

PACS numbers: 81.05.Lg, 81.16.Fg, 83.80.Mc, 87.85.jf, 87.85.Rs, 87.85.M-

Нові технології ефективного захисту текстилю від мікробіологічних пошкоджень

І. А. Мартирисян¹, О. В. Пахолюк², Б. Д. Семак³,
О. З. Комаровська-Порохнявець⁴, В. І. Лубенець⁴, С. А. Памбук¹

¹Одеська національна академія харчових технологій,
вул. Канатна, 112,
65039 Одеса, Україна

²Луцький національний технічний університет,
вул. С. Ковальської, 29,
43008 Луцьк, Україна

³Львівський торговельно-економічний університет,
вул. Туган-Барановського, 10,
79000 Львів, Україна

⁴Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бендери, 12,
79013 Львів, Україна

В останні роки в обробному текстильному виробництві йде постійний пошук більш досконалих та екологічно безпечних засобів для антимікробного оброблення целюлозовмісних тканин різного цільового призначення. Адже проблема захисту текстильних матеріалів і виробів від мікробіологічної деструкції складна та багатогранна, та її успішне вирішення вимагає скоординованих і цілеспрямованих зусиль фахівців різного профілю. Особливо актуальним є пошук ефективних шляхів захисту від мікробіологічної деструкції текстильних матеріалів. І нині одним із таких способів захисту є надання текстильним матеріалам біоцидних властивостей, що не тільки запобігає розвитку та росту бактерій, але й може забезпечити високий рівень зносостійкості тканин. Одним із напрямів цієї роботи є впровадження нових видів біоцидних препаратів для надання целюлозовмісним тканинам одночасно біостійкості, атмосферостійкості й екологічної безпечності. Нами вперше вивчено можливість використання нових препаратів на основі тіосульфонатів для антимікробного захисту текстильних матеріалів. Обґрунтовано актуальність пошуку нових екологічних біоцидних препаратів для антимікробного оброблення текстильних матеріалів, зокрема для виготовлення спеціального одягу. Розроблено технологію надання антимікробних властивостей целюлозовмісним текстильним матеріалам

спеціального призначення. Експериментально встановлено мінімально дієву концентрацію біоцидних речовин тіосульфонатної структури для надання біостійкості. Обґрунтовано вибір критеріїв оцінки ефективності використання біоцидних препаратів тіосульфонатної структури для оброблення целюлозовмісних тканин і спеціального одягу з них. Визначено антимікробну активність біоцидних препаратів тіосульфонатної структури ЕТС, МТС та АТС. Встановлено, що величина зони затримки росту мікроорганізмів залежить не тільки від фізіологічної групи і виду бактерій- і грибів-біодеструкторів, але й від волокнистого складу тканини.

In recent years, there is a constant search for more advanced and environmentally friendly means for antimicrobial treatment of cellulose-containing tissues of various intended uses in the textile industry. After all, the problem of protecting textile materials and products from microbiological destruction is complex and multifaceted, and its successful solution requires the coordinated and purposeful efforts of specialists of various profiles. The particular relevance is a search for effective ways of protecting against microbiological destruction of textile materials. And today, one of such methods of protection is to provide textiles with biocidal properties, which not only prevents the growth of bacteria, but can also provide a high level of wear resistance of tissues. One of the directions of this work is the introduction of new types of biocidal preparations to provide cellulose-based materials at the same time with bioreistance, weather resistance, and environmental safety. We first study the possibility of using new preparations based on thiosulfonates for antimicrobial protection of textile materials. The actuality of search of new ecological biocidal preparations for antimicrobial treatment of textile materials, in particular for fabrication of special clothes, is substantiated. The technology of providing antimicrobial properties to cellulosic-textile materials of special purpose is developed. The minimum effective concentration of biocidal substances of the thiosulfonate structure has been experimentally established to provide bioreistance. The choice of criteria for assessing the effectiveness of using biocidal preparations of the thiosulfonate structure for processing cellulose-containing fabrics and special clothing from them is substantiated. Antimicrobial activity of biocidal preparations of thiosulfonate structure of ETS, MTS and ATS is determined. As revealed, the magnitude of delay in the growth zone of microorganisms depends not only on the physiological group and the type of the bacteria and fungi biodestructors, but also on the fibre composition of tissue.

В последние годы в текстильном производстве идёт постоянный поиск более совершенных и экологически безопасных средств для антимикробной обработки целлюлозосодержащих тканей различного целевого назначения. Ведь проблема защиты текстильных материалов и изделий от микробиологической деструкции — сложная и многогранная, и её успешное решение требует скоординированных и целенаправленных усилий специалистов различного профиля. Особенно актуальным явля-

ется поиск эффективных путей защиты от микробиологической де- струкции текстильных материалов. И сегодня одним из таких способов защиты является придание текстильным материалам биоцидных свойств, предотвращая при этом развитие и рост бактерий с одновре- менным обеспечением высокого уровня износостойкости тканей. Одним из направлений этой работы является внедрение новых видов биоцид- ных препаратов для придания целлюлозосодержащим тканям биостой- кости, атмосферостойкости и экологической безопасности. Нами впер- вые изучена возможность использования новых препаратов на основе тиосульфонов для антимикробной защиты текстильных материалов. Обоснована актуальность поиска новых экологических биоцидных пре- паратов для антимикробной обработки текстильных материалов, в частности для изготовления специальной одежды. Разработана техно- логия придания антимикробных свойств целлюлозосодержащим тек- стильным материалам специального назначения. Экспериментально установлена минимально эффективная концентрация биоцидных ве- ществ тиосульфонатной структуры для придания биостойкости. Обос- нован выбор критериев оценки эффективности использования биоцид- ных препаратов тиосульфонатной структуры для обработки целлюлозо- содержащих тканей и специальной одежды из них. Определена анти- микробная активность биоцидных препаратов тиосульфонатной струк- туры ЕТС, МТС и АТС. Установлено, что величина зоны задержки ро- ста микроорганизмов зависит не только от физиологической группы и вида бактерий- и грибов-биодеструкторов, но и от волокнистого состава ткани.

