

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технологій і дизайну

Кафедра хімії та хімічної інженерії

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОТИМІКРОБНИХ ЗАСОБІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Галузь знань 16 – «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність 161 – «Хімічні технології та інженерія»

Освітня програма – «Хімічна технологія та інженерія»

ДРХТІ. 20001.00.00.00

Виконав: здобувач 2 курсу група ХТІм-21-1

Людмила МАЛАЦУК

Керівник

15.12.2022

Тетяна ІВАНІШЕНА

Нормоконтролер

18.12.2022

Олександр СТРЕМЕЦЬКИЙ

До захисту допускаю:

22.12.2022

Ольга ПАРАСКА

Зав. кафедри хімії та хімічної інженерії

22.12.2022 р.

Хмельницький 2022

## ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Технологій і дизайну

Кафедра Хімії та хімічної інженерії

Освітній рівень Магістр

Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

Спеціалізація Хімічні технології та інженерія

Освітня програма Хімічна технологія та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. т. н., доц. Ольга ПАРАСКА

1 липня 2022 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Малашук Людмили Василівни

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи Дослідження фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів вітчизняного виробництва

Керівник роботи к. т. н., доц. Іванішена Тетяна Володимирівна

Прізвище, ім'я, по батькові

Затверджено наказом ректора університету від 1 липня 2022 р. № 83

2. Термін подання здобувачем роботи на кафедру 22 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Звіт з переддипломної практики. Методичні рекомендації щодо підготовки та виконання кваліфікаційної роботи магістра студентами спеціальностей 102 «Хімія» і 161 «Хімічні технології та інженерія». Стандарти ХНУ Текстові документи. Загальні вимоги СОУ 201.01:2017, СОУ 202.02:2017.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз стану виробництва і застосування вітчизняних протимікробних засобів. Асортимент і класифікація сучасних протимікробних засобів. Показники фізико-хімічних властивостей вітчизняних протимікробних засобів

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 10 слайдів програми презентації Power Point

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: Дослідження фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів вітчизняного виробництва

Автор роботи – здобувач гр. ХТІм –21–1

Людмила МАЛАЩУК

Керівник роботи – к. т. н, доцент

Тетяна ІВАНІШЕНА

Обсяг магістерської роботи 81 сторінка, 13 таблиць, 11 рисунків, 52 джерел посилання, графічної частини 10 слайдів виконаних у програмі презентації.

Ключові слова: протимікробні засоби, дезінфектанти, антисептики, властивості.

Мета кваліфікаційної роботи – визначення та аналіз фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів. Об'єкт дослідження – протимікробні засоби вітчизняного виробництва. Предмет дослідження – фізико-хімічні властивості протимікробних засобів.

В роботі проведено комплексні дослідження фізико-хімічних властивостей та особливості застосування вітчизняних протимікробних засобів. Здійснена порівняльна оцінка ефективності дії протимікробних засобів з урахуванням екологічних, технологічних, економічних показників. Підтверджено, що застосування протимікробних препаратів, сприяє підвищенню гігієнічних властивостей текстильних виробів.

Визначено кількісні та якісні показники ефективності дії протимікробних препаратів при різному мікробному навантаженні з урахуванням мінімальної бактеріостатичної (МБсК), мінімальної бактеріоцидної (МБцК), – мінімальної фунгістатичної (МФсК); мінімальної фунгіцидної (МФцК) концентрацій. Проведено токсикологічну оцінку впливу протимікробних препаратів на живі організми.

