

УДК 676.014.4:687.268.3

Слізков А. М.,
andrew.slizkov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2693-7147, Researcher ID: E-4699-2017,
д.т.н., проф., професор кафедри технології та дизайну текстильних матеріалів, Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

Михайлова Г. М.,
michajlovagalina@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1083-5875, Researcher ID: N- 3285-2016,
к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

Галько С. В.,
s.galko@knute.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2562-8326, Researcher ID: N-3389-2016,
к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

Платонова І. Л.,
platonova_il@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3171-5706,
к. б. н., завідувача лабораторії молекулярно-генетичних досліджень, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів

БІОПОШКОДЖЕННЯ ТА ЗАХИСТ ЦЕЛЮЛОЗОВІСНИХ ОБ'ЄМНИХ НАПОВНЮВАЧІВ ПОСТІЛЬНИХ ВИРОБІВ

Анотація. У статті оцінено біопшкодження целюлозовісних текстильних наповнювачів постільних виробів. Проведено дослідження грибостійкості евкаліптових волокон без обробки та з біоцидною обробкою. Дослідні зразки піддавали випробуванню на грибостійкість до 6 тестових грибів: *Aspergillus niger* F-16693, *Aspergillus terreus* F-8472, *Chaetomium globosum* F-405, *Penicillium funiculosum* F-100039, *Trichoderma viride* F-100021, *Paecilomyces variotti* F-424. Встановлено, що текстильні наповнювачі з евкаліптових волокон без біоцидної обробки в умовах підвищеної вологості та оптимальних температур добре піддаються біокорозії, викликаній штамами грибів: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, *Paecilomyces variotti*. Активність мікозної колонізації найвища для грибів роду *Aspergillus niger* (4+) та *Trichoderma viride* (5+) з видимими ознаками росту культури на 14 день експерименту. Візуалізацію росту грибів роду *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Paecilomyces variotti* відзначено на 21 інкубації, а грибів роду *Chaetomium globosum* – на 28 день. На зразках текстильних наповнювачів з евкаліптових волокон, попередньо оброблених біоцидним препаратом “Бактрим”, упродовж регламентованого часу проведення експериментальних досліджень видимих ознак росту грибів не виявлено й за бальною шкалою оцінено від 0 до 2+ та класифіковано їх як “грибостійкі”. Таким чином, в результаті досліджень виявлено, що обробка наповнювачів постільних виробів з евкаліптових волокон біоцидним препаратом на основі триклозану надає текстильному матеріалу захисні антимікозні властивості, унеможливує ріст мікроорганізмів, попереджає біокорозію волокон, а також сприятиме дотриманню відповідності санітарно-гігієнічним вимогам щодо мікробного навантаження упродовж тривалого часу експлуатації постільного виробу. Визначено перспективи застосування такої біоцидної обробки об'ємних целюлозовісних наповнювачів для підвищення зносостійкості та подовження експлуатації постільних виробів, зокрема ковдр, подушок, на матрациків.

Ключові слова: постільні вироби, біопшкодження, евкаліптові волокна, біоцидний препарат, штами грибів, грибостійкість.

Slizkov A. M.,
andrew.slizkov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2693-7147, Researcher ID: E-4699-2017,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Technology and Design of Textile Materials, Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv

Mykhailova G. M.,
michajlovagalina@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1083-5875, Researcher ID: N- 3285-2016,
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv

Galko S. V.,
s.galko@knute.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2562-8326, Researcher ID: N-3389-2016,
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv

Platonova I. L.,
platonova_il@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3171-5706,
Ph.D., Head of the Molecular-Genetic Researches Laboratory, Danylo Halytsky National Medical University, Lviv

BIODETERIORATION AND PROTECTION OF CELLULOSE-CONTAINING VOLUMETRIC FILLERS FOR BEDDING PRODUCTS

Abstract. The article assesses the biodeterioration of cellulose-containing textile fillers for bedding. The study of fungus-resistance of eucalyptus fibers without treatment and with biocidal treatment was conducted. The test specimens were tested for fungus-resistance to 6 test fungi: *Aspergillus niger* F-16693, *Aspergillus terreus* F-8472, *Chaetomium globosum* F-405, *Penicillium funiculosum* F-100039, *Trichoderma viride* F-100021, *Paecilomyces variotti* F-424. It has been determined that textile fillers made of eucalyptus fibers without biocidal treatment in conditions of high humidity and optimal temperatures are well exposed to biocorrosion caused by fungal strains: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, *Paecilomyces variotti*. The activity of mycosis colonization is highest for fungi of the genus *Aspergillus niger* (4+), *Trichoderma viride* (5+) with visible signs of culture growth on 14 day of the experiment. Visualization of the growth of fungi of the genus *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Paecilomyces variotti* was marked on the 21 incubation and fungi of the genus *Chaetomium globosum* – on the 28 day. On the specimens of textile fillers made of eucalyptus fibers, pre-treated with the "Bactrym" biocidal preparation, during the regulated time of experimental studies, no visible signs of fungi growth were detected, rated on a scale from 0 to 2+ and classified as "fungus-resistant". Thus, the study revealed that the treatment of fillers of bedding products made of eucalyptus fibers with biocidal preparation based on triclosan gives the textile material protective antimycotic properties, prevents the growth of microorganisms, prevents the biocorrosion of fibers, and will also ensure compliance with the hygienic requirements for microbial loading over a long period of bedding use. The prospects for the application of such biocidal treatment of volumetric cellulose-based fillers for improving the durability and prolonging the operation of bedding products, in particular blankets, pillows, mattress covers, have been determined.

Key words: bedding, biodeterioration, eucalyptus fibers, biocidal preparation, fungi strains, fungus-resistance.

JEL Classification: L15, L67

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-05>

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку інноваційних технологій в усьому світі спостерігається великий інтерес до створення текстильних матеріалів та виробів, що мають антибактеріальні властивості. Тому новою сучасною нормою для покращання гігієнічних властивостей текстильних матеріалів та виробів стала їх обробка різними біоцидними засобами.

Проблема захисту текстильних матеріалів і виробів від мікробіологічного руйнування на сьогодні є досить складною, тому актуальним є їх оброблення антимікробними засобами. Для боротьби з мікроорганізмами, що знаходяться на текстильному матеріалі, використовують препарати різної хімічної будови. Якість оброблення текстильних матеріалів визначається широтою спектра дії антимікробної речовини, а також ступенем її фіксації на волокнах [1].

Дія живих організмів на промислову текстильну сировину, матеріали та вироби може суттєво змінити їх споживні властивості, погіршити якість,

а в деяких випадках призвести до повної їх руйнації. Властивості сировини можуть змінюватися під час зберігання, експлуатації, іноді під час виробництва під дією різних факторів зносу, викликаючи таким чином відповідні їх пошкодження та дочасний знос.