Ключові слова: целлюлозовмісні тканини, біостійкість, тіосульфонати, біоцид.

Keywords: cellulosic fabrics, bioresistance, thiosulfonates, biocide.

Ключевые слова: целлюлозосодержащие ткани, биостойкость, тиосуль- фонаты, биоцид.

(Отримано 3 липня 2019 р.)

1. ВСТУП

В останні роки в обробному текстильному виробництві йде пос- тійний пошук більш досконалих і екологічно безпечних техноло- гій використання наноматеріалів для антимікробного оброблення целлюлозовмісних текстильних матеріалів різного цільового при- значення. Зокрема, питанню розробки текстильних матеріалів з антимікробними властивостями присвячено багато праць вчених, якими встановлено, що захист натуральних текстильних матері- алів від біодеструкції можливий завдяки дії біоцидних речовин, а деякі з них навіть сприяють поліпшенню ужиткових властиво- стей [1–10].

Але, незважаючи на наявні розробки, сьогодні проблема мікробіологічної стійкості текстильних матеріалів, які експлуатуються в різних кліматичних зонах, залишається достатньо актуальною. Адже на світовому ринку до теперішнього часу переважають традиційні біоцидні препарати: хлорактивні, четвертинні амонійові сполуки, а також сполуки, які містять токсичні речовини міді, кадмію, олова, свинцю тощо. І разом з тим, є ряд проблем при створенні текстильних матеріалів із бактерицидними властивостями. Сучасні біоцидні речовини, хоча й пригнічують ріст більшості мікроорганізмів, але недостатньо ефективні, а деякі з них токсичні та небезпечні для людини і навколишнього середовища.

Відомо, що одним з найпоширеніших видів руйнування текстильних матеріалів під впливом навколишнього середовища є їхнє мікробіологічне пошкодження, яке відбувається внаслідок розвитку трьох основних типів мікроорганізмів: бактерій, актиноміцетів і грибів. Також відомий той факт, що на поверхні будь-якого текстильного волокна можна виявити мікрофлору, яка при високій відносній вологості повітря й оптимальній для свого розвитку температурі здатна з часом освоювати волокна в якості поживного субстрату і призводити до руйнування їх [1, 11].

Найбільш схильні до мікробіологічних пошкоджень текстильні матеріали на основі натуральних волокон — бавовняні, лляні та інші, які утилізуються сапрофітною мікрофлорою в колообігу біогенних речовин. Проте, і сьогодні проблема мікробіологічної стійкості текстильних матеріалів, які експлуатуються в різних кліматичних зонах, особливо з підвищеною вологою, зокрема в морських зонах, залишається достатньо актуальною [12–15].

Процес мікробіологічного розкладу рослинних волокон проходить по-різному і з різною інтенсивністю, залежно від умов зберігання й експлуатації готових виробів. Вплив мікроорганізмів зростає в результаті тривалого зберігання сировини й експлуатації готових виробів у вологих приміщеннях, при постійному контакті з ґрунтом або водою. Розвиток грибів у виробках виявляється у вигляді плям різного кольору, а саме, жовто-помаранчеві плями є результатом розвитку грибів *Oidium aurantiacum*, *Aspergillus flavus*, *A.ochraceus*, *A.glaucus*; зелені та оливково-зелені — *Penicillium crustosum*, *P.glaucum*, *Aspergillus versicolor*, *A.glaucus*, *A.fumigatus*, а також *Trichoderma viride* і роду *Botrytis*; червоні плями — *Aspergillus ruber*, *A.roseus*; фіолетові плями — гриби роду *Fusarium*; бронзові плями — гриби роду *Cladosporium* (*C.herbarum*); темно-бронзові та чорні плями — *Mucor mucedo*, *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger*, *A.terreus*, а також гриби родів *Stemphylium* і *Curvularia* [12, 13].

Надмірний ріст і розвиток мікроорганізмів різноманітний і небажаний, тому що з появою неприємного запаху, пліснявих плям чи зміни забарвлення вони можуть призвести до пониження ужиткових властивостей, зокрема зносостійкості текстильних матеріалів.

У зв'язку з цим сьогодні в усьому світі актуальним є пошук малотоксичних біоцидних препаратів [15–20], які не тільки вирішили б проблему захисту текстильних матеріалів і виробів від мікробіологічного руйнування, але й уможливили б підвищити якісні характеристики. І одним із нових перспективних екологічних розроблень в цьому напрямі сьогодні можна вважати біоцидні препарати тіосульфонатної структури, синтезовані на кафедрі технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка». Дані біоцидні препарати ефективно використовуються як біоциди для захисту лакофарбових товарів, добавки для захисту від біопшкодження мастильно-охолоджувальних рідин, біоцидна складова антикорозійної композиції для трубопроводів систем оборотного водопостачання, нафтопродуктів, будівельних матеріалів і конструкцій, альгіциди для захисту поверхонь, пакувальних матеріалів, для стерилізації культуральної рідини у біотехнологічних виробництвах тощо [21–24].

