних чинників

Після визначення високої або середньої ймовірності ініціювання мікопошкодження необхідно оцінити існуючі абіотичні та біотичні чинники. Так, при оптимальній відносній вологості (або вище) та температурі повітря в оптимальному діапазоні, прогнозується найбільша ймовірність виникнення пошкодження. При подібних умовах вологості, але меншій температурі при оптимальних та при невідповідних значеннях рівня кисню чи рН середовища, ймовірність виникнення пошкодження є мінімальною. Але, якщо рівень кисню та рН середовища відповідає оптимальним значенням та до того ж наявні будь-які інші біологічні пошкодження, ймовірність виникнення мікодеструкції зростає (рис. 5).

Запропоновано використання іконографічних моделей «дерева подій» в системі екологічного моніторингу для покращення умов експлуатації та захисту від мікопошкоджень будівельних матеріалів та споруд. Іконографічні моделі «дерева подій» побудовано за конструкційними, абіотичними та біотичними чинниками для прийняття оптимального рішення щодо захисту дерев'яного матеріалу в конструкціях за певних мікрокліматичних умов. Це не тільки зручний та ефективний спосіб прийняття рішень для спеціалістів, але й дієвий запобіжний засіб проти використання непотрібних та небезпечних для навколишнього середовища речовин, що застосовуються для захисту деревини від мікопошкоджень.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науковою роботою, в якій запропоновано рішення науково-прикладної задачі ведення екомоніторингу при мікопошкодженні дерев'яних конструкцій. Основні наукові та практичні результати роботи можна узагальнити у таких висновках:

1. Запропоновано та апробовано розширений алгоритм екологічного моніторингу для виявлення мікологічних пошкоджень дерев'яних будівельних конструкцій, що забезпечує своєчасне застосування заходів екологічної безпеки для запобігання біодеструкції будівель та зменшує негативний вплив мікроміцетів на середовище існування людини.

2. Розроблено систему класифікації дерев'яних будівельних матеріалів за критеріями екологічної безпеки, що сприяє раціональному використанню деревини в процесі спорудження та експлуатації будівель в узгодженні із сучасними стандартами будівництва, які враховують екологічні показники повного життєвого циклу матеріалів, спрямовані на підвищення енергоефективності, довговічності, мінімізації відходів та здатності їх повторного використання.

3. Проведено дослідження мікологічних пошкоджень дерев'яних конструкцій на прикладі архітектурних споруд Національного музею народної архітектури та побуту України, де виявлено 32 видів грибів, з яких 12 видів представляють особливу шкодочинність для дерев'яних конструкцій, а 6 з них є потенційно небезпечними для здоров'я людини внаслідок впливу продуктів метаболізму, що викликає необхідність термінового впровадження запропонованих дієвих та безпечних заходів захисту споруд для стабілізації рівня екологічної безпеки.

4. Розраховано бальну оцінку ймовірності розвитку пошкодження деревини для 12 видів грибів при певних мікрокліматичних умовах на прикладі середніх сезонних температур, а також нормативних температур для житлових та виробничих приміщень, що дозволяє прогнозувати реакцію мікооб'єктів на зміну факторів навколишнього середовища та своєчасно запобігти виникненню екологічної небезпеки у середовищі існування людини внаслідок активізації мікоагентів.

5. Представлено схему класифікації дерев'яних будівель за параметрами технічного стану, класами наслідків та категоріями складності на прикладі архітектурних споруд експозицій Національного музею народної архітектури та побуту України для визначення періодичності проведення моніторингу та

встановлення першочерговості планування реставраційних чи ремонтних робіт.

6. Побудовано іконографічну модель «дерева подій» з урахуванням конструкційних, абіотичних та біотичних чинників, які впливають на розвиток мікологічних пошкоджень, що розширює сфери практичного застосування алгоритму екомоніторингу при експлуатації споруд з дерев'яними конструкціями на урбанізованих та рекреаційних територіях.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І. Фунгіциди в практиці захисту дерев'яних будівельних конструкцій від мікропошкоджень / А.Р. Перебинос, Т.І. Кривомаз // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – К. : ДЕА, 2018. – № 1(20). – Т. 1. – С. 151-155.
2. Перебинос А. Р. Застосування державних норм та стандартів в процесі моніторингу пошкоджень дерев'яних конструкцій в НМНАПУ "Пирогів" / А. Р. Перебинос // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2016. - № 1(124). - С. 18-22. - ISSN 1997-9274.
3. Кривомаз, Т. І. Визначення шкодочинності грибів для вирішення проблем екобезпеки дерев'яних конструкцій в будівництві / Т.І. Кривомаз, А.Р. Перебинос // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування - 2016. - № 1 (13). - С. 101-109.
4. Кривомаз, Т. І. Первинна оцінка мікопошкоджень дерев'яних споруд в НМНАПУ “Пирогів” / Т. І. Кривомаз, А. Р. Перебинос // Екологічна безпека та природокористування. - 2015. - № 2 (18). - С. 66-75.