Доцільність використання біоцидної обробки для постільних виробів з об'ємними наповнювачами обумовлена цілою низкою причин, зокрема:

- більш широким використанням біоцидних препаратів для забезпечення необхідної безпечності та довговічності наповнювачів для постільних виробів (ковдр, подушок, на матраци тощо), оскільки вони не піддаються багаторазовому пранню;
- мінімізацією біоповшкоджень мікроорганізмами натуральних наповнювачів для постільних виробів, експлуатація яких відбувається при досить високій відносній вологості та температурі;
- використанням біоцидних препаратів (біоцидів) на основі триклозану з метою оптимізації

(мінімізації) впливу патогенних мікроорганізмів для людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці значну увагу приділяють використанню біоцидів для захисту целюлозовмісних текстильних матеріалів, зокрема використанню силіконових препаратів [2], препаратів на основі силану [3], використанню засобу “Санитайзед” для професійного одягу [4] тощо. Окрім того, вчені займаються питаннями застосування антимікробної обробки тканин білизняного, одягового [5-12], медичного призначення та професійного одягу [13, 14] тощо.

Частина авторів вважає, що використання біоцидної обробки текстильних матеріалів та виробів покращує їх споживні властивості, термін їх експлуатації подовжується та досягається відповідний економічний ефект [15].

Варто відмітити, що до текстильних матеріалів білизняного призначення обов'язково мають бути регламентовані гігієнічні вимоги щодо відсутності в них патогенних видів мікроорганізмів та обмеження целюлозоруйнуючих груп [16].

Постановка завдання. Завданням наукового дослідження є оцінювання біопшкодження целюлозовмісних текстильних наповнювачів, що використовуються для постільних виробів з метою захисту їх від мікробіологічного руйнування.

Методи дослідження. Об'єктами дослідження є целюлозовмісні текстильні наповнювачі для постільних виробів виробництва ТОВ “Герд Біллербек ГмбХ” (м. Київ), необроблені та попередньо оброблені біоцидним препаратом “Бактрим” (ДП “Хімтекс”, м. Херсон), що виготовлені за ТУ У 13.9-20012815-005:2018 [17]. Оскільки об'єкти дослідження є пористими, застосовували поверхнєве біоцидне просочування (глибина проникнення біоцидного засобу становить < 5 мм).

Мікробіологічні дослідження проводилися в лабораторії молекулярно-генетичних досліджень НДІ епідеміології та гігієни Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького.

Під час дослідження використовували 5 паралелей кожного із зразків (площею 5 см²), на який методом розпилення наносили 1-1,5 см³ робочої суспензії спор гриба.

Зразок № 1 – волокно евкаліптове; Зразок № 2 – волокно евкаліптове, оброблене біоцидним препаратом “Бактрим”.

Дані зразки піддавали випробуванню на грибостійкість до 6 тестових грибів: *Aspergillus niger* F-16693, *Aspergillus terreus* F-8472, *Chaetomium globosum* F-405, *Penicillium funiculosum* F-100039, *Trichoderma viride* F-100021, *Paecilomyces variotti* F-424.

Нарощування біомаси та приготування робочої суспензії спор грибів проводили згідно з ГОСТ 9.048-89 [18]. Вихідну суспензію спор грибів готували з двотижневої культури, шляхом денсометричного вимірювання оптичної густини, при довжині $\lambda = 565 \pm 15$ нм. Оптична густина кожної окремої суспензії тестового штаму знаходилася в межах показників 0,25-0,38, що за кількісною оцінкою, відносно шкали Мак-Фарланда, відповідало приблизній кількості бактеріальних клітин 3×10^8 – $4,2 \times 10^8$ КУО/см³. Для отримання істинного значення колонієутворюючих одиниць (КУО в 1 см³) для грибів отримані показники ділили на 30 (розміри клітин грибів більші за бактеріальні в середньому у 30 разів). Після цього методом десятикратних розведень отримували суспензію з кінцевим вмістом спор у межах 1×10^6 - 2×10^6 КУО/см³, яка була робочою (табл. 1).

Контролем служили зразки наповнювачів без інокульованої тестової культури. Контроль, зразки 1, зразки 2 інкубували при температурі 29°C, вологості 85-90 % протягом 28 днів. Візуальну оцінку тестових поверхонь проводили на 7, 14, 21, 28 день інкубації. Життєздатність робочих суспензій тестових штамів грибів перевіряли шляхом їх інокуляції на селективне середовище Чапека-Докса (або Сабуро) з подальшою інкубацією культури при температурі 29°C, вологості 85-90 % до моменту отримання росту.

Таблиця 1

Робоча суспензія тестових штамів грибів

Штами грибів	Показники оптичної густини спорової суспензії грибів	Відповідна мікробна суспензія	Приблизна кількість КУО/см ³ у перерахунку на спори гриба	Робоча суспензія спор грибів
<i>Aspergillus niger</i>	0,26	$3,0 \times 10^8$	$1,0 \times 10^7$	$1,0 \times 10^6$
<i>Aspergillus terreus</i>	0,32	$3,8 \times 10^8$	$1,3 \times 10^7$	$1,3 \times 10^6$
<i>Penicillium funiculosum</i>	0,25	$3,0 \times 10^8$	$1,0 \times 10^7$	$1,0 \times 10^6$
<i>Trichoderma viride</i>	0,28	$3,4 \times 10^8$	$1,1 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$
<i>Paecilomyces variotti</i>	0,38	$4,2 \times 10^8$	$1,4 \times 10^7$	$1,4 \times 10^6$
<i>Chaetomium globosum</i>	0,28	$3,4 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$1,1 \times 10^6$



Рис. 1. Біологічні властивості постільних виробів з об'ємними наповнювачами

Джерело: авторська розробка

Морфологічні особливості досліджуваних зразків вивчали методом скануючої електронної мікроскопії (СЕМ). Принцип СЕМ базується на скануванні поверхні матеріалів точно сфокусованим пучком електронів циліндричної форми (електронний зонд з діаметром пучка < 10 нм), який сканує зразок по рядках (точка за точкою) і синхронно передає сигнал на кінескоп. У даній роботі поверхню зразків волокнистих матеріалів, покрити шаром золота (Au), досліджували за допомогою скануючого електронного мікроскопа "SEM HITACHI S800" (Японія). Напруга на катоді становила 15 кВ, збільшення зображення варіювали від 15 до 50 000 разів. Відстань від проби до катода становила 50 мм, вакуум в камері $\sim 0,05$ мілібар, час нанесення ~ 100 с, використовуючи комп'ютерну програму Origin 7.0, отримані мікрофотографії СЕМ були трансформовані в піксельні матриці з роздільною здатністю 1024x768 пікселів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Біоповшкодження – це пошкодження сировини, матеріалів або виробів під дією біологічного фактора. Біологічний фактор (біофактор) – це організми або сукупність організмів, що викликають порушення працездатності досліджуваного об'єкта [19].