Здобувачка групи ХТІм –21–1

Людмила МАЛАЩУК

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ПРОТИМІКРОБНИХ ЗАСОБІВ.....	10
1.1 Аналіз стану виробництва і застосування сучасних протимікробних засобів.....	10
1.3 Асортимент і класифікація протимікробних засобів.....	17
1.3 Механізм взаємодії мікроорганізмів з протимікробними засобами.....	20
1.4 Особливості протимікробної обробки текстильних виробів.....	24
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ, ЗАГАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1 Характеристика використаних речовин та об'єктів дослідження.....	29
2.2 Визначення протимікробної дії та екологічного впливу на довкілля та живі організми протимікробних засобів.....	31
2.3 Методики визначення властивостей текстильних матеріалів після обробки протимікробними засобами .....	35
2.4 Статистична обробка експериментальних даних.....	37
3 ОЦІНКА ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОТИМІКРОБНИХ ЗАСОБІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ.....	40
3.1 Аналіз фізико-хімічних властивостей вітчизняних протимікробних засобів.....	40
3.2 Оцінка ефективності дії протимікробних засобів вітчизняного виробництва.....	49
3.3 Дослідження впливу протимікробних засобів вітчизняного виробництва на споживні властивості текстильних матеріалів.....	57

3.4 Аналіз екологічного навантаження від використання протимікробних засобів вітчизняного виробництва.....	69
3.5 Математична обробка та статистичний аналіз результатів експериментів .....	70
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	75

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

МБсК – мінімальна бактеріостатична концентрація;

МБцК – мінімальна бактеріоцидна концентрація;

МФсК – мінімальна фунгістатична концентрація;

МФцК – мінімальна фунгіцидна концентрація;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ЗЗРК – зона затримки росту газону культури;

ТДР – текстильно-допоміжна речовина;

ПАР – поверхнево-активна речовина;

ЄС – європейський союз;

ККМ – критична концентрація міцело утворення;

КОУ – колонієутворюючі одиниці;

КШТ – кишково-шлунковий тракт;

ВМС – високо молекулярні сполуки.

## ВСТУП

Застосування протимікробних засобів є важливою вимогою для підтримки санітарно-гігієнічних умов для споживачів. Такі розчини запобігають розвитку шкідливих бактерій і вірусів, знижують ймовірність зараження інфекційними захворюваннями. Спалах COVID-19, військові дії на території України мають значний вплив на підвищення попиту до протимікробних засобів [1, 2]. Щоб задовольнити зростаючий світовий попит на протимікробні препарати ВООЗ закликала промисловість і уряди розширити виробництво протимікробних засобів [3]. Наприклад, за даними Федерального статистичного відомства Німеччини, у 2020 році попит на протимікробні засоби зріс у зв'язку з пандемією корона вірусу та було вироблено на 80% більше засобів гігієни, ніж за той самий період минулого року. Крім того, в процесі створення протимікробних засобів використовують унікальні та нові технології для розробки, виробництва та продажу продуктів різноманітним кінцевим споживачам на основі рівня захисту, необхідного для різних ризиків роботи [1, 4, 5].

У листопаді 2020 року Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA) [6] США схвалило протимікробний засіб 3M TB Quat для SARS-CoV-2, який є готовим до використання очисником. Лабораторне випробування третьою стороною протимікробного засобу TB Quat, готового до використання, на твердих непористих поверхнях із періодом контакту 60 секунд довело ефективність протимікробного засобу проти вірусу. У результаті очікується, що найближчим часом зростання ринку прискориться. Більше того, у січні 2021 року 5 засобів для чищення дому SC Johnson [1, 4] були додані до списку ефективних протимікробних засобів для боротьби з SARS-CoV-2 Health Canada.

При створенні антисептиків необхідно поєднувати баланс між протимікробною дією та безпечністю їх застосування. Це дуже непросте завдання, оскільки ці дві функції зазвичай протиріччють одна одній.

Важлива проблема при створенні нових протимікробних засобів – взаємодія фахівців з хімічної технології та інженерії, медицини, фармації,

біотехнології, легкої промисловості, міжнародного бізнесу і споживачів. Це системна проблема, яка вирішується дуже важко. Крім того, поширення технологічних інновацій потребує тривалого часу [7].

Слід зазначити, що у виробництві протимікробних засобів важливими є соціально-екологічні аспекти. Наприклад, порушуються питання використання безпечних компонентів у виробництві, а також способи протимікробної обробки поверхонь, оскільки антисептики забезпечують загальний захист від зараження, допомагають зменшити частоту захворювань та утримувати бактеріальні і мікробні утворення від потрапляння в організм людини. [1, 2, 4, 5].