Тіосульфонатні біоциди ще не були апробовані в легкій промисловості, і нами вперше було вирішено експериментально дослідити антимікробні властивості даних препаратів для текстилю. Це продиктовано не тільки широким спектром дії тіосульфонатних сполук, але й спробою вирішити проблему пошуку малотоксичних та екологічних біоцидів [25, 26]. Дані препарати, на нашу думку, можуть ідеально підходити під термінологію «екологічні біоциди», оскільки вони є також діючою субстанцією для лікування різних мікозів шкіри й оніхомікозу нігтів, конкурентоздатного з нізоралом і клотримазолом. Екологічність та нешкідливість даних препаратів також підтверджено розробниками за результатами досліджень на щурах [25].

Враховуючи вищезазначене, логічно припустити, що дані препарати абсолютно нешкідливі для організму людини та навколишнього середовища, і має сенс експериментально доводити доцільність використання їх також і в текстильній промисловості, де тіло людини прямо контактує із тканинами.

Тому представляється доцільним досліджувати можливість використання нових препаратів на основі тіосульфонатів для антимікробного захисту текстильних матеріалів.

В даній роботі ми обмежилися постановкою та пошуком шляхів вирішення тільки деяких аспектів цієї багатогранної проблеми. Назвемо основні з них:

— вивчення можливості та обґрунтування доцільності використання нових типів антимікробних препаратів тіосульфонатної природи для надання одяговим бавовняно-поліефірним різнокомпонентним тканинам одночасно біостійкості та екологічної безпечності;

— використання досліджуваних тканин, модифікованих даними препаратами, для створення на їхній основі вітчизняного спеціального одягу для потреб портових робітників, рибалок, мисливців та інших.

Доцільність використання нових антимікробних препаратів для захисту текстильних матеріалів від мікробіологічних пошкоджень має базуватися на врахуванні наступних основних чинників:

— визначення наявності на досліджуваних одягових матеріалах і виробках мікроорганізмів (бактерій і грибів), які є основними біодеструкторами текстильних матеріалів і виробів;

— вибір та обґрунтування бактерій і тест-грибів, які спричиняють реальний процес пошкодження досліджуваних бавовняно-поліефірних одягових тканин;

— обґрунтування вибору критеріїв оцінки ефективності використання біоцидних препаратів тіосульфонатної структури для оброблення дослідних варіантів тканин і спеціального одягу з них.

Окрім цього, новітні біоцидні препарати мають:

1) забезпечувати високий і стабільний ефект біостійкості досліджуваного матеріалу при мінімальній його концентрації на волокні;

2) бути нетоксичними для людини при використанні їх у процесі оброблення тканин;

3) не мати негативного впливу на зміну механічних, фізичних та й естетичних властивостей досліджуваних текстильних матеріалів і виробів в процесі експлуатації їх;

4) бути зручними й економічними в процесі використання їх при загальному обробленні текстильних матеріалів;

5) забезпечувати заданий термін експлуатації спеціального одягу;

6) гарантувати високу конкурентоздатність апретированих цими препаратами текстильних одягових матеріалів і виробів;

7) бути економічно вигідним у використанні їх для вітчизняних текстильних підприємств.

При цьому слід врахувати вітчизняний і зарубіжний досвід використання подібних типів антимікробних обробних препаратів текстильного призначення за останні роки.

Слід зазначити, що в даній роботі ми обмежимося розглядом тільки тих літературних джерел, які безпосередньо пов'язані із

пошуком ефективних шляхів захисту целюлозовмісних одягових текстильних матеріалів від дії на них целюлоторуйнівальних і патогенних мікроорганізмів [27–30].

Авторами роботи [27] вивчено наявність і доведено доцільність використання тіосульфонатних препаратів не тільки для захисту від пошкоджень фітопатогенними мікроорганізмами, але й від волоконоруйнівальних мікроорганізмів текстилю, враховуючи широкий спектр антимікробної дії названих препаратів.

Встановлено, що препарати ЕТС, МТС і АТС за комплексом своїх експлуатаційних властивостей відповідають сучасним вимогам антимікробних препаратів текстильного призначення, і вони можуть бути рекомендовані для ефективного захисту від мікробіологічних пошкоджень текстильних матеріалів і виробів різного цільового призначення та волокнистого складу, особливо із вмістом целюлозних волокон.

Автором роботи [28] розроблено й обґрунтовано сучасну наукову класифікацію антимікробних препаратів текстильного призначення. Дано обґрунтування сфер застосування цих препаратів у текстильному виробництві. Основну увагу приділено наступним видам цих препаратів:

- мідь, олово, цинк, фтор та ртутьвмісні препарати;
- солі срібла, хромати, похідні ундециленової кислоти, саліциланілід;
- нафтенати, похідні сечовини, похідні фенолу;
- катамін, метацид та інші.

