

УДК 58.02+534.8+582.28+771.531.351

ВПЛИВ НИЗЬКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКУ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ МІКРОСКОПІЧНИХ ГРИБІВ-ДЕСТРУКТОРІВ КІНОПЛІВКИ

Кондратюк Т.О.

ННЦ «Інститут біології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
e-mail: takbiofak@ukr.net

Надійшла до редакції 10.04.2010

Встановлено, що обробка ураженої мікроорганізмами кіноплівки ультразвуком низької частоти (22 кГц) в тетрахлоретилені (перхлоретилені) не призводить до втрати життєздатності мікроскопічних грибів-деструкторів фільмових матеріалів. Ультразвукові машини F CU-2, призначені для кавітаційної очистки фільмових матеріалів від бруду та пилу, не є ефективними для знешкодження біодеструкторів кінодокументів.

Ключові слова: мікроскопічні гриби-деструктори, кіноплівка, низькочастотний ультразвук

ВСТУП

В сучасному світі аудіовізуальні документи (фото-, кіно-, відеодокументи) виступають в кількох рівноправних якостях: документ, історичне джерело, джерело інформації, продукт виробнично-технічної діяльності (технічного прогресу) та твір мистецтва. Така багатогранність обумовлює відповідне відношення до аудіовізуальних документів в процесі їх використання, збирання (комплектування) та забезпечення збереження як архівних об'єктів [8, 13, 24]. Більшість фільмових матеріалів, які зберігаються у архівосховищах кінофотодокументів, мають такі органічні складові, як ефіро-целюозна підложка та желатиновий (емульсійний) шар з компонентами, що створюють чорно-біле або кольорове зображення [6, 9, 13, 21, 23]. Обидва шари можуть піддаватися пошкодженню мікроорганізмами, зокрема мікроскопічними грибами – визнаними найпотужнішими деструкторами різноманітних виробів та матеріалів [4, 20, 14, 27, 29]. На пошкоджених кіноплівках виявлено мікроскопічні гриби родів *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Stemfilium*, а також *Scopulariopsis brevicaulis*, *Aspergillus niger*, *Aurebasidium pullulans*, *Paecilomyces variotii* та ін. Оскільки деструктивну дію мікроміцети здійснюють за рахунок розростання міцелію та завдяки здатності синтезувати ендо- та екзометаболіти (ферменти, органічні кислоти, пігменти), їх розвиток на фільмових матеріалах може призвести до повної втрати таких об'єктів збереження, як аудіовізуальні документи [2, 7, 16, 26 28]. З огляду на особливість структури кіноплівок існують суворі обмеження щодо застосування хімічних препаратів в процесах їх дезінфекційної

обробки, реставрації та консервації. Речовини, які використовуються для вказаних процесів, поряд з високою антигрибною активністю не повинні негативно впливати на якість зображення, фізико-хімічні властивості матеріалів та бути небезпечними для працівників архівосховищ кінофотодокументів [2, 7, 13]. Перелік цих сполук в Україні регламентується ГСТУ 55.003-2003 [9] та включає параформ (полімеризований формальдегід), 1%-ний розчин формальдегіду, 5 %-ний розчин оксіхіноліну чи оксидифенілу. На особливу увагу заслуговує такий аспект, як високі адаптивні можливості мікроскопічних грибів, тобто їх здатність до утворення стійких форм щодо багатьох існуючих фунгіцидів та їх дозування [18, 20]. Отже, питання пошуку ефективних засобів знешкодження мікроорганізмів-деструкторів фільмових матеріалів є актуальними та потребують проведення відповідних досліджень.

З огляду на те, що сьогодні в світі високі технології стають ключовими елементами всіх аспектів безпеки, спеціалістами в області технічної та медичної мікробіології та мікології активно проводяться вивчення дії високоінтенсивних фізичних факторів, що протидіють процесам контамінації мікроорганізмами виробів та матеріалів (насамперед, мікроскопічними грибами) [11, 12]. Серед таких факторів окремим рядком відокремлюється вплив ультразвуку на біологічні системи. Відомо, що ультразвук (УЗ) – це пружні коливання та хвилі, частота яких перевищує 15-20 кГц. Область ультразвукових коливань розподіляють на три підобласті: низькі (15-100 кГц), середні (100 – 1000 кГц) та високі ультразвукові частоти (1000 – $1000 \cdot 10^3$ кГц). При розповсюдженні ультразвукових хвиль в рідині виникають явища ультразвукової кавітації.

