



УДК 697.9

МІКРОБІОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ І КНИГ НАУКОВОЇ БІБЛІОТЕКИ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Г. В. Яворська¹, І. С. Білінська¹, С. О. Гнатуш¹, Г. С. Осьмак²

¹ Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна

² Національний музей у Львові ім. А. Шептицького, просп. Свободи, 20, Львів 79000, Україна
e-mail: igor_javo@ukr.net

Мікроорганізми здатні пошкоджувати деревину, папір, фарби і виготовлені з цих матеріалів літописи, книги тощо. Аналізували мікробіоту повітря приміщень Наукової бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка, яка є джерелом інфікування бібліотечних фондів. Виявлено, що кількість мікроорганізмів у повітрі є різною залежно від сезону, температури, вологості й висоти відбору проб (кількість на рівні першого ярусу в середньому у 2–7 разів вища, ніж на рівні другого). Виділено й ідентифіковано 47 штамів грибів, що становлять загрозу для книг у більшості проб повітря приміщень бібліотеки. Це, зокрема, гриби *Fusidium viride* (4 %), *Eidamella spinosa* (2 %), *Ulocladium* sp. (2 %), *Mycotrichum chartarum* (2 %), *Mortierella* sp. (2 %), а також представники родів *Penicillium* (62 %), *Aspergillus* (20 %), *Mucor* (2 %), *Alternaria* (4 %). Загалом 89 % виділених штамів мікроміцетів мають целюлазну активність, причому 12 % – сильну (повністю розклали папір в експерименті). Це гриби *Eidamella spinosa* (1 штам) і представники родів *Penicillium* (3 штами), *Alternaria* та *Ulocladium* (по одному штаму). Досліджено стародруки із видимими ознаками мікробного пошкодження, які зберігають у відділі рукописних, стародрукованих і рідкісних книг ім. Ф. П. Максименка цієї бібліотеки, на наявність життєздатних мікроорганізмів. На всіх книгах виявлено мікроорганізми, які виділено в чисті культури й ідентифіковано як штами грибів *Verticillium album* і представники родів *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* (види *A. fumigatus* і *A. wentii*), а також спороутворювальні бактерії роду *Bacillus*. Для зменшення контамінування мікроорганізмами уражених книг і перевірки ефективності дії на чисті культури мікроміцетів застосовано дезінфікувальну камеру ЕК-21. Оброблення книг і спор чистих культур грибів у цій камері (температура 65±5 °С, вологість 60±5 %, формалін 100–150 мл) спричинило 100 % загибель усіх наявних на них мікроорганізмів. Отже, найважливішими засобами запобігання біопшкодженню книг, які зберігають у бібліотеках, архівах, музеях, є проведення систематичного комплексного контролю параметрів довкілля та мікологічного моніторингу приміщень книгосховищ і об'єктів зберігання.

Ключові слова: мікробіота повітря, біопшкодження книг, целюлазна активність, мікроміцети, дезінфікування.

ВСТУП

З 1992 р. ЮНЕСКО розпочала здійснення програми “Пам’ять світу”, яку Генеральна конференція 1993 р. визнала важливою складовою частиною загальної інформаційної програми [2, 3]. У бібліотеках України на початку XXI ст. зберігалось близько 60 млн документів XV–XX ст. і майже 2 млн рідкісних і цінних документів, серед яких рукописні матеріали, що є пам’ятками світового значення [13]. Цінність книг спонукає людей займатися захистом їх від біопшкоджень, засобами профілактики та збереження від мікроорганізмів-деструкторів природних полімерів. Ще у 1968 р. в Англії відбувся перший міжнародний симпозіум, де створено Міжнародну організацію з біопшкодження зі штаб-квартирою в Астановському університеті, яка дотепер здійснює координуючі функції з дослідження біопшкоджень. Ця проблема відтоді отримала офіційний статус і самостійність як науково-практичний напрям, що є на стику різних наук і сфери практичної діяльності людини [2, 3, 26]. Для того, щоби бібліотеки виконували свою роль, необхідно забезпечити належне зберігання документів. В основі збереження, насамперед, є дослідження грибів, які пошкоджують паперові носії інформації, та запобігання їхньому розвитку й поширенню. Консервація як складова частина цієї сфери діяльності пронизує всю бібліотечну роботу, визначає її режим і якість [20, 21].

Найактуальнішою з проблем залишаються пошук і дослідження засобів знешкодження мікроорганізмів-деструкторів з огляду на їхні високі адаптивні можливості щодо біоцидів, які застосовують у реставраційній практиці [7, 17, 21]. На окрему увагу заслуговують препарати, які не мають негативного впливу на навколишнє середовище, предмети зберігання та людину [22]. Бібліотечні фонди – найцінніше історичне, культурне й інтелектуальне надбання кожної нації, тому для України їхнє збереження є одним із стратегічно важливих завдань [8, 13, 14, 32]. Питання збереження національного надбання України можна вирішити за допомогою узагальнення і всебічного аналізу індивідуальних проблем кожної з бібліотек.

Мета – проаналізувати мікробіоту повітря різних приміщень бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка; виділити в чисті культури гриби, які можуть спричинити пошкодження книг, і визначити доцільність застосування дезінфікувальної камери ЕК-21 для зменшення контамінування мікроорганізмами уражених книг.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Роботу виконували упродовж 2011–2014 рр. на кафедрі мікробіології та в Науковій бібліотеці Львівського національного університету імені Івана Франка. Об’єктом дослідження була мікробіота повітря різних приміщень Наукової бібліотеки ЛНУ ім. Івана Франка (книгосховищ, читальних залів і різних відділів), окремі експонати і виділені культури грибів.