Статті в наукових періодичних виданнях України:

5. Kryvomaz T., Perebynos A., The protection of wooden constructing materials and structural elements of buildings against biological damage / T. Kryvomaz, A. Perebynos // Environmental problems. – 2017. – Vol. 2, No. 1. – С. 7-10.
6. Кривомаз Т. І. Мікологічні пошкодження дерев'яних конструкцій в будівництві [Електронний ресурс] / Т. І. Кривомаз, А. Р. Перебинос // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - 2016. - Вип. 61. - С. 227-231. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodaba_2016_61_37
7. Перебинос, А.Р. Екологічна безпека та біопошкодження дерев'яних конструкцій будівельних споруд / А.Р. Перебинос, Т.І. Кривомаз // Будівельне виробництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2016. – № 60. – С. 68-71.

Статті в наукових періодичних виданнях іноземних держав:

8. Perebynos A., Monitoring algorithm of mycodestruction of historical and architectural wooden structures / A. Perebynos // USEFUL. – 2017. – #1. Режим доступу: <https://svp4u.app.box.com/s/pv1jy4zk78zmm9au1rkphbmd0yasrydh>
9. Perebynos A., Kryvomaz, T., Biological deterioration of wooden structures of the Bialystok open-air museum / A. Perebynos, T. Kryvomaz // Civil and Environmental

Engineering. – 2017. – Vol. 8, No. 4. – С. 197-201. – Режим доступу: http://www.biswbis.pb.edu.pl/2017_04/05.pdf

10. Fungi in air and on wooden constructions of old historical building / Alona Perebynos, Tetyana Kryvomaz, Andriy Chuyenko // W: Environmental Engineering - through a young eye / ed. by Iwona Skoczko, Janina Piekutin, Aleksandra Kłębek; Faculty of Civil And Environmental Engineering Białystok University of Technology, Polish Association of Sanitary Engineers And Technicians. – Białystok: Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, 2016. – CD. – (Series of Monographs; 9). – P. 60-81.

Публікації апробаційного характеру:

11. Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І. Екологічна безпека об'єктів будівництва при мікологічному пошкодженні дерев'яних конструкцій / А.Р. Перебинос, Т.І. Кривомаз // Ефективні технології в будівництві : III Міжнародна науково-технічна конференція (28-29 березня 2018., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2018. – С. 50-51.

12. Перебинос А.Р. Екологічна безпека впливу біопшкоджень на життєвий цикл будівельної деревини / А.Р. Перебинос // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія за матеріалами XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, Пуща-Водиця, 03-04 жовтня 2017 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2017. – С. 126-127.

13. Перебинос А.Р. Фунгіцидні речовини в будівельній галузі / А.Р. Перебинос // VI-ий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2017), м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017 : збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 204.

14. Перебинос, А.Р. Активні речовини фунгіцидних препаратів в будівельній галузі та їх вплив на навколишнє середовище / А.Р. Перебинос // Екологічна безпека держави: тези доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. м. Київ, 20 квітня 2017 р., Національний авіаційний університет / редкол. О. І. Запорожець та ін. – К. : НАУ, 2017. – С. 210-211.

15. Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І. Система класифікації грибів-деструкторів дерев'яних будівельних матеріалів та конструкцій за шкодочинністю / А.Р. Перебинос, Т.І. Кривомаз // Програма та тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених “Буд-Майстер-Клас-2016” (16-18 жовтня 2016 року). - Київ: КНУБіА, 2016 - С. 165-166.

16. Кривомаз Т.І., Перебинос А.Р. Оцінка екологічної небезпеки мікополітантів та антимікотичних засобів / Т.І. Кривомаз, А.Р. Перебинос // Програма та тези доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки» (12-14 жовтня 2016 року). – Кременчук, 2016. – С. 84.

17. Fungi in air and on wooden constructions of old historical building. [Aut.]: Alona Perebynos, Tetyana Kryvomaz, Andriy Chuyenko. W: Environmental engineering – through young eye. V Student Scientific Conference, Białystok, 05.05.2016. Summary book. [Electronic document]. Eds: I. Skoczko, J. Piekutin, E. H. Grygorczuk-Petersons.

Faculty of Civil and Environmental Engineering. Białystok University of Technology, 2016, P. 112.

18. Перебинос, А.Р. Екологічна безпека та біопшкодження дерев'яних конструкцій будівельних споруд / А.Р. Перебинос // Програма та тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Ефективні технології в будівництві» (7-8 квітня 2016 року). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2016. – С. 36-37.

19. Перебинос, А.Р. Питання біодеструкції будівель рекреаційної зони Національного музею народної архітектури та побуту України «Пирогів» / А.Р. Перебинос // Екологічна безпека держави: тези доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. м. Київ, 21 квітня 2016 р., Національний авіаційний університет / редкол. О. І. Запорожець та ін. – К. : НАУ, 2016. – С. 190-191.

20. Перебинос, А.Р. Алгоритм моніторингу мікодеструкцій історико-архітектурних дерев'яних споруд / А.Р. Перебинос // Програма та тези доповідей Першої всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів “Буд-Майстер-Клас” (26-27 листопада 2015 року). - Київ: КНУБіА, 2015. - С. 70-71.