Фізичні процеси, які супроводжують явище акустичної кавітації, обумовлюють цілий ряд ефектів в біологічних системах, зокрема мікровібрації на клітинному і субклітинному рівнях; руйнування біомакромолекул; перебудову і ушкодження біологічних мембран, зміну проникності мембран; теплові дії; руйнування клітин і мікроорганізмів. Вказані процеси залежать від потужності та частоти УЗ і спостерігаються в інтенсивних ультразвукових полях. Аналіз літератури свідчить, що для досягнення позитивних результатів в напрямку ультразвукової дезинтеграції клітин мікроорганізмів (цидної дії) або стерилізуючого ефекту щодо матеріалів, доцільно застосовувати ультразвукові хвилі частотою більше за 800 кГц [1, 3, 5, 10]. Рядом авторів, які досліджували дію УЗ на мікроскопічні гриби *Aspergillus niger*, *Alternaria alternate*, *Chaetomium globosum*, *Fusarium moniliforme*, *Penicillium chrysogenum* (активних деструкторів різноманітних виробів та матеріалів, а також збудників захворювань людини) встановлено, що інгібування титру колонієутворюючих одиниць у *Fusarium moniliforme* та *Aspergillus niger* і *Chaetomium globosum* становило 83% та 100% відповідно за умов застосування УЗ з частотою коливань 2,5 МГц (2500кГц) (час озвучування 10 хв.) [11, 12]. Співробітниками Російського державного архіву кінофотодокументів (м. Красногорск) як один із ефективних етапів знешкодження мікроміцетів-пошкоджувачів кіноплівки практикується обробка фільмових матеріалів, уражених мікроскопічними грибами, *низькочастотним ультразвуком* в перхлоретилені [13]. Вказаний процес здійснюється в спеціальних ультразвукових машинах, які знайшли широкого застосування в практиці кавітаційної очистки фільмових матеріалів від бруду та частинок пилу (як очисну рідину, що заливається в ультразвукову ванну, використовують гексафторетилен, перхлоретилен, 1,1,1-трихлоретан та ін.).

Метою даної роботи було визначення життєздатності мікроскопічних грибів-деструкторів фільмових матеріалів після обробки кіноплівок низькочастотним ультразвуком.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Матеріалами досліджень слугували зразки кіноплівок з різним ступенем пошкодження, що зберігаються у фільмосховищах Національного центру Олександра Довженка, м. Київ (надалі Центру): кольорові та чорно-білі позитивні, негативні кіноплівки шириною 35 мм (ділянки із зображенням та без зображення (захисний ракорд)). Обробка кіноплівок здійснювалась співробітниками Центру в ультразвуковій машині F CU-2 Films cleaner (ITR Ultrasonic system, Польща). Частота ультразвукових коливань – 22 кГц. Ультразвукова ванна заповнювалась очисною рідиною, якою слугував розчин тетрахлоретилену (перхлоретилену). Проби для

мікологічного аналізу відбирали безпосередньо після ультразвукової обробки. Всього досліджено 34 проби фільмових матеріалів. Ступінь пошкодження кіноплівок оцінювали у відповідності до ГСТУ 55.003– 2003 [9] з використанням бінокулярного мікроскопу МБС-10. В роботі по відборі проб дотримувались правил асептики. Вилучення мікроорганізмів з пошкоджених фільмових матеріалів здійснювали з використанням методів відбитків, змиву та накопичувальної культури [15]. При дослідженні застосовували стандартні живильні середовища – агаризоване середовище Чапека-Докса, сусло-агар, картопляно-глюкозний агар, середовище Сабуро. Культивування здійснювали при температурі 24-28°C с періодичним спостереженням впродовж 30 діб. Ідентифікацію чистих культур мікроскопічних грибів проводили з використанням відповідних визначників [17, 19].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