Біологічні властивості постільних виробів з об'ємними наповнювачами наведені на рис. 1.

Біологічні властивості постільних виробів з об'ємними наповнювачами поділяються, в свою чергу, на мікробіологічні, фітологічні та зоологічні. Пошкодження постільних виробів з целюлозовмісткими наповнювачами відбувається при дії на них бактерій, грибів та водорослів, фітологічні пошкодження – моху та лишайів, зоологічні – гризунами, мілью, термітами.

Для захисту постільних виробів з об'ємними наповнювачами доцільно використовувати біоцидне оброблення. Біоцидний продукт може бути речовиною або сумішшю, призначеною для знищення або знезараження шкідливих і подразнюючих організмів, таких як бактерії, гриби, цвіль і комахи.

Сьогодні якість біоцидної обробки визначається не тільки ефективністю дії фіксації на текстильному матеріалі, але і безпечністю для людини і навколишнього середовища.

Необхідно відмітити, що триклозан не зареєстрований в Державному реєстрі небезпечних факторів Комітету з питань гігієнічного регулювання Міністерства охорони здоров'я України [20].

Безпечність біоцидів, що застосовуються, визначається Європейською Директивою з біоцидних продуктів (European Biocidal Products Directive 98/8/EC) [21].

Очікується, що світовий ринок біоцидів досягне 13,9 млрд дол. США до 2025 р. в порівнянні з 9,1 млрд дол. США в 2017 р., маючи сукупний щорічний темп зростання в середньому 7,0 % у прогнозованому періоді з 2018 по 2025 рр. [22].

Як зазначається в інтернет-огляді виробів з біоцидною обробкою Шведського агентства хімічних речовин (Swedish Chemicals Agency) 2012 р. [23], біоцидна обробка використовується у багатьох виробках щоденного вжитку, зокрема: спортивний одяг, нижня білизна, головні убори, рукавичкові вироби, шкарпетки, матраци, чохла для матраців, подушки, постільна білизна, рушники, килимки, меблі, штори, тканинні настінні покриття.

Про актуальність і значну увагу до виробів з біоцидною обробкою свідчить той факт, що різні країни світу регламентують як біоцидні засоби, так і розміщення на ринку виробів з біоцидною обробкою або вимагають, щоб на ринок певні товари надходили тільки попередньо оброблені біоцидними препаратами.

Європейське агентство хімічних продуктів в Гельсінкі (The European Chemical Agency in Helsinki (ECHA)) та Комісія ЄС інформують про активні речовини та біоциди, які були схвалені та дозволені, їх класифікацію та властивості [24].

В країнах ЄС діють правила, що регулюють біоцидні продукти і вироби, оброблені біоцидами. Ці правила затверджені Регламентом ЄС щодо біоцидних продуктів, який набув чинності у 2013 році [25]. Будь-яка особа, що імпортує оброблені біоцидами товари в ЄС або виробляє цю продукцію в межах ЄС, несе відповідальність за безпеку для здоров'я людини або навколишнього середовища, правильне маркування. Оброблений біоцидними препаратами товар може бути розміщений на ринку при умові, що активні речовини дозволені в країнах ЄС або включені у відповідну програму огляду активних речовин [26].

Відповідно до вимог Кодексу федеральних правил США [27] подушки (код HS 940490 – *Articles of bedding/furnishing, nes, stuffed or internally fitted*), які ввозяться до США з усіх країн світу, мають піддаватися тепловій обробці (нетарифний захід – холодна/гаряча обробка за кодом А 51 – Cold/heat treatment (NTM code – A51)). Крім того, необхідна обробка метилбромідом (methyl bromide treatment) (нетарифний захід – фумігація за кодом А 53 – 1-Fumigation (NTM code – A53)).

Основні класи протимікробних речовин для текстилю включають органо-металік, феноли, солі четвертинного амонію і органо-силікони. Бісфеноли є класом сполук, що мають широкий спектр протимікробної активності. Двома найбільш широко використовуваними членами цієї групи є триклозан (2,4,4'-трихлор-2'-гідроксидифеніловий ефір) і гексахлорофен. Через проблеми токсичності використання гексахлорофену в продукції було

обмежено. У концентраціях 0,2-2% триклозан діє як біоцид, за нижчих концентрацій пригнічує синтез жирних кислот мікроорганізмів.

Триклозан ($C_{12}H_7Cl_3O_2$) – це порошок у вигляді білих кристалів, що не розчиняється у воді, але добре розчинний у лугах, органічних розчинниках та оліях. Речовина стійка до дії окисників, повільно розкладається під дією ультрафіолетового випромінювання. Виявляє антибактеріальний і фунгіцидний ефект широкого спектра.

Триклозан діє головним чином на пригнічення біосинтезу жирних кислот шляхом блокування біосинтезу ліпідів, а синтез ліпопротеїдів–пов'язаний з пригніченням активності ферменту білок-носії редукази (ENR).

Принцип дії триклозану полягає в тому, що ця речовина зв'язується з бактеріальним ферментом ENR (еноїлретазаю). Відбувається конформаційна зміна активного центру ферменту з утворенням стабільного комплексу ENR-NAD⁺ – триклозан, який не здатний каталізувати синтез жирних кислот, необхідних для побудови мембран і, відповідно, репродукції бактерій. У людини фермент ENR відсутній, тому триклозан не чинить шкоди людині [4, 28, 29]. Огляд результатів експериментальних досліджень, що пов'язані з використанням триклозану, має ряд суперечностей [4]. Однак наукові дослідження щодо підтвердження небезпеки для організму людини обмежені або відсутні [10, 27, 28].

Домінуюче становище серед організмів, що викликають біопшкодження текстильних матеріалів та виробів, мають гриби з різними морфологічними, фізіологічними і генетичними особливостями. Вони входять в групу сапрофітів, що діляться на неспецифічні та специфічні. До неспецифічних відносять гриби-поліфаги, з них на промислових матеріалах найчастіше розвиваються види грибів роду *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Alternaria*, *Paecilomyces*, *Fusarium* [19].