В роботі [29] вивчено можливість і обґрунтовано доцільність широкого використання поліфункціональних кремнійорганічних, фторорганічних і карбамольних обробних препаратів для надання текстильним матеріалам одягового, взуттєвого та технічного призначення одночасно декількох бажаних властивостей (біо- та атмосферостійкості, водотривкості й інших експлуатаційних властивостей). Дано порівняльну характеристику матеріалів, оброблених традиційними та поліфункціональними препаратами. Вивчено доцільність сучасного використання традиційних біоцидів та названих поліфункціональних препаратів. Розкрито роль біоцидного оброблення текстильних матеріалів у визначенні термінів їхнього зношування. Сформульовано концепцію формування заданої зносостійкості та формостійкості текстильних матеріалів, модифікованих антимікробними препаратами різної хемічної будови. Розкрито роль основних способів оброблення текстильних матеріалів у формуванні їхньої зносостійкості, формостійкості, гігієнічності й екологічної безпечності. Сформульовано та обґрунтовано вимоги до формування асортименту, властивостей, рівня якості та безпечності екотекстилю. Запропоновано алгоритм формування асортименту, рівня якості та безпечності еко-

текстилю. Значну увагу приділено пошуку нових ефективних способів захисту текстилю від мікробіологічної деструкції [30].

Метою нашої роботи є обґрунтування доцільності використання нових препаратів тіосульфонатної структури для антимікробного оброблення бавовняно-поліефірних тканин спеціального призначення.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕТОДИКА

Використовуючи для антимікробного оброблення досліджуваних тканин нові типи біоцидних препаратів тіосульфонатної структури ЕТС, МТС, АТС, авторами ставилися наступні завдання:

- пригнічення розвитку на досліджуваних тканинах і спеціальному одязі з них шкідливих для людини умовно-патогенних і волоконоруйнівальних мікроорганізмів;

- ефективний захист названих тканин і одягу з них від мікробіологічної деструкції в процесі експлуатації їх.

Об'єктами досліджень при вирішенні поставлених завдань були бавовняно-поліефірні одягові тканини, заправні дані яких наведено в табл. 1.

Антимікробне оброблення бавовняно-поліефірних одягових тканин проведено за наступною методикою. Зразки тканин просочувалися спирто-водним розчином (60/40) препаратів ЕТС, МТС і АТС у плюсовці за кімнатної температури і відносної вологості повітря у 63–65%. Потім ці зразки тканин відтискали на плюсовці до залишкової вологості у 6–8% і висувували за температури у 75, 60 і 50°C відповідно. Дієва концентрація препаратів ЕТС, МТС і АТС складала 0,05–0,5%; при цьому, опираючись на результати попередніх досліджень, можна стверджувати, що для захисту тканин від мікробіологічного руйнування мінімально дієва концентрація складає 0,05%, але при застосуванні 0,5% розчинів спостерігається ліпший фунгібактерицидний ефект, що уможливорює подовжити тривалість антимікробної дії після багаторазового прання.

У дослідженнях були використані культури грибів, що депоновані в Національному центрі штамів мікроорганізмів ДНКІВШМ: *Trioderma viride* Pers. ex S.F. Gray, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Penicillium funiculosum* Thom, *Paecilomyces variotii* Bainier, *Chaetomium globosum* Kunze. Активність сполук визначали суспензійною метою. Культури грибів вирощували на бульйоні Сабуро протягом 2 діб і витримували 3–5 днів у темному місці, після чого виготовляли суспензію спор у фізіологічному розчині з клітинним навантаженням у $2 \cdot 10^9$ КУО/мл за оптичним стандартом каламутності (Денсиламетр, Брно, Чехія). Готували 0,5% розчини досліджуваних сполук, які вносили у пробірки з

ТАБЛИЦЯ 1. Характеристика заправних даних досліджуваних тканин.¹

№ варіанту	Сировинний склад, %	Лінійна густина, T, текс		Вид переплетення	Густина P — число ниток на 100 мм		Поверхнева густина, г/м ²	Барвник
		основа	уток		основа	уток		
1	бавовна — 100%	49	38	Саржеве	307	292	245	Прямий оранжевий Indosol
2	бавовна — 50% поліефір — 50%	42	25	Саржеве	292	220	245	Дисперсний «Foron» RD-SN
3	бавовна — 35% поліефір — 65%	40	23	Саржеве	278	227	220	Оптичний відбілювач CBS-X (OBA 351)
4	бавовна — 20% поліефір — 80%	31	27	Комбіноване	247	198	220	Дисперсний зелений «Foron» Green — S

середовищем Сабуро, з подальшими трикратними серійними розведеннями до 0,0002%. Інокуляцію проводили шляхом додавання у кожну пробірку суспензії тест-гриба з клітинним навантаженням у середовищі у 10⁶ КУО/мл, перемішували вміст, скошували на штативі для збільшення площі аерації. Інкубацію проводили в термостаті за температури у 28°C. Повторюваність досліду — триразова. Облік розвитку тест-культур проводили щоденно впродовж двох тижнів. Визначали наявність або відсутність росту порівняно з контролем, яким було рідке поживне середовище без досліджуваної сполуки.

Показники мінімальної бактерицидної/фунгіцидної концентрації (МБК/МФК) та мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) сполук вивчали за допомогою методи серійних розведень за стандартною методикою.