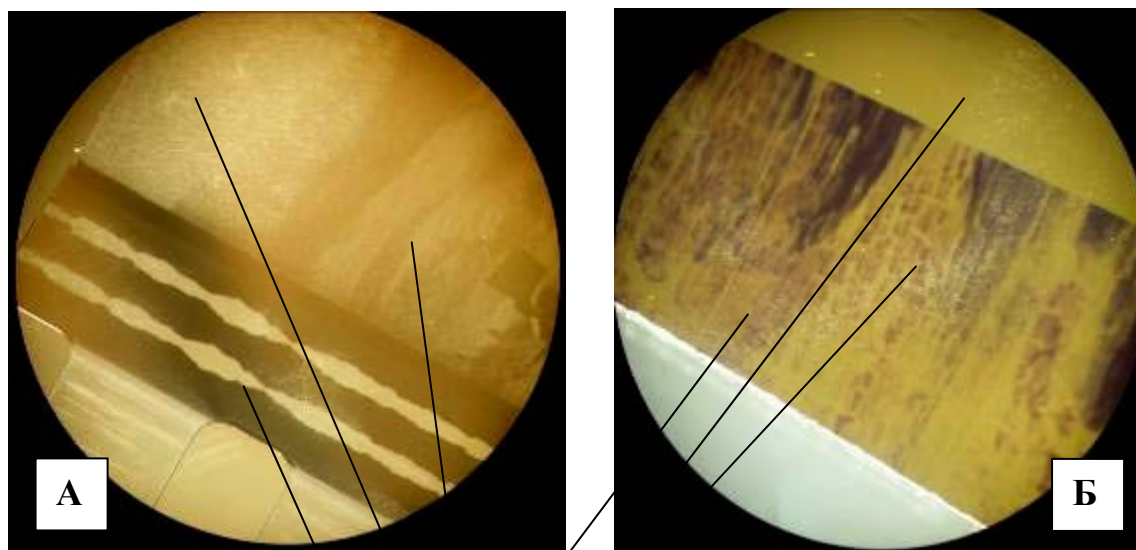
Візуально на поверхні триацетатної основи та желатинового шару обстежених кіноплівок констатували наявність добре помітних великих плямистих утворень, які спотворюють не тільки зображення на кіноплівках, але і ділянки плівки, де зображення відсутнє. Вказані утворення мають вигляд світло-білих патьоків, а також невеликих плямистостей правильної форми з концентрацією білого кольору в центрі. Гіфи мікроскопічних грибів практично наскрізь пронизують желатиновий шар плівки (рис.1). Зразки пошкодженої кіноплівки, розміщені на твердих поживних середовищах (метод накопичувальної культури), повністю обростали характерними колоніями мікроскопічних грибів (рис. 2), які в подальшому ізолювали в чисті культури та ідентифікували. Всього вилучено 14 видів мікроміцетів, серед яких переважали *Cladosporium herbarum* та *Aspergillus versicolor*.

В результаті проведених нами досліджень встановлено, що після обробки кіноплівок УЗ низької частоти (22 кГц) в тетрахлоретилені (перхлоретилені) мікроскопічні гриби не втрачають своєї життєздатності (таблиця, рис. 3, 4). Як свідчать отримані нами результати (таблиця), деякі види мікроміцетів (*Chaetomium sp.*, *Penicillium sp.* бб) не були виявлені нами в зразках кіноплівок після обробки ультразвуком. Вважаємо, що даний факт пов'язаний із тим, що спори або фрагменти міцелію цих грибів знаходились, ймовірно, в складі забруднень (пил, жирові плями, тощо) на поверхні фільмових матеріалів та були видалені в процесі кавітаційної очистки кіноплівок в ультразвуковій машині F CU-2.

Дослідження, проведені рядом авторів щодо впливу низькочастотного УЗ на клітини різних мікроорганізмів свідчать, що, наприклад, експозиція 1–3 хвилини не тільки не призводить до зменшення здатності розмножуватися у різних штамів

стафілококів під впливом ультразвукових коливань частотою 20 кГц, а в деяких випадках навіть стимулює цей процес. Час озвучування 5–10 хв.також

не призводив до ефектів, які б достовірно різнилися від контрольних варіантів експериментів [23].