Aspergillus (аспергелліус) – рід вищих аеробних цвілевих грибів, що включає в себе кілька сотень видів. Забарвлення колоній знаходиться у кольоровій гамі широкого діапазону – від білого до чорного. Гриби цього роду швидко ростуть, мають одноклітинні нерозгалужені конідієносці. Верхівки конідієносців несуть на своїй поверхні в один або два ряди стеригми з ланцюжком конідій. Конідії мають круглу форму, зафарбовану в жовтий, зелений, коричневий чи інший колір.

Penicillium (пеніциліум) – відносять до родини Aspergillaceae. Колонії характеризуються повзучим ростом, мають оксамитову поверхню. Вегетативний міцелій жовто-кремовий, конідіальна зона жовто-зелена, синьо-сіро-зелена. Верхня частина конідієносця має вигляд кісточки різної складності. Стеригми у колотівці, конідії еліптичні, заокруглені, кулясті.

До роду аскоміцетових грибів входять: *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Paecilomyces*, *Fusarium*.

Trichoderma (тріходерма) – телеоморфа утворює коричневу строму. Конідієносці сильно розгалужені. Конідії блідо-зеленого або зеленого кольору, більш активно утворюються в центральній частині колонії, яйцевидної форми.

Chaetomium globosum (хетомій шаровидний) – молоді колонії з ніжним, світлим повітряним міцелієм, з віком – лимонно-зелені, жовті, зеленувато-оливкові, сіро-оливкові. Плодові тіла – перитеції кулясті або яйцеподібні. Аски веретеновидні або булавовидні, несуть 8 сплюснених аскоспор.

Paecilomyces (пеціломіцес) – колонії порошисті, іноді пучкуваті, в масі жовто-коричневого кольору. Конідієносці неправильно розгалужені, з мутувато розташованими гілочками, що закінчуються пучком з 2-7 циліндричних (еліпсоїдальних) фіалід. Конідії переважно еліпсоїдальні, часто з усіченими кінцями. Утворює хламідоспори.

Fusarium (фузаріум) – міцелій у різних видів грибів може бути різноманітного забарвлення – білий, рожевий, бузковий або бурий. Зазвичай мають мікро- і макроконідії. Макроконідії є фрагментами і складаються з декількох клітин. Мікроконідії формують ланцюжки або зібрані в головки. Можуть утворювати скупчення між гіфами. Мікроконідії найчастіше одноклітинні. Характерною для фузаріїв є властивість до утворення спороходів, подушкоподібного плетива гіфів, вкритого конідієносцями.

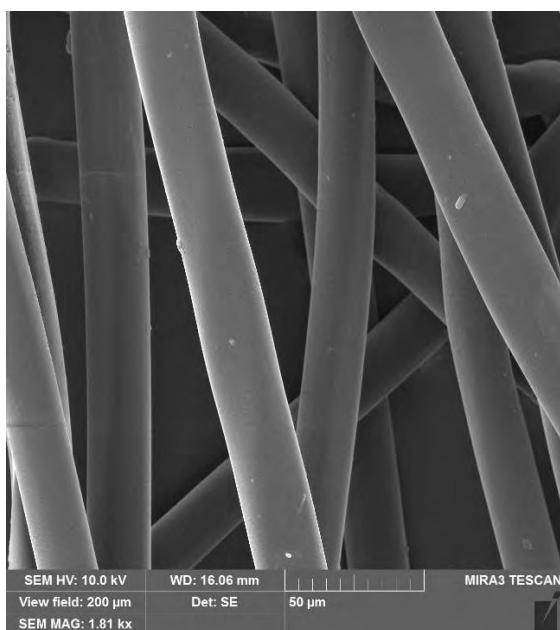
Alternaria (альтернарія) – клас дотідеомицети. Утворює широкорослі, темнозабарвлені колонії сірих, коричнево-чорних або чорнуватих тонів. Міцелій септований. Конідієносці прості або розгалужені, поодинокі або в пучках, коричневі. Конідії – поодинокі або в ланцюжках, іноді розгалужені, яйцеподібні до циліндричних, у верхній частині у багатьох видів витягнуті в шийку.

Всі з перелічених груп грибів виконують не лише важливу, дуже корисну роль в певних екологічних нішах живої природи, є продуцентами ферментів, біологічно активних речовин, але й несуть потужну руйнівну силу біодеструкції виробів та матеріалів, викликають захворювання тварин та людини.

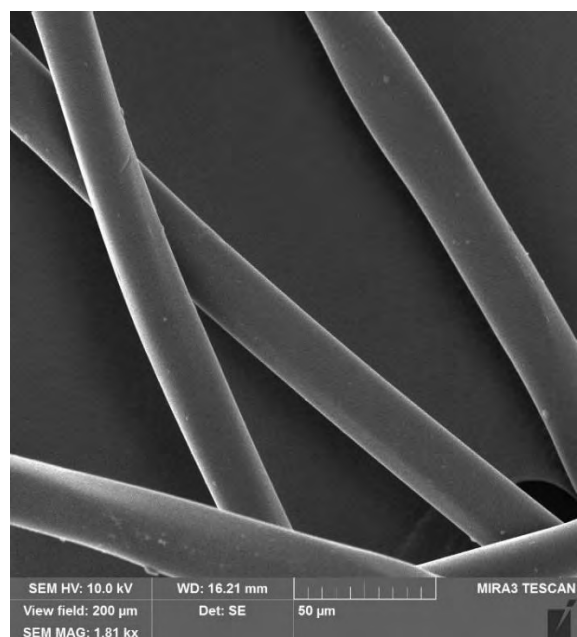
Сьогодні на ринку України реалізують постільні вироби, використовуючи близько десятка різних видів наповнювачів: пух водоплавної птиці, овечу, верблюжу і кашемірову вовну, бавовняне, шовкове та бамбукове волокно, віскозне волокно, евкаліптове волокно, а також силіконізовані синтетичні волокна.

Евкаліптове волокно – це штучне целюлозне волокно, яке отримують із деревини евкаліпта. Евкаліптові дерева для виробництва волокна вирощують без застосування пестицидів і мають у своєму складі біоцидні компоненти [15]. Технологічний процес виготовлення евкаліптового волокна полягає в розчиненні деревинної целюлози в сильно полярному органічному розчиннику донорського типу N-метилморфолін-N-оксиді (ММО). Екологічна чистота процесу обумовлена тим, що розчинник практично повністю регенерується і не утворює ніяких продуктів розпаду. Новий процес отримав декілька назв: ММО-процес, альтернативний процес, процес розчинного формування, ліоцельний процес [30].

Як показують результати досліджень, в умовах підвищеної вологості та температур протягом регламентованого часу на зразках 1 та 2 з наповнювачем з евкаліптового волокна не виявлено видимих ознак біологічного пошкодження. Це, в свою чергу, вказує на ступінь чистоти зразків, належні умови зберігання та транспортування (рис. 2).