Проби з повітря приміщень цієї бібліотеки відбирали у різні кліматичні сезони, із різних ярусів і місць. Аналізували мікробіоту повітря різних приміщень у відділах рукописних, стародрукованих та рідкісних книг ім. Ф. П. Максименка; резервно-обмінного фонду; зберігання періодики і книгозберігання наукової літератури Наукової бібліотеки ЛНУ ім. Івана Франка у два періоди (осінньо-зимовий і весняно-літній) упродовж кількох років, відбираючи проби на різних ярусах. Найбільшим відділом бібліотеки є відділ зберігання наукової літератури, який забезпечує організацію

та збереження фондів основного книгосховища й видачу літератури читачам. Відділ містить низку фондів. Дослідження проводили в основному книгосховищі та головній читальній залі. Основне книгосховище відділу книгозберігання наукової літератури розташоване на п'яти поверхах. Перекриття металеве, решітчасте, що забезпечує циркуляцію руху повітря з одного поверху на інший. Досліджували повітря першого поверху (підвальне), третього (основне) та п'ятого. Кожний поверх містить велику кількість металевих стелажів, які розділяють його на окремі компартменти.

Для аналізу мікробіоти повітря використовували метод седиментації Коха [9]. Розрахунок загальної кількості мікроорганізмів в 1 м^3 повітря у колонієутворювальних одиницях (КУО) здійснювали за формулою Омелянського [9]. Кліматичні показники (температуру і відносну вологу) приміщень бібліотеки визначали за допомогою термометра-гігromетра марки "Wendox".

Виділені культури грибів ідентифікували, використовуючи методи світлової мікроскопії. Для мікроскопування виготовляли живі та фарбовані препарати, які досліджували, застосовуючи світлову або фазово-контрастну мікроскопію. Для посіву використовували м'ясо-пептонний агар і сусло-агар [9]. Проводили посів згідно з методичними рекомендаціями [2, 7, 9]. Посіви культивували 5–7 діб, за температури $28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ за аеробних умов, беручи до уваги морфологічні ознаки клітин грибів, колоній, органів розмноження, міцелію, пігментацію, наявність септ, форму спороносних структур тощо [15, 27–30]. Обчислювали частоту трапляння виділених видів грибів.

Для виявлення у виділених культур мікроорганізмів целюлазної активності використовували рідке середовище Гетчинсона [9]. У чисті пробірки наливали 7 мл середовища, стерилізували за 1 атм 30 хв. Бактеріологічною петлею висівали культури грибів у середовище в пробірках і вносили смужки стерильного фільтрувального паперу. Пробірки поміщали в термостат і вирощували 30 діб за температури $28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Починаючи з п'ятої доби, візуально оцінювали стан паперу в пробірках (наявність ослизнення, поява і наявність пігментації, ступінь розкладання паперу тощо). Для контролю у пробірку зі середовищем вносили стерильну смужку паперу, але не засівали культуру гриба.

Проблема біопошкоджень книг, документів, зокрема мікроміцетами, постала нині перед безліччю бібліотек, архівів. Ними уражені десятки і сотні екземплярів. Для камерної обробки в Україні відомі два способи: парами формальдегіду та струмами високої частоти (що практично недоступне для бібліотек і архівів). Для зменшення кількості мікроорганізмів на контамінованих об'єктах використовували парову дезінфікувальну камеру ЕК-21, яку рекомендовано співробітниками відділу розробки та виготовлення поліграфічного устаткування ВАТ "Український НДІ поліграфічної промисловості імені Т. Г. Шевченка" застосовувати для дезінфекції різних невеликих предметів, зокрема книг. Йдеться про парогазову суміш на основі формальдегіду в герметичній камері, що дає можливість обробляти одразу певну кількість книг. Для зменшення негативної дії залишків формальдегіду в експонатах у камері передбачено технологічну операцію нейтралізації за допомогою нашатирного спирту, з подальшим автоматичним примусовим провітрюванням експонатів. Умови роботи з камерою практично виключають контакт працюючих із цією сполукою. Цей апарат працює закрито, всі об'єкти після дезінфікування поміщають у вакуумні пакети й витримують до двох тижнів під витяжкою, що повністю нівелює вплив формаліну на працівників і відвідувачів бібліотеки. Уражені книги поміщали на різні полиці камери у різному положенні, рис. 1 (закриті чи розкриті клапи



Рис. 1. Розміщення книг у дезінфікувальної камері

Fig. 1. The placing of books in a disinfecting apparatus

вертикально та горизонтально) й обробляли формаліном (100–150 мл) камерним способом за температури 65 ± 5 °С, вологості 60 ± 5 %, упродовж 180 хв, швидко виймали з камери і поміщали у стерильні пакети (для ізолювання від мікроорганізмів зовнішнього середовища) та клали під витяжку (для випаровування формальдегіду). Через 5 і 15 днів перевіряли ефективність дезінфікування висіванням відібраних проб на відповідні середовища. Окремо в камері аналогічно обробляли чисті культури грибів, виділені з повітря й уражених книг, після чого спори грибів висівали на середовище для перевірки життєздатності.

Основні статистичні показники обчислювали за безпосередніми даними (середнє арифметичне – M , стандартна похибка середнього арифметичного – m , $M \pm m$) [10]. Статистичне опрацювання результатів проводили, використовуючи програму “Microsoft Excel 2010”.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Досі не розроблено нормативних вимог і стандартів щодо сапротрофних грибів і бактерій у повітрі, тоді як ці мікроорганізми мають важливе значення для забезпечення збереження архівних документів [18].

У відділі рукописних, стародрукованих і рідкісних книг ім. Ф. П. Максименка, який занесений до реєстру національних надбань України, проаналізовано мікробіоту всіх приміщень (табл. 1). Встановлені мікробіологічні показники повітря цього відділу в осінньо-зимовий період є різними у різних приміщеннях і на висоті одного приміщення (табл. 1). Практично в усіх пробах превалювали бактерії. Співвідношення грибів до бактерій становило від 1:2 до 1:4. Дослідження проведені у весняно-літній період, дали змогу виявити іншу кількість мікроорганізмів у повітрі цих приміщень (табл. 1). Середня кількість мікроорганізмів повітря у відділі становила 166 КУО/м³, що майже удвічі менше, ніж у осінньо-зимовий сезон (384 КУО/м³). Кількість мікроорганізмів у нижньому ярусі (до 1,5 м) була вищою у 2–6 разів, ніж у верхньому (1,5–2,5) (див. табл.1).