міцелії мікроскопічних грибів

Рис. 1. Пошкодження зразків кольорової кіноплівки грибами *Paecilomyces variotii* (А) та *Penicillium sp.* (Б) (збільшення × 28)

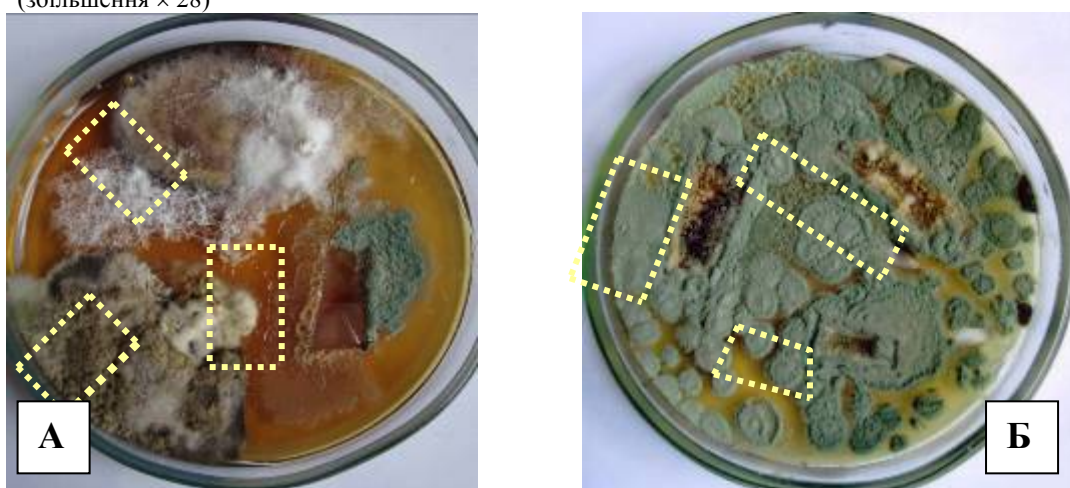


Рис. 2. Обростання зразків кольорової кіноплівки грибами на поживному середовищі. А – *Alternaria alternata*, *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium herbarum*, *Eupenicillium sp.*, *Mycelia sterilia*, споруотворювальні бактерії *Bacillus sp.* Б – *Penicillium sp.*, *Aspergillus versicolor*

Таблиця

Мікроскопічні гриби, ізольовані з кольорової та чорно-білої кіноплівок

Типи плівок, що досліджувались	Результати мікологічного аналізу	
	до обробки кіноплівок УЗ	після обробки кіноплівок УЗ
Кольорові позитивні (ділянки із зображенням)	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab. <i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link <i>Chaetomium sp.</i> <i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	<i>Alternaria alternata</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Penicillium aurantiogriseum</i>
Кольорові позитивні (захисні ракорди)	<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> (Sacc.) Bainier <i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link <i>Penicillium sp.</i> 66	<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> <i>Cladosporium herbarum</i>

Кольорові негативні	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. <i>Acremonium strictum</i> W. Gams <i>Aspergillus ochraceus</i> G. Willh. <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab. <i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link <i>Mycelia sterilia</i> <i>Penicillium</i> sp. 11	<i>Alternaria alternata</i> <i>Acremonium strictum</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Mycelia sterilia</i> <i>Penicillium</i> sp. 11
Чорно-білі негативні	<i>Acremonium strictum</i> W. Gams <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab. <i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz. <i>Penicillium</i> sp. 7	<i>Acremonium strictum</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Cladosporium sphaerospermum</i> <i>Penicillium</i> sp.
Чорно-білий позитивні	<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link <i>Paecilomyces variotii</i> Bainier <i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx <i>Ulocladium alternariae</i> (Cooke) E.G. Simmons	<i>Cladosporium herbarum</i> <i>Paecilomyces variotii</i> <i>Penicillium verrucosum</i> <i>Ulocladium alternariae</i>