Зразок 1



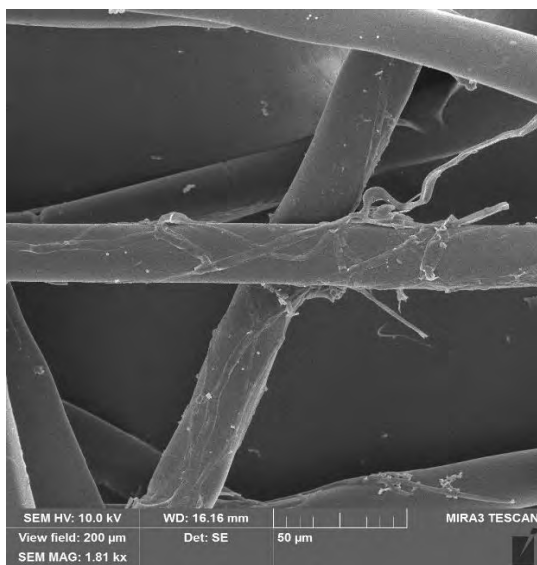
Зразок 2

Рис. 2. СЕМ-зображення наповнювача з евкаліптового волокна, не інокульованих спорами грибів

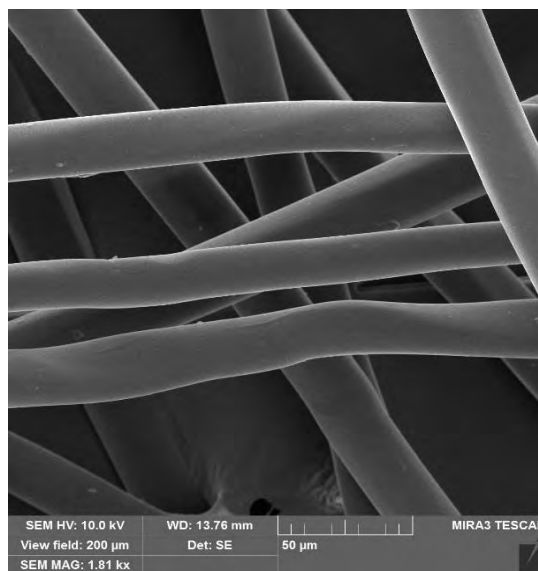
Таблиця 2

Біопшкодження евкаліптових наповнювачів для постільних виробів

Види грибів	Зразок 1	Зразок 2
<i>Aspergillus niger</i> F-16693	4+	0-2+
<i>Aspergillus terreus</i> F-8472	3+	0-2+
<i>Penicillium funiculosum</i> F-100039	3+	0-2+
<i>Trichoderma viride</i> F-100021	5+	0-2+
<i>Chaetomium globosum</i> F-405	3+	0-2+
<i>Paecilomyces variotti</i> F-424	3+	0-2+



Зразок 1



Зразок 2

Рис. 3. СЕМ евкаліптового волокна, інкульованого штамами грибів *Aspergillus niger* на 28 день тестування

Грибостійкість оцінювали на наступною шкалою від 0 до 5 балів:

0 – під мікроскопом проростання спор і конідій не виявлено;

1 – під мікроскопом наявні пророслі спори і незначно розвинений міцелій;

2 – під мікроскопом видно розвинений міцелій, можливе спороношення;

3 – неозброєним оком ледь вловлюється міцелій і (або) спороношення, проте добре візуалізуються під мікроскопом;

4 – неозброєним оком добре видно ріст грибів, які покривають менше 25% поверхні досліджуваного зразка;

5 – неозброєним оком добре видно ріст грибів, які покривають понад 25% поверхні досліджуваного зразка.

Візуальну оцінку грибостійкості досліджуваного наповнювача надавали за показником взірця з максимальним балом за допомогою лупи зі збільшенням $\times 4$.

Результати експериментальних досліджень зразків евкаліптових наповнювачів для постільних виробів, інфікованих грибами, наведені в табл. 2.

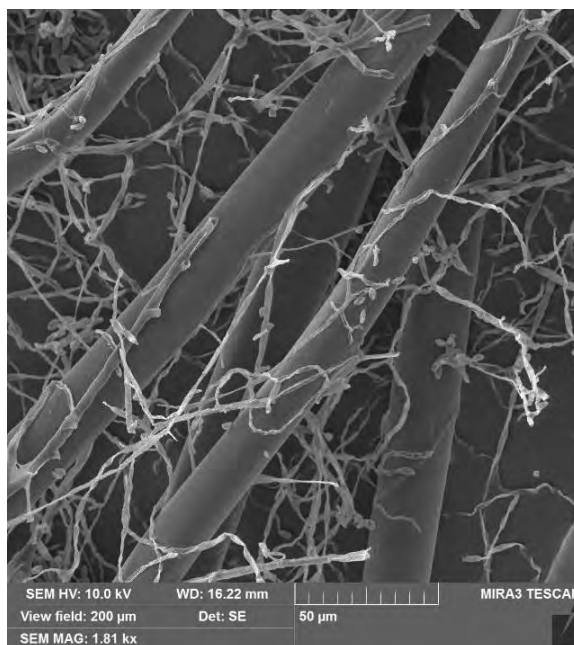
Встановлено, що *зразок 1* без біоцидного захисту добре піддавався біокорозії. Активність мікозної колонізації була вищою для штамів грибів *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* з ознаками росту культури, який спостерігався вже на 14 день експерименту.

Видимий ріст грибів роду *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Paecilomyces variotti* відзначено на 21 день інкубації, а грибів роду *Chaetomium globosum* – на 28.

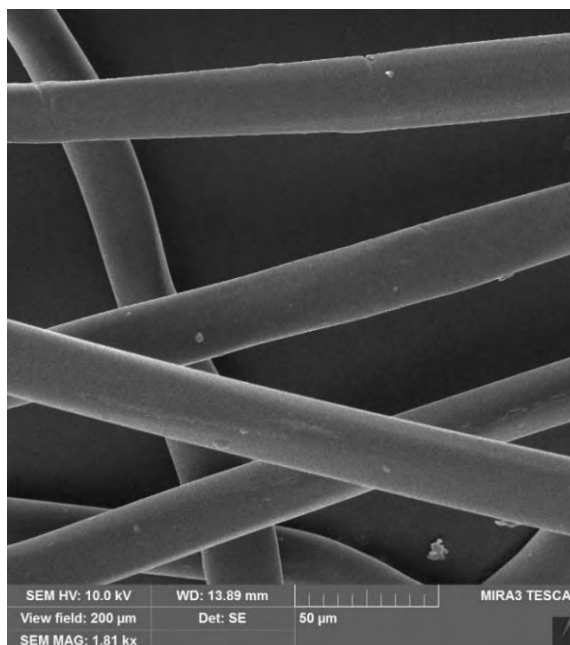
Оскільки найагресивнішими виявилися гриби роду *Aspergillus niger* (4+) та *Trichoderma viride* (5+), то вважали за доцільне представити СЕМ-зображення саме цих експериментальних досліджень на 28 день тестування (рис. 3 та 4).