Дослідження бактеріостійкості та грибостійкості зразків тканин здійснювали за стандартною методикою [31]. Зразки тканин (20×20 мм) попередньо обробляли тіосульфоестерами (контрольні зразки тканин не містили тіосульфонатів). Для досліду використовували стерильні середовища — м'ясо-пептонний агар (МПА) для бактерій і сусло-агар (СА) для грибів. У випробуваннях ви-

користували наступні види мікроорганізмів: бактерії *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium luteum* та гриби *Candida tenuis*, *Aspergillus niger*, які здебільшого руйнують текстильні волокна. Для цього у чашки Петрі наливали стерильне й охолоджене до 40–45°C агаризоване середовище, у яке попередньо інокулювали суспензію мікроорганізмів (мікробне навантаження: бактерій — 10^9 КУО/мл; спор грибів — 10^7 КУО/мл). Виготовлені зразки занурювали у агаризоване середовище, чашки з дослідними та контрольними зразками інкубували в термостаті 24–48 год. за температури у 37°C для пророщення бактерій та 48–72 год. за температури 28–30°C — для грибів.

Оцінку величини антимікробного ефекту на досліджуваних бавовняно-поліефірних одягових тканинах після оброблення їх препаратами ЕТС, МТС та АТС проводили за критерієм зменшення зони росту колоній мікроорганізмів (у [мм]) на досліджуваних тканинах.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Показники мінімальної концентрації біоцидних препаратів тіосульфонатної структури для фунгіцидного (А) та фунгістатичного (Б) оброблень бавовняно-поліефірних одягових тканин для захисту їх від біодеструкції волоконоруйнівними мікроорганізмами наведено в табл. 2.

Встановлено, досліджувані сполуки проявили вибірккову дію стосовно різних культур грибів. Зокрема, найбільш ефективною сполукою, що виявила фунгістатичний ефект за концентрації у 0,006%, щодо більшості тест-культур є ЕТС. Дещо нижчі показники фунгіцидної дії спостерігаються при дії МТС та АТС, проте за концентрації у 0,003% виявилася мінімальна фунгістатична

ТАБЛИЦЯ 2. Мінімальна концентрація біоцидних препаратів тіосульфонатної структури для фунгіцидного (А) та фунгістатичного (Б) оброблень бавовняно-поліефірних одягових тканин.²

Вид мікроорганізмів	Мінімальна дієва концентрація, %					
	ЕТС		МТС		АТС	
	А	Б	А	Б	А	Б
<i>Trichoderma viride</i>	0,055	0,006	0,055	0,012	0,025	0,012
<i>Aspergillus niger</i>	0,055	0,0185	0,05	0,008	0,05	0,008
<i>Penicillium funiculosum</i>	0,0185	0,006	0,0185	0,006	0,0185	0,006
<i>Paecilomyces variotii</i>	0,0185	0,006	0,0625	0,003	0,625	0,003
<i>Chaetomium globosum</i>	0,055	0,006	0,055	0,006	0,12	0,03

дія щодо *Paecilomyces variotii*.

З метою підбору ефективної мінімальної інгібуючої, бактерицидної та фунгіцидної концентрацій досліджуваних речовин для подальшого оброблення тканинних зразків встановлено показники МІК, МБК і МІК тіосульфатних сполук методом серійних розведень. Результати цих досліджень представлено у табл. 3 і 4.

За аналізом результатів протигрибкової активності прослідковується найбільш ефективна фунгістатична дія досліджуваних сполук на ріст дріжджів *Candida tenuis* (МІК становила 1,9–3,9 мкг/мл). Проте, найістотнішу фунгіцидну дію щодо *C.tenuis*, *A.niger* виявив ЕТС.

Наступним етапом досліджень було вивчення бактеріостійкості та грибостійкості зразків тканин, оброблених ЕТС, МТС та АТС за концентрації у 0,5%.

Інгібуюча дія характеризується тим, що над зразком тканини ріст популяції мікроорганізмів відсутній. Ефективна дія характеризується тим, що навколо тканини є зона повної затримки, що переходить у зону сильної затримки та потім у зону часткової затримки розвитку мікроорганізмів.

Одержані результати досліджень наведено на рис. 1.

ТАБЛИЦЯ 3. Показники мінімальної бактерицидної концентрації (МБК) і мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) сполук за методом серійних розведень.³

Сполука	Культури бактерій					
	<i>Escherichia coli</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Mycobacterium luteum</i>	
	МІК, мкг/мл	МБК, мкг/мл	МІК, мкг/мл	МБК, мкг/мл	МІК, мкг/мл	МБК, мкг/мл
ЕТС	62,5	62,5	31,2	62,5	15,6	31,2
МТС	62,5	125,0	31,2	62,5	7,8	31,2
АТС	31,2	62,5	3,9	31,2	3,9	7,8

ТАБЛИЦЯ 4. Показники мінімальної фунгіцидної концентрації (МФК) і мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) сполук за методом серійних розведень.⁴

Сполука	Культури грибів			
	<i>Candida tenuis</i>		<i>Aspergillus niger</i>	
	МІК, мкг/мл	МФК, мкг/мл	МІК, мкг/мл	МФК, мкг/мл
ЕТС	1,9	7,8	7,8	62,5
МТС	3,9	7,8	31,2	62,5
АТС	3,9	7,8	15,6	62,5