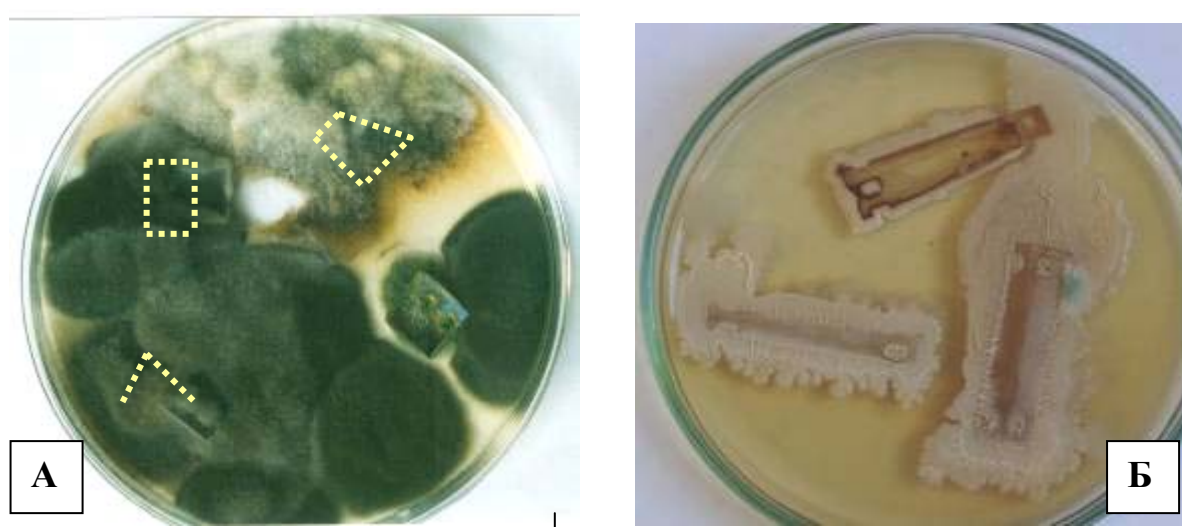


Рис. 3. Обростання зразків кольорової кіноплівки грибами (А – *Aspergillus versicolor*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, Б – *Eupenicillium* sp.) та спороутворювальними бактеріями (Б) після обробки ультразвуком

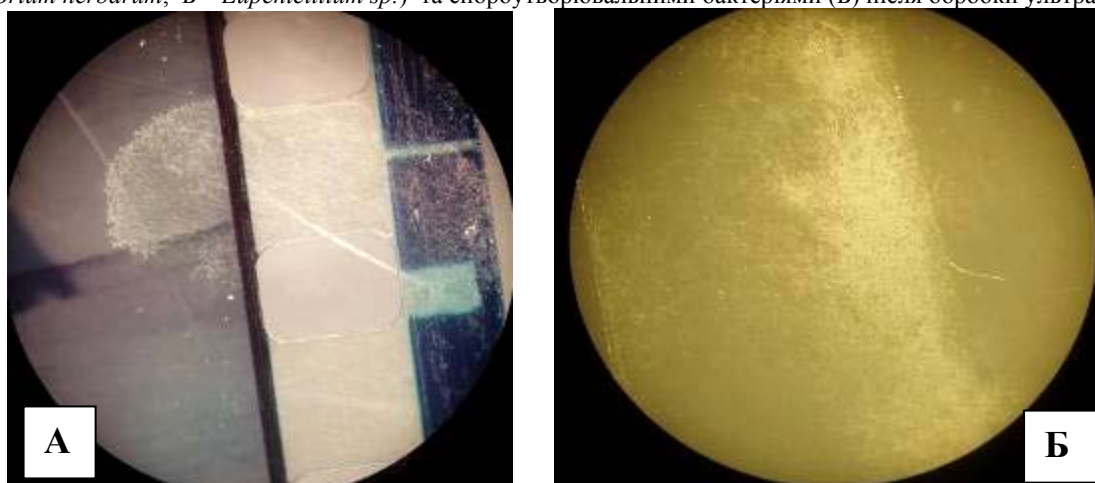


Рис. 4. Міцелій грибів (А – *Cladosporium herbarum*, Б – *Scopulariopsis brevicaulis*) на зразках кіноплівки, яка піддавалася дії низькочастотного ультразвуку (збільшення $\times 28$)

Руйнація клітин у дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* (50% від початкової кількості) під впливом УЗ частотою 22 кГц може відбуватися за умов 10-ти хвилинної експозиції [5]. Необхідно зазначити, що термін ультразвукової обробки одного 300-метрового

рулону досліджених нами кіноплівок складає не більше семи хвилин, а отже час озвучування кожного кадру з рулону кіноплівки – кілька секунд. Враховуючі дані літератури щодо частоти ультразвукових коливань та терміну озвучування,