Аналогічні дослідження проведені у резервно-обмінному фонді (табл. 2). Як і в попередньому відділі, виявлена кількість мікроорганізмів повітря була різною залежно від висоти відбору проби і приміщення. Середній показник кількості мікроорганізмів у відділі – 367 КУО/м³, що лише на 11 % більше від аналогічного показника відділу рідкісної книги. Проте суттєво змінився якісний склад мікробіоти: у всіх приміщеннях резервно-обмінного фонду в повітрі превалювали гриби. Співвідношення гриби : бактерії становило від 4:1 до 9:1. У весняно-літній період встановлено (табл. 2) зменшення в 1,5–3,5 рази порівняно з осінньо-зимовим періодом кількості мікроорганізмів у повітрі всіх приміщень як і у відділі рідкісної книги (табл. 1). Однак із повітря приміщень цього відділу виділяли у переважній більшості гриби. Кількість мікроорганізмів у нижньому ярусі приміщень резервно-обмінного фонду (до 1,5 м) у 2–4 рази була вищою, ніж у верхньому (1,5–2,5) (див. табл. 2).

Таблиця 1. Мікробіота повітря відділу рукописних, стародрукованих і рідкісних книг ім. Ф. П. Максименка

Table 1. Air microbiota of F. P. Maximenko Department of handwritten, old printed and rare books

*Приміщення	Висота відбору проб, м	КУО/м ³ , (M±m, n>6–10)					
		Осінньо-зимовий період			Весняно-літній період		
		Вологість; температура	Бактерії	Гриби	Вологість; температура	Бактерії	Гриби
1	До 1,5	21±3 %; 21±3 °C	108±6	66±3	19±4 %; 40±3 °C	69±3	11±2
	1,5–2,5		62±2	16±3		30±2	17±2
	Середнє		88±5	44±2		52±4	13±2
2	До 1,5	20±3 %; 22±3 °C	503±19	250±9	18±3 %; 42±4 °C	68±1	148±3
	1,5–2,5		90±15	110±6		19±4	89±5
	Середнє		316±5	165±2		16±1	117±3
3	До 1,5	21±3 %; 22±3 °C	660±30	160±6	19±3 %; 41±4 °C	278±5	148±6
	1,5–2,5		110±7	18±2		39±3	108±4
	Середнє		330±27	90±6		118±3	105±4
4	До 1,5	22±3 %; 22±3 °C	644±6	80±2	20±3 %; 36±3 °C	165±3	206±2
	1,5–2,5		102±5	85±6		42±1	60±3
	Середнє		330±5	83±2		102±2	143±3
5	До 1,5	23±2 %; 20±3 °C	430±12	310±8	20±3 %; 32±3 °C	160±3	158±3
	1,5–2,5		240±7	102±9		28±3	52±3
	Середнє		330±7	147±8		104±3	118±3
Середнє у відділі			279±5	105±4		72±3	94±2

Примітки: *Приміщення: 1 – книгосховище 1; 2 – книгосховище 2; 3 – читальна зала; 4 – кабінет завідувача відділу; 5 – кімната працівників

Comments: *Room: 1 – book depository 1; 2 – book depository 2; 3 – reading room; 4 – the office of head of department; 5 – staff room

Результати досліджень мікробіоти повітря книгосховища відділу періодики, розташованого на вул. Драгоманова, 17, наведені у табл. 3. Як бачимо з табл. 3, в усіх пробах повітря переважали бактерії. Співвідношення грибів до бактерій становило 1:2. В осінньо-зимовий період (табл. 3) мікробіота повітря книгосховища періодики трохи змінилася, порівняно з попереднім станом: удвічі зменшилася кількість бактерій, але збільшилася кількість грибів (від 33 % влітку до 54 % взимку). Кількість мікроорганізмів у нижньому ярусі (до 1,5 м) у була 2–4 рази вищою, ніж у верхньому (1,5–2,5) (див. табл. 3).

Проведений аналіз мікробіоти повітря у відділі зберігання наукової літератури в осінньо-зимовий і весняно-літній періоди (табл. 4) дав змогу встановити, що з повітря виділяли у більшій кількості гриби, ніж бактерії, а їхня кількість була різною залежно від висоти відбору проб (кількість мікроорганізмів у нижньому ярусі у 2–7 разів була вищою, ніж у верхньому) і приміщення. Очевидно, кількість грибів у 1 м³ повітря в досліджуваних приміщеннях залежить від температури і вологості повітря, що узгоджується з даними інших дослідників [13, 23, 25].

Таблиця 2. Мікробіота повітря відділу резервно-обмінного фонду

Table 2. Air microbiota of the Department of reserve exchange found

*Приміщення	Висота відбору проб, м	КУО/м ³ , (M±m, n>6–10)					
		Осінньо-зимовий період			Весняно-літній період		
		Вологість; температура	Бактерії	Гриби	Вологість; температура	Бактерії	Гриби
1	До 1,5	21±3 %; 20±3 °C	40±2	360±2	18±3 %; 40±3 °C	31±1	262±1
	1,5–2,5		12±1	60±2		28±2	90±2
	Середнє		20±1	180±2		20±1	137±2
2	До 1,5	21±3 %; 20±3 °C	44±1	180±4	20±3 %; 32±3 °C	40±2	220±1
	1,5–2,5		8±2	60±3		21±4	111±1
	Середнє		20±1	120±2		30±1	164±3
3	До 1,5	21±3 %; 21±3 °C	70±2	1520±6	18±3 %; 39±3 °C	38±1	322±2
	1,5–2,5		33±4	600±6		21±1	82±1
	Середнє		50±1	765±7		27±1	239±1
4	До 1,5	29±3 %; 19±3 °C	160±2	612±4	17±3 %; 40±3 °C	236±1	220±1
	1,5–2,5		60±2	120±2		80±3	81±1
	Середнє		93±3	345±5		101±3	84±3
5	До 1,5	21±3 %; 20±3 °C	180±4	120±4	21±3 %; 38±3 °C	249±3	152±3
	1,5–2,5		118±3	58±2		75±1	37±2
	Середнє		150±3	90±3		125±3	92±3
Середнє у відділі			67±2	300±2		114±2	143±3