Таким чином, актуальним є дослідження фізико-хімічних властивостей наявних препаратів для протимікробної обробки поверхонь, що дозволить підвищити якість дезінфекції поверхонь, безпеку процесу, розширити асортимент та способи застосування препаратів вітчизняного виробництва.

Тому, мета кваліфікаційної роботи – визначення та аналіз фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів.

Об'єкт дослідження – протимікробні засоби вітчизняного виробництва.

Предмет дослідження – фізико-хімічні властивості протимікробних засобів.

Для досягнення поставленої мети заплановано вирішити наступні завдання:

- проаналізувати тренди виробництва та застосування протимікробних засобів;

- науково обґрунтувати взаємозв'язок фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів з технологічними властивостями процесу протимікробної обробки і конкретним призначенням препаратів;

- визначити кількісні та якісні характеристики процесу протимікробної обробки, дослідити їх вплив на споживні властивості текстильних виробів;

- дослідити, регулювати і оптимізувати властивості протимікробних засобів залежно від конкретних вимог до них, враховуючи умови і галузь їх використання.

Наукова новизна результатів дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні комплексного впливу фізико-хімічних властивостей

протимікробних речовин на покращення якості дезінфекції та екологічної безпеки процесу.

Практична цінність результатів дослідження – визначено кількісні та якісні показники ефективності дії вітчизняних протимікробних засобів при різному мікробному навантаженні з урахуванням мінімальної бактеріостатичної (МБсК), мінімальної бактеріоцидної (МБцК), – мінімальної фунгістатичної (МФсК); мінімальної фунгіцидної (МФцК) концентрацій.

Отже, дослідження кваліфікаційної роботи спрямовані на вирішення актуальних соціально-економічних проблем за рахунок безпечного використання природних ресурсів (sustainability), розрахованого на довгострокову перспективу і урахування факторів, що забезпечують екологічну та соціальну безпеку використання протимікробних засобів вітчизняного виробництва для потреб споживачів.

## 1 ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ПРОТИМІКРОБНИХ ЗАСОБІВ

### 1.1 Аналіз стану виробництва і застосування сучасних протимікробних засобів

Обсяг виробництва світового ринку протимікробних засобів у 2021 році оцінювався в 34,9 мільярда доларів США, і очікується, що з 2022 по 2030 рік річний темп зростання складе 10,1 % [1, 3]. Збільшення поширеності таких захворювань, як тиф, холера, гепатит А, харчове отруєння та лихоманка Денге, головним чином через відсутність чистоти, є одним із головних факторів, які сприятимуть зростанню ринку. Наприклад, згідно зі звітом, опублікованим ВООЗ у 2022 році, за останні два десятиліття кількість випадків лихоманки Денге, зросла більш ніж у 8 разів. Такі захворювання в основному викликані вірусами, бактеріями та мікробами, які розмножуються при порушенні санітарно-гігієнічних вимог. Пандемія COVID-19, а також загальне збільшення госпіталізацій у всьому світі підвищили попит на протимікробні засоби. Світові тенденції виробництва протимікробних засобів у період з 2020 до 2030 року наведено на рисунку 1.1.