необхідних для дезинтеграції клітин мікроорганізмів, досягнення біоцидного або стерилізуючого ефектів [1, 3, 5, 10-12], за позитивний ефект від ультразвукового чищення поверхні фільмових матеріалів можна вважати тільки ситуацію, коли за рахунок кавітаційних процесів разом із механічними чи органічними забрудненнями з поверхні кіноплівки видаляються міцеліальні та спорозносні структури мікроскопічних грибів. Однак, у разі розвитку мікроорганізмів в середині емульсійного шару або триацетатцелюлозної основи фільмових матеріалів, обробки низькочастотним ультразвуком (22 кГц) з терміном експозиції в декілька секунд недостатньо для досягнення дезінфекційного ефекту. З урахуванням загальновідомих даних про те, що поверхневі забруднення матеріалів сприяють розвитку на них біопошкоджувачів, в ряді випадків очищення кіноплівок за допомогою ультразвуку може, поперше, попередити розвиток мікроорганізмів за умов їх зберігання при нормативних показниках температури і вологості. По-друге, ультразвукова очистка, ймовірно, може також передувати дезінфекційній обробці. Однак дане положення щодо мікроскопічних грибів має бути перевірено експериментально, оскільки базується на даних літературних джерел про виникнення синергічного ефекту дії у разі застосування ультразвуку разом із дезінфектантами проти бактерій [23].

ВИСНОВКИ

З пошкодженої кіноплівки вилучено 14 видів мікроміцетів, серед яких переважали *Cladosporium herbarum*, *Aspergillus versicolor*.

Обробка ураженої мікроорганізмами кіноплівки ультразвуком низької частоти (22 кГц) в тетрахлоретилені (перхлоретилені) не призводить до втрати життєздатності мікроскопічних грибів-деструкторів фільмових матеріалів. Ультразвукові машини F CU-2, призначені для кавітаційної очистки фільмових матеріалів від бруду та пилу, не є ефективними для знешкодження біодеструкторів кінодокументів.

Автор висловлює щире подяку інженеру Волковій Г.М. за технічну допомогу при виконанні досліджень.

Література

1. Акоюн В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими системами. Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. / Под ред. С.И.Щукина. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 224 с.
2. Биоповреждения документов на пленочных носителях и методы борьбы с ними: Методическое пособие / НИЦТД СССР. – М.: Главрехив СССР, 1989. – 35 с.
3. Бойко В.І., Нельга А.Т. Взаємодія фізичних полів з біологічними об'єктами. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2003. – 267 с.
4. Бойко О.К. Исследование сохранности фільмовых материалов на триацетатной основе //Техника кино и телевидения, 1999. – № 1. – С.46–49.
5. Брагинская Ф.И. Количественные закономерности действия ультразвука на биомакромолекулы и клетки и ультразвуковая спектроскопия биологических структур //Автореф. дис. ... д.б.н. – М., 1981. – 39 с.
6. Бурдыгина Г.И., Фридман И.М., Козлов П.В. Исследование некоторых физических свойств многослойных пленочных систем //Труды всесоюз. научн.-исслед. кинофотоинститута /Физико-механич. свойства фільмовых материалов как пленочных систем – М., 1970.– Вып. 58. – С. 15–22.
7. Воробьева Л.И., Наумова Е.С., Йордан Е.П. и др. Микроорганизмы, вызывающие коррозию фільмовых материалов, и подбор средств для их защиты // Биотехнология – 1988.– т.4., № 1. – С. 73–76.
8. Гедрович Ф.А. Исследование и обеспечение сохранности цветных кинодокументов в государственных архивах. – Автореф. .. канд. хим. наук. – М., 1983. – 24 с.
9. ГСТУ 55.003-2003 Кінодокументи. Правила зберігання національного архівного фонду. Технічні вимоги. – Київ: Держ. комітет архівів України. – 2003. – 37 с.
10. Гуревич Г.А., Фихте Б.А. Биотехнологические основы дезинтеграции микроорганизмов. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. – 135 с.
11. Ичеткина А.А., Кряжев Д.В., Иванова И.П., Смирнов В.Ф. Действие высокоинтенсивных физических факторов на зародышевые структуры патогенных микромицетов // Фундаментальные наука и практика – 2010. – Т.1, № 4. – С. 18–21.
12. Ичеткина А.А., Кряжев Д.В., Смирнов В.Ф. Особенности адаптации микромицета *Aspergillus niger* к воздействию ультрафиолетового излучения и ультразвука // Фундаментальные наука и практика – 2011. – Т.3, № 1. – С. 2–5.
13. Калантарова Н.А., Алексеева Т.А. Из опыта организации работы с аудиовизуальными документами в Российском государственном архиве кинофото-документов // Вестник архивиста – 2011. – № 2. – С. 1–7.
14. Лугаускас А. Ю., Микульскене А.И., Шляужене Д.Ю. Каталог микромицетов – биодеструкторов полимерных материалов. – М.: Наука, 1987. – 340 с.
15. Методы экспериментальной микологии. Справочник. – К.: Наук. думка, 1982. – 551 с.
16. Мокеева В.Л., Бударина Е.Е. Микромицеты некоторых архивохранилищ кинофотодокументов // Микология и фитопатология. – 1991, т.25. – вып.5. – С.404–412.
17. Новое в систематике и номенклатуре грибов. /Под ред. Ю.Т. Дьякова, Ю.В. Сергеева – Москва: Нац. академия микологии; Медицина для всех, 2003. – 496 с.
18. Ребрикова Н. Л. Биология в реставрации. – М.: ГосНИИР, 1999. – 183 с.
19. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. Пер с англ. К.Л.Тарасова, Ю.Н. Ковалева. Под ред. д-ра мед. наук И.Р. Дорожковой. – М.: Мир, 2001. – 468 с.
20. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск:

- Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
21. Устинов В.А. Реставрация архивных кинодокументов //Техника кино и телевидения– 2002. – № 1. – С.39–42.
 22. Фихте Б.А., Гуревич Г.А. Ультразвуковая дезинтеграция микроорганизмов. – Пушино: НЦБИ, 1984. – 72 с.
 23. Фотокинотехника. Энциклопедия. / Гл. ред. Е.А. Иофис. – М.: Сов. энциклопедия, 1981. – 447 с.
 24. Шелест А. Організація зберігання і забезпечення збереженості кіновідеофотофонодокументів у ЦДКФФА України ім. Г.С. Пшеничного// Студії з архівної справи та документознавства. – Київ, 2000. – С. 55 – 57.
 25. Шепелева И.С., Мельникова В.М., Базанова Э.Б., Каменев Ю.Ф. Влияние низкочастотного ультразвука на жизнедеятельность микроорганизмов //Всесоюзн. симпозиум «Взаимодействие ультразвука с биологической средой»: Тез докл. – Пушино, 1979. – С. 47–48.
 26. Abrusci C., Martin-Gonzales A., Del Amo A., Catalina F. Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films //Int. Biodeterioration and Biodegradation. – 2005. – V.56. – P. 58–68.
 27. Allen N.S., Edge M., Jewitt T.S., Horrie C.V. Initiation of the Degradation of Cellulose Triacetate Base Motion Picture Films //The Journal of Photographic Science. – 1990. – V.38. – P. 54–59.
 28. Moore D. Fungal Morphogenesis. – Cambridge University Press, 1998. – 469 p.
 29. Zyska B.J. Problems of microbial deterioration of materials in Eastern Europe // Inter. Biodeter. and Biodegr. – 2002. – V.49. – P. 73–83.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ-ДЕСТРУКТОРОВ КИНОПЛЕНКИ

Кондратюк Т.А.

Установлено, что обработка поврежденной микроорганизмами киноплёнки ультразвуком низкой частоты (22 кГц) в тетрахлорэтилене (перхлорэтилене) не приводит к утрате жизнеспособности микроскопических грибов-деструкторов плёночных материалов. Ультразвуковые машины F CU-2, предназначенные для кавитационной очистки плёночных материалов от загрязнений и пыли, не являются эффективными для уничтожения биодеструкторов кинодокументов

Ключевые слова: микроскопические грибы-деструкторы, киноплёнка, низкочастотный ультразвук

INFLUENCE OF THE LOW-FREQUENCY ULTRASOUND ON THE VITALITY OF MICROSCOPIC FUNGI-DESTRUCTORS OF CINEFILM

Kondratyuk T.O.

Treatment of cinefilm damaged by microorganisms by low-frequency ultrasound (22 kHz) in tetrachloroethylene (perchloroethylene) does not make influence on the vitality of microscopic fungi-destructors of the film materials. The ultrasonic device F CU-2 assigned for cavitation refinement of film materials from dust and dirt found to be not effective for killing biodestructors of the cinefilm

Key words: microscopic fungi-destructors, cinefilm, low-frequency ultrasound