Примітки: *Приміщення: 1 – книгосховище 009; 2 – книгосховище 9; 3 – книгосховище 016; 4 – книгосховище 017; 5 – кабінет завідувача відділу

Comments: *Room: 1 – book depository 009; 2 – book depository 9; 3 – book depository 016; 4 – book depository 017; 5 – the office of head of department

Таблиця 3. Мікробіота повітря відділу зберігання періодики

Table 3. Air microbiota of the Department of storage of periodicals

*Приміщення	Висота відбору проб, м	КУО/м ³ , (M±m, n>6–10)					
		Осінньо-зимовий період			Весняно-літній період		
		Вологість; температура	Бактерії	Гриби	Вологість; температура	Бактерії	Гриби
1	До 1,5	22±3 %; 20±3 °C	240±3	350±2	19±3 %; 37±3 °C	107±3	302±1
	1,5–2,5		60±4	120±3		40±1	248±1
	Середнє		150±3	236±3		62±3	274±3
2	До 1,5	21±3 %; 32±3 °C	-	-	22±3 %; 33±3 °C	87±2	305±1
	1,5–2,5		-	-		33±3	85±3
	Середнє					56±3	180±3
Середнє у відділі			210±2	105±1		72±2	192±1

Примітки: *Приміщення: 1 – книгосховище; 2 – кімната працівників; - – дослідження не проводили

Comments: *Room: 1 – book depository; 2 – staff room; - – study was not conducted

Таблиця 4. Мікробіота повітря відділу книгозберігання наукової літератури

Table 4. Air microbiota of the Department of book storage of scientific literature

*Приміщення	Висота відбору проб, м	КУО/м ³ , (M±m, n>6–10)					
		Осінньо-зимовий період			Весняно-літній період		
		Вологість; температура	Бактерії	Гриби	Вологість; температура	Бактерії	Гриби
1	До 1,5	31±3 %; 18±3 °C	25±1	268±2	16±3 %; 33±3 °C	38±1	73±2
	1,5–2,5		8±1	136±2		4±1	30±1
	Середнє		9±1	190±3		17±1	32±2
2	До 1,5	23±3 %; 20±3 °C	60±1	380±2	18±3 %; 41±3 °C	150±3	114±2
	1,5–2,5		8±1	60±2		38±2	8±2
	Середнє		19±2	198±3		55±2	35±2
3	До 1,5	21±3 %; 24±3 °C	40±3	440±3	20±3 %; 35±3 °C	231±1	262±2
	1,5–2,5		4±1	60±3		79±1	118±2
	Середнє		19±1	104±2		113±4	133±3
4	До 1,5	29±3 %; 20±3 °C	120±2	640±2	20±3 %; 36±3 °C	117±2	150±2
	1,5–2,5		60±2	220±2		27±3	58±3
	Середнє		86±3	370±4		65±3	89±2
Середнє у відділі			32±1	215±1		62±2	70±1

Примітки: *Приміщення: 1 – книгосховище 1; 2 – книгосховище 3; 3 – книгосховище 5; 4 – головна читальна зала

Comments: *Room: 1 – book depository 1; 2 – book depository 3; 3 – book depository 5; 4 – the main reading room

Отже, проведений моніторинг мікробіологічних показників повітря різних приміщень Наукової бібліотеки ЛНУ ім. Івана Франка у 2011–2014 рр. дав змогу встановити, що ці показники в усіх приміщеннях відповідали санітарним нормам до закритих приміщень (загальна кількість до 1500, кількість грибів до 500 КУО/м³ [12, 31]), повітря за мікробіологічними показниками є чистим.

Оскільки потенційними біодеструкторами паперу (чи книг) є обмежена кількість грибів, то з проб повітря виділяли чисті культури грибів та ідентифікували їх. Досліджували морфолого-культуральні ознаки 47 штамів грибів і встановили приналежність виділених культур грибів до видів *Mortierella* sp. (1 штам, 2 %), *Fusidium viride* (2 штами, 4 %), *Eidamella spinosa* (1 штам, 2 %), *Ulocladium* sp. (1 штам, 2 %), *Muxotrichum chartarum* (1 штам, 2 %) і родів *Penicillium* (29 штами, 62 %), *Aspergillus* (9 штам, 20 %), *Mucor* (1 штам, 2 %), *Alternaria* (2 штами, 4 %). Щоб виявити, чи становлять небезпеку для книг виділені з повітря мікроорганізми, їх досліджували на наявність целюлазної активності. Виявлено, що вже на п'ятий день вирощування на поверхні більшості смужок фільтрувального паперу з'явилися ослизнення та наліт різного кольору, а до кінця вирощування у деяких пробірках папір повністю розщеплювався (рис. 2).