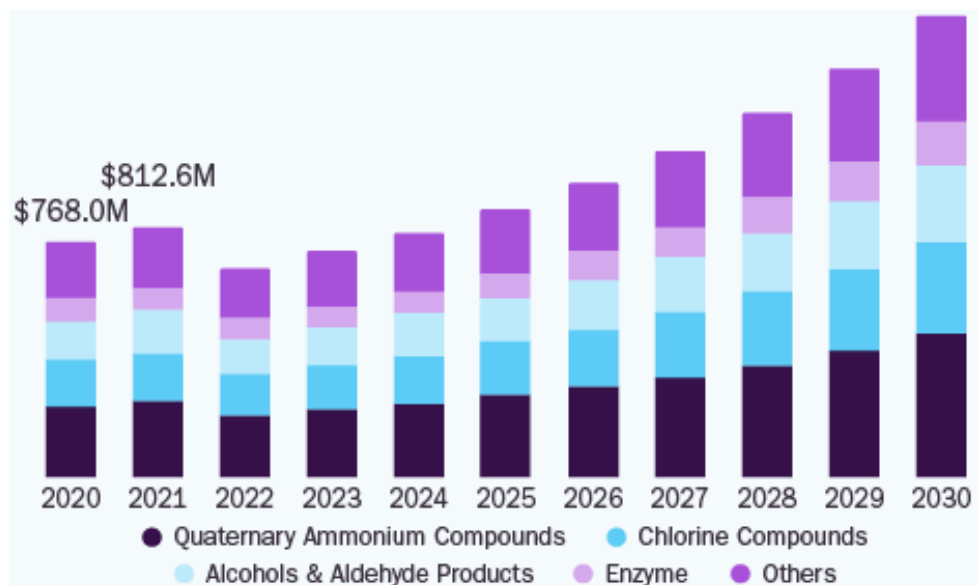


Рисунок 1.1 – Світові тенденції виробництва протимікробних засобів у період з 2020 до 2030 року

Таким чином, відповідно до рисунку 1.1 виробництво протимікробних засобів у світі зростатиме протягом найближчих десяти років.

Застосування антисептичних і протимікробних розчинів є важливою вимогою для підтримки чистоти в будинку. Такі розчини запобігають розвитку шкідливих бактерій і вірусів, знижуючи ймовірність зараження різними захворюваннями. Тому, очікується, що зростання обізнаності про чистоту вдома сприятиме розвитку ринку антисептиків і протимікробних засобів протягом прогнозованого періоду.

Очікується, що нинішній спалах COVID-19, продовження військових дій на території України, матимуть значний вплив на виробництво і споживання антисептиків і протимікробних засобів. Пандемія COVID-19, а також загальне збільшення госпіталізацій у всьому світі підвищуватимуть попит на одноразові медичні матеріали.

Щоб задовольнити зростаючий світовий попит на прибирання, дезодорацію та дезінфекцію в приміщеннях з інтенсивним рухом людей, включаючи офісні будівлі, готелі, школи, будинки престарілих і лікарні через спалах COVID-19, ВООЗ закликала промисловість і уряди розширити виробництво антисептиків і дезінфекційних засобів [3].

Зростаюча кількість інфікувань через відсутність заходів обережності та санітарії є одним із провідних факторів, що сприяє зростанню попиту на протимікробні засоби. Наприклад, згідно з інфекціями, пов'язаними з охороною здоров'я, у 2020 році, щороку приблизно один із кожних 25 пацієнтів лікарні має ризик інфікування. Протимікробні засоби забезпечують загальний захист від зараження та можуть допомогти зменшити частоту виникнення інфікувань. Вони також можуть утримувати бактеріальні та інші мікробні захворювання від потрапляння в організм пацієнта. Очікується, що протягом прогнозованого періоду ці фактори сприятимуть розширенню виробництва протимікробних засобів.

Ендоскопія шлунково-кишкового тракту дозволяє лікарям оглянути внутрішню оболонку травного тракту. За допомогою ендоскопа можна

діагностувати та лікувати декілька захворювань шлунково-кишкового тракту. Ендоскопію шлунково-кишкового тракту можна проводити як у стаціонарі, так і в амбулаторних умовах. Однак це може призвести до кількох ускладнень, якщо ендоскопи не оброблені належним чином. Щоб зменшити небезпеку розповсюдження мікроорганізмів, що передаються пацієнтом, між пацієнтами, ендоскопи необхідно обробляти відповідно до протоколів інфекційного контролю. У таких випадках застосування відповідних дезінфікувальних та антисептичних розчинів є важливим для запобігання передачі інфекцій. Крім того, очікується, що зростаючий попит на ендоскопію підвищить ризик виникнення заражень. Наприклад, за даними BMJ Publishing Group Ltd. і Британського товариства гастроентерології в 2018 році, потреба в ендоскопії шлунково-кишкового тракту для скринінгу раку товстої кишки у пацієнтів із симптомами різко зростає. За останні п'ять років попит у кількох містах Великобританії практично подвоївся [1, 3, 4]. Таким чином, також очікується, що збільшення використання ендоскопів і хірургічних установок сприятиме зростанню попиту на антисептики і дезінфікувальні засоби протягом прогнозованого періоду.