Візуальну оцінку грибостійкості евкаліптового наповнювача для постільних виробів з об'ємними наповнювачами давали за показником взірця з максимальним балом. На *зразку 2*, попередньо обробленому біоцидним препаратом “Бактрим”, упродовж регламентованого часу проведення експериментальних досліджень видимих ознак росту грибів не виявлено й відповідно цей зразок за бальною шкалою оцінено від 0 до 2+ і класифіковано як грибостійкий.

Зображення поверхні наповнювачів з евкаліптових волокон постільних виробів, оброблених біоцидним препаратом “Бактрим” та інфікованих грибами роду *Trichoderma viride*, показують, що біоцидний захист пригнічує ростову здатність гриба. Під час проведення експериментальних досліджень при оптимальних умовах культивування спори гриба фіксували в неактивному стані і на 28 день тестування.



Зразок 1



Зразок 2

Рис. 4. СЕМ-зображення евкаліптового волокна, інокульованого штамами грибів *Trichoderma viride* на 28 день тестування

Безпечність постільних виробів з об'ємними наповнювачами підтверджена висновком державної санітарно-епідеміологічної експертизи №602-123-20-1/928 від 23.01.2019 р.

Постільні вироби з текстильними наповнювачами, що оброблені біоцидним препаратом на основі триклозану, відповідали медичним критеріям безпеки. Гранично допустимі критерії хімічних речовин в атмосферному повітрі (мг/м^3) становили не більше: формальдегіду – 0,003, фенолу – 0,003, бензолу – 0,1, толуолу – 0,6, ксилолу – 0,2; інтенсивність запаху не більше 1 бал. Виявлено антимікозний захист біоцидного препарату на основі триклозану щодо грибової корозії постільних виробів з різним типом наповнювача та фунгіцидну дію даного препарату щодо досліджуваних тестових штамів грибів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Обробка препаратом надає текстильному матеріалу (наповнювачу) захисні властивості, перешкоджаючи проникненню чужорідної (транзитornoї) мікрофлори, яка складається в основному з патогенних мікроорганізмів.

Встановлено, що текстильні наповнювачі з евкаліптових волокон без захисного покриття в умовах підвищеної вологості та оптимальних температур добре піддаються біокорозії, викликаній штамами грибів: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, *Paecilomyces variotti*. Активність мікозної колонізації найвища для грибів роду *Aspergillus niger* (4+), *Trichoderma viride* (5+) з видимими ознаками росту культури на 14 день експерименту. Візуалізацію росту грибів роду *Aspergillus terreus*, *Penicillium funiculosum*, *Paecilomyces variotti*

відзначено на 21 інкубації, а грибів роду *Chaetomium globosum* – на 28 день.

На зразках, попередньо оброблених біоцидним препаратом “Бактрим”, упродовж регламентованого часу проведення експериментальних досліджень видимих ознак росту грибів не виявлено й за бальною шкалою оцінено від 0 до 2+ та класифіковано їх як “грибостійкі”.

Обробка наповнювачів з евкаліптових волокон біоцидом на основі триклозану надає текстильному матеріалу захисні антимікозні властивості, унеможливає ріст мікроорганізмів, попереджає біокорозію волокон, а також сприяє упродовж тривалого часу експлуатації виробу, дотриманню відповідності санітарно-гігієнічним вимогам щодо мікробного навантаження.

Таким чином, постільні вироби з об'ємними целюлозовмісними наповнювачами – ковдри, подушки, матрацники, де наповнювач обробляється біоцидним препаратом на основі триклозану, – матимуть підвищену зносостійкість і, як наслідок, значно більший термін експлуатації, оскільки не піддаються мікробіологічному руйнуванню.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук С. Біоцидна обробка постільних виробів / С. Поліщук, Г. Михайлова, Ю. Гілевич // Україна та ЄС: подолання технічних бар'єрів у торгівлі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 18-19 березня 2015 р. – К. : КНТЕУ, 2015. – С. 188–190.

2. Використання деяких поліфункціональних обробних препаратів для захисту текстильних целюлозовмісних матеріалів від мікробіологічних пошкоджень / О. В. Пахолок, Г. О. Пушкар,

І. С. Галик, Б. Д. Семак // Вісник ХНУ. – 2019. – № 1. – С. 100-104.

3. Батрак О. А. Технології модифікації текстильних матеріалів / О.А. Батрак, Л. Є. Галавська // Науково-практичні розробки учених в хімічній, харчовій та парфумерно-косметичній галузях промисловості : тези доповідей IV Всеукр. наук.-практ. конференції молодих учених і студентів. м. Херсон, 30-31 жовтня 2017. – Херсон : ХНТУ, 2017. – С. 21-22.

4. Разуваев А. В. Бицидная отделка текстильных материалов : веб-сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/1453.html> (дата звернення: 23.10.2019).

5. Saraf Naresh M. Guard yourself with silane based Antimicrobial agent against microbes // Colourage. – 2015. – June. – Pp. 51-52.

6. Параска О. А. Дослідження експлуатаційних властивостей текстильних виробів після обробки композиціями на основі екологічно безпечних речовин / О. А. Параска, Т. С. Рак, Н. Радек // Вісник ХНУ. – 2018. – Т. 2. – №6 (267). – С. 103-108.

7. Мартиросян І. А. Вплив біоцидного оброблення целюлозовмісних текстильних матеріалів на зміну їх властивостей / І. А. Мартиросян, О. В. Пахолук, В. І. Лубенець // Вісник ХНУ. – 2018. – Т. 2. – №6 (267). – С. 94-98.

8. Галик І. С. Формування екологічної безпечності текстилю шляхом його поверхневої модифікації антимікробними препаратами / І. С. Галик, Б. Д. Семак // Вісник ХНУ. – 2013. – №1. – С. 251-254.

9. Галик І. С. Захист екотекстилю від патогенних мікроорганізмів / І. С. Галик, Б. Д. Семак // Вісник КНУТД. Серія “Технології та дизайн”. – 2014. – №6 (80). – С. 143-149.

10. Семак Б. Б. Підвищення біостійкості та екологічної безпеки текстильних матеріалів шляхом їх поверхневої модифікації / Б. Б. Семак, І. С. Галик, Б. Д. Семак // Вісник КНУТД. – 2007. – №4 (36). – С. 47-51.