За ступенем розкладання паперу констатовано наявність целюлазної активності у грибів. Встановлено, що 11 % штамів грибів не мали целюлазної активності. Це – представники роду *Penicillium*, штами 11, 22, 35, 42 і 46. У решти виділених

штамів грибів ця ознака наявна, але папір вони пошкоджували з різним ступенем: слабо – 11 % штамів (два штами *Fusidium viride*, два штами роду *Penicillium* і один роду *Aspergillus*, штами 14, 16, 20, 43, 44); сильно – 12 % (*Eidamella spinosa*, три штами роду *Penicillium*, по одному з родів *Alternaria* і *Ulocladium*, штами 8, 9, 13, 29, 32, 37) і помірно – решта 66 % (один особливо небезпечний для паперу штам [2, 3] *Muxotrichum chartarum* і десять штамів роду *Penicillium*, три – *Aspergillus*, по одному – *Alternaria*, *Mucor*, *Mortierella*). Отже, у повітрі різних відділів Наукової бібліотеки ЛНУ ім. Івана Франка виявлено різні целюлозоруйнівальні штами грибів, які здатні спричинити пошкодження книг.



Рис. 2. Результати визначення целюлазної активності виділених штамів грибів

Fig. 2. Results of investigation of cellulase activity of isolated fungi strains

Досліджено наявність живих культур мікроміцетів на поверхні рукописів і стародруків відділу рукописних, стародрукованих та рідкісних книг ім. Ф. П. Максименка. Виявлено різноманітні ушкодження, які могли бути наслідками життєдіяльності грибів (рис. 3).



Рис. 3. Пошкоджені книги, з яких робили відбір проб

Fig. 3. Damaged books which were used for sample collecting

Після вирощування зразків, відібраних із поверхні стародруків, на поживному середовищі виявили переважно ізоляти грибів. Варто зазначити, що ці книги також можуть бути джерелом інфікування інших, які зберігаються поруч, тому такі книги ізолюють в окреме “карантинне” приміщення. Усі штами грибів з уражених книг були виділені у чисту культуру і використані в подальших експериментах.

З метою знищення спор чистих культур грибів, виділених із книг і повітря Наукової бібліотеки ЛНУ ім. Івана Франка (3 штами грибів роду *Aspergillus*, 2 штами роду *Penicillium*, один штам роду *Mucor* і 2 штами неідентифікованих грибів) використано парову дезінфікувальну камеру. Оброблення спор штамів грибів формаліном у кількості 150 мл на камеру забезпечило їхнє знищення. Контроль життєздатності спор проводили упродовж 15 днів і встановили їхню повну загибель.

Для дезінфікування відібрано 11 книг, які мали видимі пошкодження на аркушах, пігментацію паперу, подекуди повне знищення паперу. Перед обробленням з різних місць книг (обкладинка, внутрішні сторінки) відібрано зразки, у яких виявлено життєздатні гриби та бактерії (на п’яти книгах бактерій не було; на одній книжці виявили один вид грибів, на всіх решта – від двох до п’яти видів різних грибів).

Книги поміщали у дезінфікувальну камеру й обробляли парами формаліну (150 мл). Виявили, що дезінфікування було успішним (табл. 5). Не було живих грибів на них як на п’яту, так і на п’ятнадцяту доби після оброблення в камері.

У другому експерименті було взято інші книги з видимими ознаками ушкодження і зменшено кількість формаліну до 100 мл. Перед обробленням на всіх книгах були наявні життєздатні штами грибів, а на трьох книгах виявлено не лише гриби, але й бактерії роду *Bacillus*, які загинули після оброблення у дезінфікувальній камері. Результати наведені у табл. 5.

Таблиця 5. Мікробіота уражених книг до і після їхнього оброблення у дезінфікувальній камері

Table 5. Microbiota of the infected books before and after their treatment in a desinfecting apparatus

№ книги	Кількість мікроорганізмів до оброблення, КУО		Через 5/15 діб після оброблення 150 мл формаліну		Кількість мікроорганізмів до оброблення, КУО		Через 6 днів після оброблення 100 мл формаліну	
	Гриби	Бактерії	Гриби	Бактерії	Гриби	Бактерії	Гриби	Бактерії
1	7	3	–/–	–/–	11	–	–	–
2	23	–	–/–	–/–	5	–	–	–
3	7	1	–/–	–/–	7	–	–	–
4	8	–	–/–	–/–	6	–	–	–
5	14	–	–/–	–/–	3	1	–	–
6	4	3	–/–	–/–	4	–	–	–
7	5	1	–/–	–/–	3	–	–	–
8	4	3	–/–	–/–	4	–	–	–
9	>300	–	–/–	–/–	2	1	–	–
10	20	1	–/–	–/–	13	1	–	–
11	5	–	–/–	–/–	>300	–	–	–

Отже, у цій паровій дезінфікувальній камері гинули штами грибів родів *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* (зокрема, види *A. fumigatus* і *A. wentii*), *Verticillium album*, а також спороутворювальні бактерії роду *Bacillus*.

Відповідно до міждержавного стандарту оптимальні параметри повітря для збереження документів на паперовому носії такі: температура 18 ± 2 °C, відносна вологість 55 ± 5 %, для документів на пергаменті та шкірі 60 ± 5 % [19]. Як видно з табл. 1–4, температура приміщень бібліотеки не відповідала встановленим нормам, тоді як вологість була у межах норми. Відзначають, що за звичайної роботи сховищ є два періоди: зимово-весняний період (опалювальний сезон) і літньо-осінній (до ввімкнення опалення), коли через зміни кліматичних умов виникає можливість активізації життєдіяльності мікроорганізмів, які заселяють книги і повітря книгосховищ, насамперед грибів [11]. Кількість спор у повітрі зростає, якщо має місце пліснявиння документів у приміщенні. Вентиляція і місця пошкодження стін, стелі, скосів вікон приміщень (здуття, відшарування і лущення побілки та штукатурки, розтріскування й осипання шару фарби, плями різного походження тощо), що утворилися внаслідок недотримання нормативних режимів експлуатації будівель, є додатковим джерелом пилу, а у разі зараження їх біодеструкторами – ще й додатковим джерелом надходження мікроорганізмів у повітря приміщень [16, 17]. Відмічена залежність кількості мікроорганізмів від рівня ярусу: їхня кількість на рівні першого ярусу в середньому у 2–7 разів вища, ніж на рівні другого ярусу, що узгоджується з даними інших дослідників [20, 21].