Зростаюча кількість хірургічних операцій у всьому світі, також є ключовим фактором, який, як очікується, стимулюватиме зростання попиту на протимікробні засоби протягом прогнозованого періоду. Наприклад, за даними Mölnlycke Health Care AB, щороку в Європі виконується 70,00 мільйонів хірургічних процедур. Так само, згідно з Проектом витрат і використання охорони здоров'я (HCUP), у 2018 році в США було проведено понад 9 942 000 операцій в умовах амбулаторної допомоги [1, 3]. Під час хірургічних операцій використання антисептиків і дезінфікувальних засобів є однією з основних вимог у лікарнях, клініках і амбулаторних хірургічних центрах. Тому очікується, що такі випадки будуть сприяти збільшенню виробництва і використання антисептиків та дезінфікувальних засобів.

За даними рисунку 1.1, сегмент четвертинних амонієвих сполук мав найбільшу частку доходу в 31,4 % у 2021 році, і очікується значне зростання протягом прогнозованого періоду. Сполуки четвертинного амонію широко

використовуються як засоби для дезінфекції поверхонь у лікарнях і лабораторіях [8, 9]. Ці сполуки допомагають контролювати поширення інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги, у лікарнях і клініках. Крім того, їх також використовують для дезінфекції медичного обладнання, яке безпосередньо контактує зі шкірою.

Зростання захворюваності на внутрішньо-лікарняні інфекції в усьому світі, ймовірно, вплине на зростання сегмента четвертинних амонієвих сполук. Наприклад, за даними ВООЗ, щороку 7 із кожних 100 госпіталізованих пацієнтів у промислово розвинутих країнах і 10 із кожних 100 госпіталізованих пацієнтів у слаборозвинених країнах отримують принаймні одну інфекцію, пов'язану з наданням медичної допомоги [3].

Очікується, що сегмент ферментів буде найшвидше зростати протягом прогнозованого періоду. Як правило, антисептики та дезінфікувальні засоби на основі ферментів використовують для контролю запахів, які утворюються хімічними процесами. Вони також широко використовують в дослідницьких установах для очищення продуктів на основі ферментів або каталізаторів. Використовують для очищення наборів для тестування в лікарнях і клініках. Очікується, що попит на протимікробні засоби на основі ферментів зростатиме, оскільки кількість дослідницьких закладів зростатиме в результаті збільшення витрат на дослідження та розробки в усьому світі.

Наприклад, за даними Дослідницької служби Конгресу, у всьому світі загальні глобальні витрати на НДДКР з 2000 року зросли більш ніж утричі в поточних доларах США, зрісши з 677 мільярдів доларів США до 2,2 трильйона доларів США у 2019 році, що, як очікується, збільшить кількість дослідницьких лабораторій, завдяки цьому очікується зростання сегменту протимікробних засобів на основі ферментів протягом прогнозованого періоду.

Серед ензимних протимікробних засобів у 2021 році сегмент засобів для дезінфекції медичних пристроїв мав найбільшу частку доходу – 45,7 %. Глутаровий альдегід, фенол/фенат, гідроген пероксид та надоцтова кислота є одними з дезінфікувальних засобів, які використовують для повторної обробки та

дезінфекції медичних пристроїв. Належна повторна обробка медичних приладів та ендоскопів є важливою, оскільки вони передають інфекцію від одного пацієнта до іншого через прямий контакт зі шкірою. Зростання кількості хірургічних втручань у всьому світі можна вважати однією з головних причин розвитку даного сегмента протягом прогнозованого періоду.