11. Михайлова Г. Біостійкість текстильних наповнювачів для постільних виробів / Г. Михайлова, І. Платонова, С. Бричка // Товари і ринки. – 2018. – №3. – С. 37-49.

12. Пушкар Г. О. Шляхи оптимізації асортименту та підвищення екологічної безпечності інтер'єрних тканин для постільної і столової білизни / Г. О. Пушкар, Б. Д. Семак // Вісник КНУТД. – 2010. – №1. – С. 140-146.

13. Сумская О. П. Перспектива разработки и размещения технологии производства текстильных материалов санитарно-гигиенического и лечебно-профилактического назначения в Украине / О. П. Сумская, Г. С. Сарбеков // Вестник ХГТУ. – 2002. – №3. – С. 307-311.

14. Разуваев А. В. Гигиеническая защита профессиональной одежды / А. В. Разуваев // Текстильная промышленность. Научный альманах. – 2010. – 3 июля. – С. 42-46.

15. Разуваев А. В. Природные антимикробные свойства натуральных волокон и вопрос их

дополнительной бицидной отделки. / А. В. Разуваев // Текстильная промышленность. – 2011. – 5 сентября. – С. 38-42.

16. Разуваев А. В. Экологичность и безопасность бицидной отделки текстильных материалов в соответствии с требованиями стандарта “ЭКО_ТЕКС 100” / А. В. Разуваев // Текстильная промышленность. – 2011. – Август. – С. 15-19.

17. ТУ У 13.9-20012815-005:2018 Вироби постільні з біоцидною обробкою. Технічні умови.

18. ГОСТ 9.048-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 22 с.

19. Пехташева Е. Л. Биоповреждения непродовольственных товаров / Е. Л. Пехташева; [под ред. проф. А. Н. Неверова]. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Издательско-торговая корпорация “Дашков и К^о”, 2015. – 332 с.

20. Державний реєстр небезпечних факторів. Комітет з питань гігієнічного регламентування Міністерства охорони здоров'я України : веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://uhrc.gov.ua/registr/?ffl=%D2&fn=>(дата звернення: 23.10.2019).

21. Разуваев А. В. Современные гигиенические нормы и антимикробная отделка текстильных материалов / А. В. Разуваев // Текстильная промышленность. – 2010. – 4 сентября. – С. 24-26.

22. Global Biocides Market is Estimated to Grow at a Highest CAGR of 7.0% During 2018-2025 : веб-сайт. URL: <https://www.marketwatch.com/press-release/global-biocides-market-is-estimated-to-grow-at-a-highest-cagr-of-70-during-2018-2025-2018-09-20> (дата звернення: 20.09.2018).

23. KEMI PM 2/12 Biocide treated articles - an Internet survey (2012) : веб-сайт. URL: <https://www.kemi.se/global/pm/2012/pm-2-12-biocide-treated-articles.pdf> (дата звернення: 23.10.2019).

24. Biocide-treated Consumer Products Markets – Policies – Risks : веб-сайт. URL: http://www.pan-germany.org/download/biocides/biocide-treated_consumer_products.pdf (дата звернення: 23.10.2019).

25. EU Biocidal Products Regulation : Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products : веб-сайт. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012R0528> (дата звернення: 23.10.2019).

26. European Commission. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. IMPACT ASSESSMENT Defining criteria for identifying endocrine disruptors in the context of the implementation of the plant protection products regulation and biocidal products regulation : веб-сайт. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2016/EN/SWD-2016-211-F1-EN-MAIN-PART-15.PDF/> (дата звернення: 23.10.2019).

27. Кодекс федеральных правил США: Code of Federal Regulations AE 2.106/3:7/ from January 1,

2003 : веб-сайт. URL: <https://www.govinfo.gov/app/details/CFR-2003-title7-vol5/CFR-2003-title7-vol5-subtitleB-chapIII> (дата звернення: 23.10.2019).

28. Хрокало Л. А. Бактерицидні компоненти гігієнічних і косметичних засобів / Л. А. Хрокало, І. В. Черниш, В. Г. Єфімова // Наукові доповіді НУБіП України. – 2017. – №5 (69) : веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9475> (дата звернення: 23.10.2019).

29. Zille A., Almeida L., Garneiro N., Esteves M., Silva J., Souto A. Application of nanotechnology in antimicrobial finishing of biomedical textiles / A. Zille, L. Almeida, N. Garneiro, M. Esteves, J. Silva, A. Souto // *Materials Research Express*. – 2014. – Vol. 1. – P. 032003.

30. Михайлова Г. Інноваційні стратегії виробництва постільних речей / Г. Михайлова, Е. Домрес // Товарознавство і торговельне підприємництво: стан, проблеми, перспективи : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 18-19 квітня 2013 р. – К. : КНТЕУ, 2013. – С. 104-108.