Процес руйнування паперу й тексту є незворотним. Його швидкість визначається багатьма чинниками: хімічною нестабільністю компонентів, які містять бібліотечні й архівні матеріали; змінами хімічного складу паперу, зменшенням його механічної міцності; невідповідними умовами навколишнього середовища в місцях збереження колекцій; неправильною практикою збереження; природними катастрофами тощо. Однак найважливішу роль серед чинників руйнування відіграють мікроскопічні гриби (від 50 до 80 % пошкоджень). Для біопшкодження необхідною є одночасна наявність усіх необхідних компонентів і чинників як передумов для виникнення та перебігу біоруйнівного процесу. Поєднання сприятливої температури, вологості й наявності органічних речовин призводить до розвитку на поверхні матеріалів різних видів мікроорганізмів. Особливо небезпечною є висока температура за високих значень вологості [11, 13, 14], що сприяє активній діяльності грибів і спричиняє значне пошкодження матеріалів з паперовою основою та навіть до повної їхньої втрати.

Особливості зберігання бібліотечних і архівних документів на папері обумовлені структурними, хімічними та фізичними властивостями цього матеріалу. Забруднення повітря сховищ пилом ззовні та продуктами деструкції матеріалів середовища сприяють появі та розповсюдженню мікроорганізмів, які можуть спричинити масове руйнування фондів. Небажаною є наявність пилу в повітрі сховищ, адже частинки пилу акумулюють і переносять на собі мікроорганізми [2, 5, 6, 14]. У досліджених приміщеннях запилення було мінімальним, що обумовлено постійним вологим прибиранням і стеженням за чистотою.

Для грибів папір може бути поживним середовищем і опорним субстратом. Гіфи грибів легко проникають між волокнами паперу та поширюються між ними, часто можуть пронизувати аркуші наскрізь. Розростання міцелію в одних випадках призводить до механічного пошкодження паперу, в інших – супроводжується фермен-

тативною активністю і руйнуванням волокна. Унаслідок росту грибів на папері накопичується багато їхніх метаболітів: органічні кислоти, амінокислоти, пігменти тощо. Пігменти, які продукують гриби-деструктори паперу, з'єднуються безпосередньо з волокнами паперу, а стійкі плями розростаються [1, 12, 18, 20]. Вивести ці плями практично неможливо.

Основне джерело потрапляння спор грибів на книги – осідання їх із повітря разом з пилом. Спори мають високу стійкість до дії фізико-хімічних факторів, зокрема, й дезінфектантів. Гриби життєздатні у широких межах вологості, температури, рН середовища, освітленості, вмісту кисню. Відомо, що у сховищах можуть розмножуватися до 300 видів грибів, але в кожному конкретному випадку функціонує певне угруповання, де переважають ті види, для розвитку яких є оптимальні умови [7, 25]. Видова різноманітність грибів мінлива за зміни умов середовища [13, 18, 20]. До грибів, яких постійно виявляють на папері, проникають у волокно і руйнують папір, належать *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *A. terreus*, *Cladosporium herbarum*, види родів *Fusarium*, *Penicillium*, *Chaetomium* (*Chaetomium chartarum*, *C. globosum*, *C. mucorum*, *C. indicum*, *C. fresenii*) та ін. [1, 2, 4, 5]. Грибами, що частково порушують текстуру паперу, є *Acremonium charticola*, *A. murorum*, *Alternaria tenuissima*, низка видів роду *Aspergillus* та ін. *Eurotium herbariorum*, *Aspergillus sydowii*, *Aureobasidium pullulans* та ін. засвоюють певні специфічні компоненти паперу, що становлять незначну його частину (віск, парафін, целофан та ін.) [12, 18, 24]. У конкурентних взаємовідносинах перемагають швидкоростучі *Trichoderma viridae*, *Rhizopus tolonifer* і біохімічно активні – *Myrothecium verrucaria*, *Penicillium purpurogenum*, *Aspergillus flavus*, *Myxotrichum deflexum*. Для *Aspergillus flavus* будь-які види паперу є придатними для розвитку та прояву целюлазної активності [16]. Тому важливим показником екологічного та санітарно-гігієнічного стану приміщень бібліотек, де зберігають паперові цінності, є ступінь забруднення повітря пилом і життєздатними спорами мікроорганізмів [2, 4, 14].

ВИСНОВОК

Кількість мікроорганізмів у повітрі різних приміщень Наукової бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка залежить від сезону, температурного режиму, висоти відбору проб тощо, однак не перевищує санітарних норм. Переважаючими у повітрі приміщень є гриби, зокрема *Mortierella* sp.(2 %), *Fusidium viride* (4 %), *Eidamella spinosa* (2 %), *Ulocladium* sp.(2 %), *Myxotrichum chartarum* (2 %), а також родів *Penicillium* (62 %), *Aspergillus* (20 %), *Mucor* (2 %), *Alternaria* (4 %). Загалом, 89 % виділених штамів грибів мають целюлазну активність, причому 12 % – сильно (повністю розклали папір в експерименті). Це гриби *Eidamella spinosa*, а також представники родів *Penicillium*, *Alternaria*, *Ulocladium*.

На відібраних книгах наявні гриби *Verticillium album*, родів *Aspergillus* (види *A. fumigatus* і *A. wentii*), *Penicillium*, *Mucor*, а також спороутворювальні бактерії роду *Bacillus*. Оброблення книг і спор чистих культур грибів у камері ЕК-21 спричинює 100 % загибель усіх мікроорганізмів. Щоб уникнути раптових спалахів масового ураження книжкових фондів целюлозоруйнівними грибами, необхідно систематично і кваліфіковано здійснювати комплексний контроль параметрів довкілля й мікологічний моніторинг приміщень книгосховищ та об'єктів зберігання.