Очікується, що сегмент ензимних протимікробних засобів продемонструє найшвидші темпи зростання протягом прогнозованого періоду. Ферментні протимікробні засоби більш ефективні для бактеріальних поверхонь і зазвичай використовують, щоб уникнути запаху. Його зазвичай використовують для дезінфекції наборів для тестування та хірургічного обладнання в клініках і лікарнях. Кількість хірургічних втручань і кількість внутрішньо-лікарняних захворювань є двома важливими чинниками, що підвищують потреби на протимікробні засоби. Непатогенні корисні мікроорганізми в ферментних очищувачах ефективно витісняють хвороботворні мікроби, не викликаючи жодних побічних ефектів. Залишки деяких антисептиків і дезінфікувальних засобів іноді можуть завдати шкоди людині. У таких випадках використовуються ферментні очисники. Таким чином, очікується, що сегмент ензимних протимікробних засобів зростатиме протягом прогнозованого періоду.

За даними [1] лікарні, клініки, постачальники медичних послуг домінують серед споживачів на ринку антисептиків і дезінфікувальних засобів дають найбільшу частку доходу виробникам (65,1 % у 2021 році). Споживачі, як правило, купують протимікробні засоби безпосередньо в роздрібних і оптових постачальників.

Протимікробні засоби для рук, місцеві антисептичні креми, антисептичні мийні засоби та антисептичні серветки класифікуються в лінійці продуктів повсякденного попиту. 3M, Lifebuoy, Dettol і Purell є одними з відомих брендів дезінфікувальних засобів для рук. Антисептичний крем Nufree Finipil Pro Elec, антисептичний крем Tea Tree Therapy і Neosporin є одними з відомих брендів місцевих антисептичних кремів, які продаються як засоби з протимікробної дією.

Споживання протимікробних засобів за категоріями основних споживачів

наведено на рисунку 1.2.

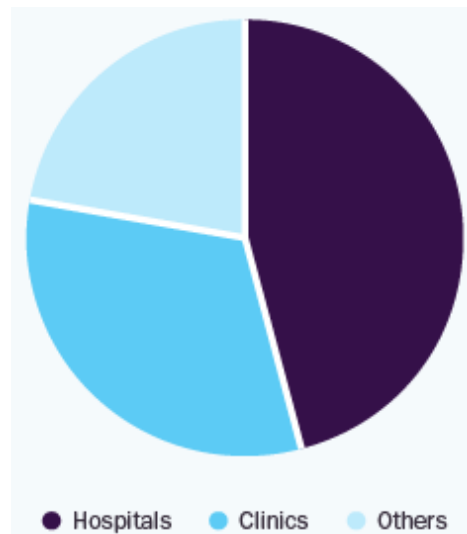


Рисунок 1.2 – Основні споживачі протимікробних засобів в світі

Як видно з рисунку 1.2, лікарняний сегмент домінував на ринку протимікробних засобів і мав частку доходу 46,2 % у 2021 році. Зростання випадків внутрішньо-лікарняних інфекцій у всьому світі є однією з головних причин зростання даного сегмента протягом прогнозованого періоду.

Наприклад, згідно з даними [1, 3, 5], щодня приблизно 1 з кожного 31 пацієнта лікарні заражається внутрішньо-лікарняною інфекцією. Використання відповідних дезінфікувальних засобів і антисептиків має вирішальне значення для зменшення поширення хвороб. Крім того, збільшення витрат на охорону здоров'я в розвинутих країнах і країнах, що розвиваються, може збільшити кількість лікарень, через що також очікується зростання попиту на антисептики та дезінфікувальні засоби. Наприклад, за даними Євростату, Німеччина та Франція мали найвищі витрати на охорону здоров'я (близько 11,8 %) у ВВП у 2019 році. Таким чином, очікується, що такі фактори сприятимуть зростанню лікарняного сегмента протягом прогнозованого періоду.