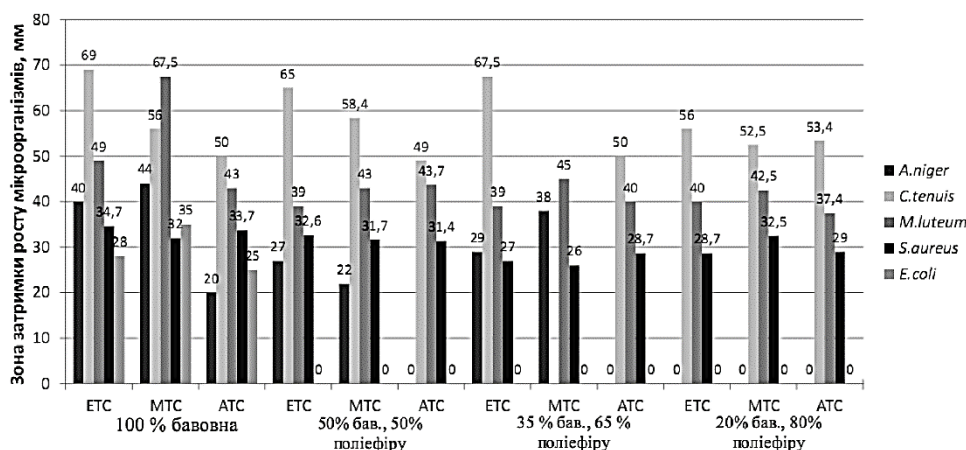


Рис. 1. Антимікробна активність целюлозовмісних тканин, оброблених препаратами ЕТС, МТС та АТС.⁵

На рисунку 1 дано порівняльну характеристику зони затримки росту деяких видів целюлоруйнувальних і умовно-патогенних бактерій, цвілевого та дріжджового грибів на бавовняно-поліефірних одягових тканинах в результаті антимікробного оброблення них препаратами ЕТС, МТС та АТС. Згідно з результатами досліджень та аналізу даних рис. 1, нами встановлено, що обрані нами для антимікробного оброблення бавовняно-поліефірних одягових тканин тіосульфатні препарати ЕТС, МТС та АТС вибірково гальмують життєдіяльність наявних на цих тканинах мікроорганізмів. Про це переконливо свідчать числові значення показників зони затримки росту колоній тест-культур обраних бактерій і грибів.

Дані рисунку 1 демонструють певну антимікробну активність досліджуваних біоцидних препаратів, яка більшою мірою проявилася проти *C. tenuis*, *M. luteum*, дещо меншою — проти *S. aureus* на всіх тканинах. Але слід зазначити, що ця активність дещо знижується паралельно із зниженням вмісту бавовни в них. Особливо слід відзначити відсутність антигрибкової активності усіх досліджуваних сполук на зразку № 4 — тканині із найменшим вмістом бавовни та АТС на тканині із вмістом бавовни у 35%.

Винятком є наявність росту *A. niger* на зразку № 3, обробленим АТС, та № 4, обробленим МТС, інтенсивність якого дорівнювала 50% від росту навколо зразка. На розвиток *Escherichia coli* присутність усіх трьох біоцидних речовин тіосульфатної структури позначилася лише на бавовняній тканині, і зона затримки росту цієї культури була найменшою.

При цьому встановлено, що величина зони затримки росту обраних тест-культур мікроорганізмів залежить не тільки від тіосульфату, обраного для оброблення досліджуваних тканин, і їхньої концентрації на волокні, але й від фізіологічної групи та виду бактерій- і грибів-біодеструкторів, які знаходяться на тканині, а також волокнистого складу самих тканин (відповідного співвідношення бавовняних і поліефірних волокон у досліджуваних тканинах).

Так, наприклад, при аналізі результатів на зразку № 3 із вмістом волокон бавовни у 35% та поліефіру у 65% спостерігається наступне: на інгібування росту бактерій *Mycobacterium luteum* і *Staphylococcus aureus* впливають всі обрані сполуки — ЕТС, МТС та АТС, проте бактерицидний ефект щодо *Escherichia coli* спостерігається тільки від ЕТС.

Що стосується росту колоній грибів *A.niger* і дріжджових грибів *C.tenuis* на даній тканині, то фунгістатична дія спостерігається тільки за дії ЕТС і МТС (рис. 1).

Зокрема, нами було встановлено, що грибостійкість зразка № 1 (100% бавовна), обробленого ЕТС і МТС, зберігається протягом тривалого часу в порівнянні з контрольним зразком, який вже на другу добу інкубації повністю був уражений міцелієм *A.niger* (рис. 2).