1. *Bilal V.I. Bases of general mycology*. Kyiv: Vyshcha Shkola, 1989. 392 p. (In Russian).
2. **Biodamaging of books and documents: practical work**, M: Vysshaja Shkola, 1986. 80 p. (In Russian).
3. *Bidzilia V.O., Mytkivska T.I.* Ways of problem decision of fungi damages in the museums of Canada. **Problems of maintenance, conservation and restoration of museum sights of history and culture**, Kyiv: IPK PK, 1998. P. 126–142. (In Ukrainian).
4. *Bondarenko I.O.* Problem of maintenance of document founds: review of foreign sources. **Bulletin of the Kharkiv State Academy of Culture**, 2002; 10: 115–123. (In Ukrainian).
5. *Vershynina E.G., Pokrovskaya Yu.V.* Indoor micromycetes. **Theory and practice of books storage in library**. St. Petersburg, 1992: P. 113–119. (In Russian).
6. *Voitovykh V.A., Mokiva L.N.* **Biological corrosion**. Moscow: Znanie, 1980. 50 p. (In Russian).
7. *Volodina O.P., Zdanova N.M., Kondratiuk T.O.* **Documents defecting by mould fungi and measures on a labour protection during work with the damaged documents. Methodical recommendations**. Kyiv: Institute of Microbiology and Virology of Ukraine Academy of Sciences, 2005. 48 p. (In Ukrainian).
8. *Volodina O.P., Shevchenko L.O., Koval E.Z., Shurubura A.K.* Microbiological state of documentary funds of Ukraine state archives. **Proc. of 2nd Int. Scient. Pract. Conf. "Problems of maintenance, conservation and restoration of museum sights"**. Kyiv, 1999. P. 18–19. (In Ukrainian).
9. *Gudz S.P., Hnatush S.O., Bilinska I.S.* **Microbiology: practical work, tests**. Lviv: Lviv Ivan Franko National University Publishing Center, 2012. 228 p. (In Ukrainian).
10. *Derkach M.P., Gumetskiy R.Y., Chaban M.Y.* **Course of variation statistics**. Lviv: Lviv Ivan Franko National University Publishing Center, 1997. 207 p. (In Ukrainian).
11. *Dovgaliuk V., Kondratiuk T., Rybchynska O., Riasna O.* Temperature-humidity conditions and indoor air microbiota of archives and museums. **Studies in Archived Business and Documentation Studying**. Kyiv, 2000; 6: 103–106. (In Ukrainian).
12. *Kozlova I.P., Radchenko O.S., Stepura L.G.* et al. **Geochemical activity of microorganisms and its applied aspects**. Kyiv: Naukova Dumka, 2008. 528 p. (In Ukrainian).
13. *Kondratiuk T.O., Nakonechna L.T., Artyshkova L.V.* Ecological and systematical analysis of micromycetes from libraries and archives / **Proc. of X Congress of Ukrainian Society of Microbiologists**. Odesa: Astroprint, 2004. 216 p. (In Ukrainian).
14. *Kondratiuk T.O.* Prophylaxis of damages of museum collections by microscopical fungi / **Problems of maintenance, conservation and restoration of museum sights of history and culture**. Kyiv: IPK PK, 1998. P. 12–29. (In Ukrainian).
15. *Litvinov M.A.* **Manual of the soil microscopic fungi**. Leningrad: Nauka, 1967. 303 p. (In Russian).
16. *Manturovskaya N.V., Sizova T.P., Saraeva V.M.* Microbiological state of documents archives air. **Proc. of 3rd All Union Conf. "Biodamages"**. Moscow, 1987; 1: 30–31. (In Russian).
17. **Museum storage of artistic value: Practical manual**. Moscow, 1995. 204 p. (In Russian).
18. *Mokeyeva V.L., Budarina E.E.* Micromycetes of some archives of cinema and foto documents. **Mycology and Phytopathology**, 1991; 5: 404–410. (In Russian).
19. *Novikova G. M.* Documents maintenance in libraries and archives: **Methodical recommendations**, Kyiv, 2006. 56 p. (In Ukrainian).
20. *Niuksha Ju. P.* **Biological damage of paper and books**. SPb.: BAN, 1994. 232 p. (In Russian).
21. *Onyshenko O.S.* About the state and tasks of development the library-informative business in NAS of Ukraine. **Library Bulletin**, 2003; 5: 3–7. (In Ukrainian).
22. *Os'mak G.S.* Usage of propolis as antiseptic in restoration. **Proc. of Int. Scient. Pract. Conf. "Restoration of museum sights in modern terms. Problems and ways of it decision"**. Kyiv, 1999. P. 18–19. (In Ukrainian).
23. *Savchyn N., Kundys I., Bilinska I., Pavlyk Ju.* The complex going to the question of library collections defense from biodamages / **Proc. of 5th Int. Conf. "Problems of maintenance, conservation and restoration and expertise of museum sights"**. Kyiv, 2005. P. 270–271. (In Ukrainian).

24. Sergeeva L.E. A critical review of micromycetes species in libraries. **Medical Mycology Advantages**, 2007; 9: 72–73. (In Russian).
25. Subbota A.G., Novyko G.M. Mycological control of air as prophylaxis of biodamages of documents founds. **Proc. of All Ukraine Conf. "Ukrainian Archives Studying: History, Modern State and Prospects"**. Kyiv, 1997; 2: 252–253. (In Ukrainian).
26. Parker T.A. **Integrated Post Management for Libraries. Conference held at the National Library of Austria "Preservation of Library Materials"**. Vienna, 1986. P. 103–123.
27. Bilai V.I., Kurbatskaya Z.A. **Manual of the toxic forming micromycetes**. Kyiv: Naukova Dumka, 1990. 236 p. (In Russian).
28. Milko A.A. **Manual of the mucor fungi**. Kyiv: Naukova Dumka, 1974. 302 p. (In Russian).
29. Zerov D.K. **Manual of the fungi of Ukraine**. Vol. III. Imperfect fungi. Kyiv: Naukova Dumka, 1971, 692 p. (In Ukrainian).
30. Bilai V.I., Koval E. Z. **Aspergilli**. Kyiv: Naukova Dumka, 1988. 204 p. (In Russian).
31. Sharan L.O., Cirulnikova V.V., Pavliuchenko O.S. **Hygiene and Sanitary: Course of Lectures**. Kyiv: NUFT, 2013. 29 p. (In Ukrainian).
32. <http://undiasd.archives.gov.ua/doc/studiji/2000.pdf>