АНОТАЦІЯ

Перебинос А.Р. Екологічний моніторинг при мікопшкодженні дерев'яних споруд. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека» (11 – Природничі науки). – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2018.

Дисертація присвячена вирішенню актуального науково-прикладного питання мікологічного пошкодження дерев'яних елементів споруд, а також вдосконаленню системи екомоніторингу за допомогою підходів, що є безпечними для навколишнього середовища. Проаналізовано екологічні ризики пошкодження грибами дерев'яних матеріалів, що використовуються в будівництві. На основі виконаного аналізу теоретичних і експериментальних досліджень показано необхідність вдосконалення наукових підходів виявлення мікологічного пошкодження. Проведено дослідження біодеструкції деревини архітектурних споруд та відзначено суттєву роль мікопшкоджень матеріалів та конструкцій. З відібраних проб ідентифіковано 32 видів грибів, з яких 12 представляють особливу шкодочинність для дерев'яних конструкцій, а 6 з них є потенційно небезпечними для здоров'я людини. Запропоновано систему екомоніторингу, що вдосконалена превентивними методами захисту дерев'яних архітектурних споруд від мікооб'єктів. Розраховано бальну ймовірність розвитку пошкодження будівельних дерев'яних конструкцій для 12 видів грибів при певних мікрокліматичних умовах на прикладі середніх сезонних температур та нормативних температур житлових та виробничих приміщень. Це дозволить прогнозувати реакцію мікооб'єктів та своєчасно запобігати розвитку пошкоджень для покращення умов експлуатації будівельних споруд. Побудовано іконографічну модель «дерева подій» за конструкційними, абіотичними

та біотичними чинниками, яка позиціонується як ефективний спосіб у прийнятті рішення щодо захисту матеріалу за певних умов.

Ключові слова: екологічний моніторинг, мікологічне пошкодження, дерев'яні споруди, бальна оцінка ймовірності, іконографічна модель дерева подій.

АННОТАЦИЯ

Перебинос А.Р. Экологический мониторинг при микоповреждении деревянных сооружений. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 «Экологическая безопасность» (10 - Естественные науки). - Киевский национальный университет строительства и архитектуры Министерства образования и науки Украины, Киев, 2018.

Диссертация посвящена решению актуальному научно-прикладному вопросу микологического повреждения деревянных элементов сооружений, а также совершенствованию системы экомониторинга с помощью подходов, которые являются безопасными для окружающей среды. Проанализированы экологические риски повреждения грибами деревянных материалов, используемых в строительстве. На основе выполненного анализа теоретических и экспериментальных исследований показана необходимость совершенствования научных подходов выявления микологического повреждения. Проведено исследование биодеструкции древесины архитектурных сооружений и отмечено существенную роль микоповреждений материалов и конструкций. Из отобранных проб идентифицировано 32 видов грибов, из которых 12 представляют особую вредоносность для деревянных конструкций, а 6 из них являются потенциально опасными для здоровья человека. Предложена система экомониторинга, усовершенствованная превентивными методами защиты деревянных архитектурных сооружений от микообъектов. Рассчитано балльную вероятность развития повреждения строительных деревянных конструкций для 12 видов грибов при определенных микроклиматических условиях на примере средних сезонных температур и нормативных температур жилых и производственных помещений. Это позволит прогнозировать реакцию микообъектов и своевременно предотвращать развитие повреждений для улучшения условий эксплуатации строительных сооружений. Построено иконографическую модель «дерева событий», которая позиционируется как эффективный способ в принятии решений по защите материалов при определенных условиях.

Ключевые слова: экологический мониторинг, микологическое повреждение, грибы, деревянные сооружения, балльная оценка вероятности, иконографическая модель «дерева событий».

ANNOTATION

Perebynos A. R. Ecological monitoring of wooden constructions with mycodamages. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Thesis for the degree of the Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 21.06.01 «Ecological safety» (10 – Natural sciences). – Kyiv National University of Construction and Architecture of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the solution of the actual issue of conducting ecomonitoring wooden structures in case of mycological damages. The environmental risks of mycological damage of wooden materials that used in construction are analyzed. On the basis of the performed analysis of theoretical and experimental studies of scientists, the need to improve scientific approaches for the detection of mycodamages was shown. The study of wood biodegradation in the national museum was conducted and the significant role of mycodamages was noted. Of the selected samples, 32 species of mushrooms have been identified, of which 12 are of particular harm to the wooden structures, and 6 of them are potentially dangerous to human health. The system of ecomonitoring, which was improved by preventive methods of protection of wooden historic-architectural and modern buildings from the mycoobjects, was proposed. Probability grades for 12 types of fungi have been calculated under certain microclimatic conditions, for example, at mid-season temperatures. This will allow to predict the reaction of the mycoobjects and to prevent damage development in a timely manner in order to improve the conditions of operation of the building structures. The iconographic model of the tree of events based on structural, abiotic and biotic factors is constructed, which is positioned as an effective way in deciding on material protection under certain microclimatic conditions.

Keywords: ecomonitoring, mycological damage, wood-decay fungi, wooden buildings, probability grade, iconographic model of the tree of events.