Для обґрунтування доцільності використання для антимікробного оброблення досліджуваних тканин окремих видів тіосульфатних сполук нами було зіставлено показники зон затримки росту всіх обраних нами тест-культур бактерій і грибів на прикладі чистобавовняної (зразок № 1) і бавовняно-поліефірної (20/80%) тканин (зразок № 4). В результаті встановлено:

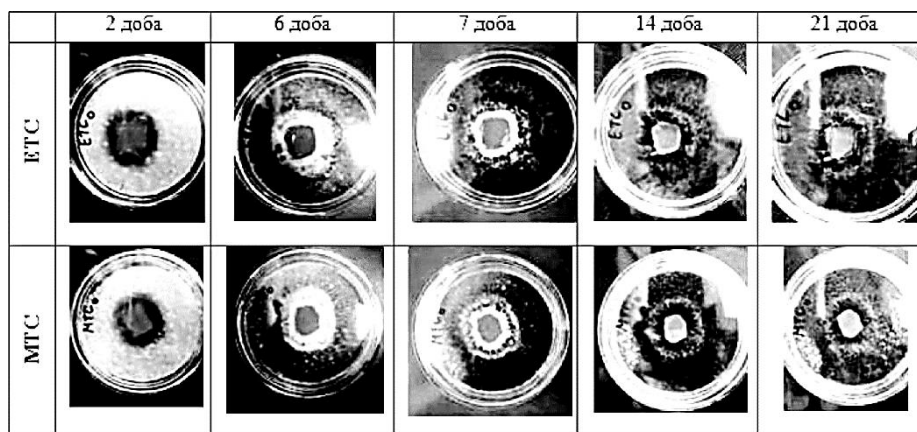


Рис. 2. Грибостійкість зразка № 1, обробленого ЕТС і МТС в концентрації у 0,5% щодо *Aspergillus niger*.⁶

— на чистобавовняній тканині найбільш дієвим для інгібування росту тест-культур бактерій і грибів виявився ЕТС;

— на бавовняно-поліефірній тканині (20% бавовни і 80% поліефіру) ЕТС придатний для пригнічення росту обраних тест-культур (окрім *E.coli*).

Як видно із зіставлення показників зони затримки росту мікроорганізмів на бавовняно-поліефірних одягових тканинах в результаті оброблення їх сполуками ЕТС, МТС та АТС, ліпший ефект біостійкості досягається на чистобавовняних і змішаних тканинах з домінувальним вмістом бавовняних волокон.

4. ВИСНОВКИ

Вивчено можливість і обґрунтовано доцільність використання у вітчизняному текстильному виробництві тіосульфонатних обробних препаратів ЕТС, МТС і АТС для антимікробного оброблення бавовняно-поліефірних одягових тканин з метою ефективного захисту їх від біодеструкції целюлозоруйнівальними та патогенними мікроорганізмами.

Встановлено, що величина зони затримки росту обраних тест-культур мікроорганізмів залежить не тільки від обраного тіосульфонатного препарату, обраного для оброблення досліджуваних тканин, і їхньої концентрації на волокні, але й від фізіологічної групи та виду бактерій- і грибів-біодеструкторів.

Основною перевагою біоцидних препаратів тіосульфонатної структури є те, що використання їх гарантує досягнення на бавовняно-поліефірних одягових тканинах високої та стабільної біостійкості без погіршення їхньої гігієнічності й екологічної безпеки.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА—REFERENCES

1. I. S. Galik and B. D. Semak, *Problems of Formation and Evaluation of Ecological Safety of Textiles* (Lviv: 2014) (in Ukrainian); І. С. Галік, Б. Д. Семак, *Проблеми формування та оцінки екологічної безпеки текстилю* (Львів: 2014).
2. R. L. Gettings and B. L. Triplett, *American Association of Textile Chemists and Colorists Book of Papers* (Research Triangle Park, NC: 1978), p. 259.
3. P. A. Glubish et al., *High-Tech, Competitive and Environmentally Oriented Fibrous Materials and Products from Them* (Kyiv: Ariste: 2007) (in Ukrainian); П. А. Глубиш та ін., *Високотехнологічні, конкурентоспроможні та екологічно орієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них* (Київ: Арісте: 2007).
4. G. E. Krichevskiy, *Nano-, Bio-, Khimicheskie Tekhnologii v Proizvodstve Novogo Pokoleniya Volokon, Tekstilya i Odezhdy* (Moscow: Izvestiya: 2011) (in Russian).