REFERENCES

1. Polischuk, S. Mykhailova, G. and Hilevich, Yu. (2015), Biotsydna obrobka postil'nykh vyrobiv, Ukraina ta YeS: podolannia tekhnichnykh bar'ieriv u torhivli: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, KNEU, Kyiv, 18-19 bereznia, pp. 188-190.
2. Pakholiuk, O. V. Pushkar, H. O. Halyk, I. S. and Semak B. D. (2019), Vykorystannia deiakykh polifunktsional'nykh obrobnykh preparativ dlia zakhystu tekstyl'nykh tseliulozovmisnykh materialiv vid mikrobiolohichnykh poshkodzen', *Visnyk KhNU*, vol. 1, pp. 100-104.
3. Batrak, O. A. and Halavs'ka, L. Ye. (2017), Tekhnolohii modyfikatsii tekstyl'nykh materialiv, Naukovo-praktychni rozrobky uchenykh v khimichnij, kharchovij ta parfumerno-kosmetychnij haluziakh promyslovosti : tezy dopovidej IV Vseukr. nauk.-prakt. konferentsii molodykh uchenykh i studentiv, m. Kherson, 30-31 zhovtnia 2017, pp. 21-22.
4. Razuvaev, A. V. (2009), Biocidnaja odelka tekstil'nyh materialov, Rynok legkoj promyshlennosti, vyp. 60, available at: <http://rustm.net/catalog/article/1453.html> (Accessed 23 October 2019).
5. Saraf, Naresh M. (2015), Guard yourself with silane based Antimicrobial agent against microbes, *Colourage*, June, pp. 51-52.
6. Paraska, O. A. Rak, T. S. and Radek, N. (2018), Doslidzhennia ekspluatatsijnykh vlastyvostej tekstyl'nykh vyrobiv pislia obrobky kompozytsiiamy na osnovi ekolohichno bezpechnykh rechovyn, *Visnyk KhNU*, vol. 2, №6 (267), pp. 103-108.
7. Martyrosian, I. A. Pakholiuk, O. V. and Lubenets', V. I. (2018), Vplyv biotsydnoho obrobлення tseliulozovmisnykh tekstyl'nykh materialiv na zminu ikh vlastyvostej, *Visnyk KhNU*, vol. 2, №6 (267), pp. 94-98.
8. Halyk, I. S. and Semak, B. D. (2013), Formuvannia ekolohichnoi bezpechnosti tekstyliu shliakhom joho poverkhnevoi modyfikatsii antymikrobnymy preparatamy, *Visnyk KhNU*, vol. 1, pp. 251-254.
9. Halyk, I. S. and Semak, B. D. (2014), Zakhyst ekotekstyliu vid patohennykh mikroorhanizmv, *Visnyk KNUVD. Seriiia "Tekhnolohii ta dyzajn"*, vol. 6 (80), pp. 143-149.
10. Semak, B. B. Halyk, I. S. and Semak, B. D. (2007), Pidvyschennia biostijkosti ta ekolohichnoi bezpeky tekstyl'nykh materialiv shliakhom ikh poverkhnevoi modyfikatsii, *Visnyk KNUVD*, vol. 4 (36), pp. 47-51.
11. Mykhailova, G. Platonova, I. and Brychka S. (2018), Biostijkist' tekstyl'nykh napovniuvachiv dlia postil'nykh vyrobiv, *Tovary i rynky*, vol. 3, pp. 37-49.
12. Pushkar, H. O. and Semak, B. D. (2010), Shliakhy optymizatsii asortymentu ta pidvyschennia ekolohichnoi bezpechnosti inter'iernykh tkanyn dlia postil'noi i stolovoi bilyzny, *Visnyk KNUVD*, vol. 1, pp. 140-146.
13. Sumskaia, O. P. and Saribekov, G. S. (2002), Perspektiva razrabotki i razmeshhenija tehnologii proizvodstva tekstil'nyh materialov sanitarno-gigienicheskogo i lechebno-profilakticheskogo naznachenija v Ukraine, *Vesnik HGTU*, vol. 3, pp. 307-311.
14. Razuvaev, A. V. (2010), Gigienicheskaja zashhita professional'noj odezhdy, *Tekstil'naja promyshlennost'*. Nauchnyj al'manah, 3 ijulja, pp. 42-46.
15. Razuvaev, A. V. (2011), Prirodnye antimikrobnye svojstva natural'nyh volokon i vopros ih dopolnitel'noj biocidnoj odelki, *Tekstil'naja promyshlennost'*, 5 sentjabrja, pp. 38-42.
16. Razuvaev, A. V. (2011), Jekologichnost' i bezopasnost' biocidnoj odelki tekstil'nyh materialov v sootvetstvie s trebovanijami standartu "JeKO TEKS 100", *Tekstil'naja promyshlennost'*, Avgust, pp. 15-19.
17. TU U 13.9-20012815-005:2018 Vyroby postil'ni z biotsydnoiu obrobkoju. Tekhnichni umovy.
18. GOST (1989), GOST 9.048-89 Edinaja sistema zashhity ot korrozii i starenija. Izdelija tehnicheckie. Metody laboratornih ispytanij na stojkost' k vozdejstvuju plesnevnyh gribov, Izd-vo standartov, M., 22 p.
19. Pehtasheva, E. L. (2015), Biopovrezhdenija neprodovol'stvennyh tovarov, pod red. prof. A. N. Neverova, 2 nd ed, Izdatel'sko-torgovaja korporacija "Dashkov i K0", Moskva, 332 p.
20. Komitet z pytan' hihienichnoho rehlamenuvannia Ministerstva okhorony zdorov'ia Ukrainy (2019), Derzhavnyj reiestr nebezpechnykh faktoriv, available at: <http://uhrc.gov.ua/reg-istr/?fll=%D2&fn=> (Accessed 23 October 2019).
21. Razuvaev, A. V. (2010), Sovremennye gi-gienicheskie normy i antimikrobnaja odelka tekstil'nyh materialov, *Tekstil'naja promyshlennost'*, 4 sentjabrja, pp. 24-26.
22. Global Biocides Market is Estimated to Grow at a Highest CAGR of 7.0% During 2018-2025 (2018),

available at: <https://www.marketwatch.com/press-release/global-biocides-market-is-estimated-to-grow-at-a-highest-cagr-of-70-during-2018-2025-2018-09-20> (Accessed 20 September 2018).

23. KEMI PM 2/12 Biocide treated articles - an Internet survey (2012), available at: <https://www.kemi.se/global/pm/2012/pm-2-12-biocide-treated-articles.pdf> (Accessed 23 October 2019).

24. Biocide-treated Consumer Products Markets – Policies – Risks (2013), available at: http://www.pan-germany.org/download/biocides/biocide-treated_consumer_products.pdf (Accessed 23 October 2019).

25. European Union (2012), EU Biocidal Products Regulation : Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012R0528> (Accessed 23 October 2019).

26. European Commission (2016), COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. IMPACT ASSESSMENT. Defining criteria for identifying endocrine disruptors in the context of the implementation of the plant protection products regulation and biocidal products regulation, available at: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2016/EN/SWD-2016-211-F1-EN-MAIN-PART-15.PDF/> (Accessed 23 October 2019).

27. U.S. Government Printing Office (2003), Code of Federal Regulations (annual edition): January 1, 2003, Code of Federal Regulations AE 2.106/3:7/, available at: <https://www.govinfo.gov/app/details/CFR-2003-title7-vol5/CFR-2003-title7-vol5-subtitleB-chapIII> (Accessed 23 October 2019).

28. Khrokalo, L. A. Chernysh, I. V. and Yefimova, V. H. (2017), Bakterytsydni komponenty hihienichnykh i kosmetychnykh zasobiv, *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, vol. 5 (69), available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9475> (Accessed 23 October 2019).

29. Zille, A. Almeida, L. Garneiro, N. Esteves, M. Silva, J. and Souto, A. (2014), Application of nanotechnology in antimicrobial finishing of biomedical textiles, *Materials Research Express*, vol. 1, p. 032003.

30. Mykhailova, G. and Domres, E. (2013), Innovatsijni stratehii vyrobnytstva postil'nykh rechej, *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Tovaroznavstvo i torhovel'ne pidpriemnytstvo: stan, problemy, perspektyvy"*, KNTEU, Kyiv, Kviten 18-19, pp. 104-108.

Стаття надійшла до редакції 27 листопада 2019 р.