MICROBIOLOGICAL EXPERTISE OF INDOOR AIR AND BOOKS OF SCIENTIFIC LIBRARY OF IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV

G. V. Yavorska¹, I. S. Bilinska¹, S. O. Hnatysh¹, G. S. Os'mak²

¹ Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine

² A. Sheptytskyj National Museum in Lviv, 20, Svoboda Ave., Lviv 79000, Ukraine
e-mail: igor_javo@ukr.net

Microorganisms are able to damage wood, paper, paints and made from this materials chronicles, books etc. Indoor air microbiota of apartments of the Scientific Library of Ivan Franko National University of Lviv was analyzed. Air microbiota is a potential source of infecting of library founds. It was established that the amount of microorganisms in air was different dependently on season, temperature, humidity and isolation place (quantity at first layer level at middle at 2–7 folds high than at second layer level). 47 strains of fungi were isolated and identified. They make a threat for books in most probes of indoor air of library. These are fungi of *Fusidium viride* (4 %), *Eidamella spinosa* (2 %), *Ulocladium* sp. (2 %), *Myxotrichum chartarum* (2 %), *Mortierella* sp. (2 %), and representatives of genera *Penicillium* (62 %), *Aspergillus* (20 %), *Mucor* (2 %), *Alternaria* (4 %). In common, 89 % of isolated strains of micromycetes possess cellulase activity, among them 12 % – possess high activity (completely decompose the parer in experiment). There are fungi of *Eidamella spinosa* (1 strain) and representatives of genera *Penicillium* (3 strains), *Alternaria* i *Ulocladium* (one each strain). Old prints with visible marks of microbe damages were investigated. They are kept at department of manuscript, old prints and rarity books named after F. P. Maksymenko of the library, because of presence of living microorganisms. On all books were discovered microorganisms, which were isolated in pure cultures and were identified as strains of fungi *Verticillium album* and representatives of genera *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* (species *A. fumigatus* and *A. wentii*), and also sporulating bacteria of *Bacillus* genus. To decreasing of contamination by microorganisms of infected books and to verification of action efficiency on micromycetes pure cultures was used disinfecting camera EK-21. Treatment of books and spores of fungi pure cultures in this camera (temperature 65±5 °C, humidity 60±5 %, formalin 100–150 ml) caused 100 % lethality of all present on it microorganisms. Thus, main important means of preventing of books biodamaging, which are maintenance in libraries, archives, muse-

ums, is conducting of systematic complex control of environment parameters and mycological monitoring of library apartments and objects of storage.

Keywords: air microbiota, book biodamaging, cellulase activity, micromycetes, disinfecting

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ И КНИГ НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ ЛЬВОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИВАНА ФРАНКО

Г. В. Яворская¹, И. С. Билинская¹, С. А. Гнатуш¹, Г. С. Осьмак²

¹ Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина

² Национальный музей во Львове им. А. Шептицкого
просп. Свободы, 20, Львов 79008, Украина
e-mail: igor_javo@ukr.net

Микроорганизмы разрушают древесину, бумагу, краски и изготовленные из этих материалов летописи, книги и т.д. Анализировали микробиоту воздуха помещений Научной библиотеки Львовского национального университета имени Ивана Франко, которая является постоянным источником инфицирования библиотечных фондов. Определили, что количество микроорганизмов в воздухе было разным в зависимости от сезона, температуры, влажности и высоты отбора проб (количество на уровне первого яруса в среднем в 2–7 раз выше, чем на уровне второго). Выделено и идентифицировано 47 штаммов грибов, которые являются угрозой для книг в большинстве проб воздуха помещений библиотеки. Это грибы *Fusidium viride* (4 %), *Eidamella spinosa* (2 %), *Ulocladium* sp. (2 %), *Mycotrichum chartarum* (2 %), *Mortierella* sp. (2 %), а также представители родов *Penicillium* (62 %), *Aspergillus* (20 %), *Mucor* (2 %), *Alternaria* (4 %). В целом 89 % исследованных грибов были целлюлозолитическими, причем 12 % – сильно (полностью разрушали бумагу в эксперименте). Это грибы *Eidamella spinosa* (1 штамм) и представители родов *Penicillium* (3 штамма), *Alternaria* и *Ulocladium* (по одному штамму). На наличие жизнеспособных микроорганизмов исследовали пораженные старопечатные книги из отдела рукописных, старопечатных и редких книг им. Ф. П. Максименко этой библиотеки. На всех книгах обнаружены микроорганизмы, которые идентифицировали как штаммы грибов *Verticillium album* и представители родов *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* (виды *A. fumigatus* и *A. wentii*), а также бактерии рода *Bacillus*. Для уменьшения обсемененности микроорганизмами книг и проверки эффективности действия на чистые культуры грибов использовали дезинфицирующую камеру ЕК-21. Обработка книг и спор чистых культур грибов в этой камере (температура 65±5 °С, влажность 60±5 %, формалин 100–150 мл) убила 100 % микроорганизмов. Таким образом, самыми важными средствами предотвращения биоповреждения книг в библиотеках, архивах, музеях, является систематический комплексный контроль параметров среды и микологический мониторинг помещений книгохранилищ и объектов хранения.

Ключевые слова: микробиота воздуха, биоповреждение книг, целлюлазная активность, микромицеты, дезинфицирование.

Одержано: 21.10.2015