5. A. Zille, L. Almeida, T. Amorim, N. Carneiro, M. F. Esteves, C. J. Silva, and A. P. Souto, *Mater. Express. Res.*, **1**: 032003 (2014).
6. A. Hanczvikkel, A. Vig, and A. Toth, *J. Ind. Text.*, **48**, No. 7: 1113 (2019); <https://doi.org/10.1177/1528083718754901>.
7. H. E. Emam, *3 Biotech.*, **9**, No. 1: 29 (2019); [10.1007/s13205-018-1562-y](https://doi.org/10.1007/s13205-018-1562-y).
8. R. Dastjerdi and M. A. Montazer, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, **79**: 5 (2010); <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.03.029>.
9. A. Farouk, S. Moussa, M. Ulbricht, and T. Textor, *Int. J. Carbohydr. Chem.*, **2012**: 693629 (2012); <http://dx.doi.org/10.1155/2012/693629>.
10. C. Zhou, M. Wang, K. Zou, J. Chen, Y. Zhu, and J. Du, *ACS Macro Lett.*, **2**: 1021 (2013); <https://doi.org/10.1021/mz400480z>.
11. I. A. Martirosyan and O. V. Pakholiuk, *International Multidisciplinary Conference 'Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland'* (2018) (in Ukrainian).
12. I. A. Martirosyan and O. V. Pakholiuk, *Materials of the 5th International Scientific and Practical Conference 'Innovations in the Management of Assortment, Quality and Safety of Goods and Services'* (2018) (in Ukrainian).
13. A. Upadhyay, I. Upadhyaya, A. Kollanoor-Johny, and K. Venkitanarayanan, *BioMed Res. Int.*, 761741 (2014); doi: [10.1155/2014/761741](https://doi.org/10.1155/2014/761741).
14. I. A. Martirosyan and O. V. Pakhluk, *Materials of the International Scientific and Practical Conference of the Applicants of Higher Education and Young Scientists 'Youth-Science and Production-2018: Innovative Technologies of Light Industry'* (2018) (Ukrainian).
15. E. Pakholiuk, I. Martirosyan, V. Lubenets, and O. Peredriy, *Technological Complexes*, **1**, No. 15: 52 (2018).
16. I. C. Gouveia, *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology* (Ed. A. Méndez-Vilas) (Badajoz: Formatex Res Center: 2010), p. 407.
17. M. Saleem, M. Nazir, M. S. Ali, H. Hussain, Y. S. Lee, N. Riaz, and A. Jabbar, *Nat. Prod. Rep.*, **27**: 238 (2010); doi: [10.1039/B916096E](https://doi.org/10.1039/B916096E).
18. M. B. Kasiri and S. Safapour, *Environ. Chem. Lett.*, **12**: 1 (2014).
19. M. Shahid and F. Mohammad, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **52**: 5245 (2013); <https://doi.org/10.1021/ie303627x>.
20. M. F. Khurshid, M. Ayyoob, M. Asad, S. N. H. Shah, *Fibres Tex. East. Eur.*, **23**: 120 (2015); doi: [10.5604/12303666.1172176](https://doi.org/10.5604/12303666.1172176).
21. V. I. Lubenets, *Ukrainskii Khimicheskii Zhurnal*, **69**, Nos. 7–8: 114 (2003).
22. V. Lubenets, N. Stadnytska, D. Baranovych, S. Vasylyuk, O. Karpenko, V. Havryliak, and V. Novikov, *Fungal Infection* (IntechOpen: 2019); doi: [10.5772/intechopen.84436](https://doi.org/10.5772/intechopen.84436).
23. B. G. Boldarev, T. K. Bilozor, R. I. Vlyazlo, A. I. Kozharskiy, V. I. Lubenets, O. V. Luzhetskaya et al., *Biopovrezhdeniya v Promyshlennosti: Mezhvuz. Sbornik* (Gorkiy: Izd. Gorkiy Gos. Univ.: 1983), p. 44 (in Russian).
24. V. Lubenets, O. Karpenko, M. Ponomarenko, G. Zahoriy, A. Krychkovska, and V. Novikov, *Chem. Chem. Technol.*, **7**, No. 2: 119 (2013).
25. A. Z. Pylypets, R. Y. Iskra, V. V. Havryliak, A. V. Nakonechna, V. P. Novikov, and V. I. Lubenets, *Ukr. Biochem. J.*, **89**, No. 6: 56 (2017); doi: <https://doi.org/10.15407/ubj89.06.056>.
26. V. I. Lubenets, V. V. Havryliak, A. Z. Pylypets, and A. V. Nakonechna, *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, **9**, No. 4: 52 (2018).

27. O. V. Pakholiuk, I. A. Martirosyan, and V. I. Lubenets, *Herald of Khmelnytskyi National University*, Pt. 2, Iss. 6 (267): 94 (2018) (in Ukrainian).
28. I. S. Galik and B. D. Semak, *Herald of the Kiev National University of Technology and Design*, 3: 111 (2012) (in Ukrainian).
29. O. V. Pakholiuk, G. O. Pushkar, I. S. Galik, and B. D. Semak, *Herald of Khmelnytskyi National University*, 1: 100 (2019); doi: [10.31891/2307-5732-2019-269-1-100-104](https://doi.org/10.31891/2307-5732-2019-269-1-100-104) (in Ukrainian).
30. I. S. Galik and B. D. Semak, *Herald of Khmelnytskyi National University*, 4: 108 (2013) (in Ukrainian).
31. ISO 20645:2009 - Textile Fabrics. Determination Method of Antibacterial Activity Agar Diffusion Plate Test (ISO 20645:2004, IDT).

¹Odesa National Academy of Food Technologies,
112 Kanatna Str.,
65039 Odesa, Ukraine

²Lutsk National Technical University,
29 S. Kovalevska Ave.,
43008 Lutsk, Ukraine

³Lviv University of Trade and Economics,
10 Tugan-Baranovsky Str.,
79000 Lviv, Ukraine

⁴Lviv Polytechnic National University
12 S. Bandery Str.,
79013 Lviv, Ukraine

¹ **TABLE 1.** Characteristics of source data of investigated fabrics.

² **TABLE 2.** Minimum concentration of biocidal preparations of the thiosulfonate structure for fungicidal (A) and fungistatic (B) treatment of cotton–polyester clothing fabrics.

³ **TABLE 3.** Indices of minimum bactericidal concentration (MBC) and minimum inhibitory concentration (MIC) of compounds by serial dilutions.

⁴ **TABLE 4.** Indices of minimum fungicidal concentration (MFC) and minimum inhibitory concentration (MIC) of compounds by serial dilutions.

⁵ **Fig. 1.** Antimicrobial activity of cellulose-containing tissues treated with preparations of ETS, MTS and ATS.

⁶ **Fig. 2.** The funginertness of sample number 1, treated by ETS and MTS with concentration 0.5% to *Aspergillus niger*.