Щодо регіонального використання протимікробних засобів, Північна Америка домінувала на ринку і мала частку доходу близько 34,4 % у 2021 році. Зростаюча кількість медичних працівників в Північній Америці, і збільшення

кількості операцій є факторами, які, за прогнозами, збільшать попит на дезінфікувальні та антисептичні засоби в регіоні. Антисептичні та дезінфікувальні розчини необхідні для хірургічних процедур і досліджень, оскільки вони запобігають зараженню та передачі інфекції від одного пацієнта до іншого. У результаті прогнозується, що ці фактори сприятимуть розширенню виробництва і застосування протимікробних засобів у Північній Америці протягом прогнозованого періоду.

Зростання випадків інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги, харчових отруєнь, холери та черевного тифу є основним чинником, що рухає ринок протягом прогнозованого періоду. Крім того, підвищення обізнаності людей про чистоту вдома, ймовірно, позитивно вплине на зростання попиту серед звичайних споживачів, які складають третину світового обсягу використання протимікробних засобів (рисунок 1.2).

Крім того, великі корпорації також докладають зусиль, щоб вийти на неосвоєні ринки в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, таким чином розширюючи обсяги виробництва і постачання протимікробних засобів.

Ключові світові корпорації беруть участь у прийнятті стратегій партнерства, випуску нових продуктів, щоб зміцнити свої позиції на ринку антисептиків і дезінфікувальних засобів. Ключові корпорації об'єднуються, щоб збільшити свою частку ринку та клієнтську базу по всьому світу.

Наприклад, у січні 2021 року Cantel Medical Corporation була придбана STERIS через дочірню компанію в США. Cantel є глобальним постачальником послуг і продуктів із профілактики інфекцій, зосереджених на стоматологічних та ендоскопічних клієнтах. Таким чином, прогнозується, що це, у свою чергу, прискорить зростання асортименту протимікробних засобів. Крім того, в червні 2018 року корпорація Fortive запропонувала придбати бізнес Johnson & Johnson Advanced Sterilization Products, який є частиною Ethicon, Inc. Основними відомими світовими виробниками протимікробних засобів є [1, 2, 4]: 3M, Reckitt Benckiser, STERIS Plc, Kimberly-Clark Corporation, Bio-Cide International, Inc., Cardinal Health, BD, Johnson & Johnson.

## 1.2 Асортимент і класифікація протимікробних засобів

Як показано в підрозділі 1.1, на сучасному фармацевтичному ринку асортимент протимікробних засобів має значну частку від загальної кількості препаратів для зовнішнього застосування.

Галузі застосування протимікробних засобів, спрямованих на знищення, зменшення кількості або зупинку розмноження мікроорганізмів, достатньо широка – починаючи від лікування патологічних станів, переважно шкірних покривів і слизових оболонок, закінчуючи обробкою поверхонь обладнання, устаткування, інструментів тощо, забезпечуючи вимоги асептики [10, 11].

Перелік протимікробних засобів, що застосовують як антисептики і дезінфектанти, з кожним роком поповнюється новими препаратами, при цьому багато з них використовують у практичній медицині вже декілька сторіч та у наш час визнані життєво необхідними.

Препарати, які можуть бути застосовані для протимікробної обробки, повинні відповідати численним вимогам [3, 12, 13], основними з яких є наступні: бути безпечними для людини, володіти високими протимікробними властивостями, мати економічну доцільність застосування.

Антисептичні лікарські засоби (antiseptica; від грец. Anti – проти, septicos – гнильний, що викликає нагноєння; синонім: антисептик) – лікарські засоби, що мають протимікробну активність (затримують розмноження мікроорганізмів). Використовують для знезараження шкірних покривів і порожнин, слизових оболонок, інфікованих і неінфікованих ран [14, 15].

Дезінфікувальні протимікробні засоби (des – заперечення, inficere – усунення інфекцій; синонім: дезінфекційний засіб, дезінфектант) – препарати, що застосовують для знищення збудників інфекційних хвороб у довкіллі. Використовують для обробки оточуючих поверхонь, предметів і виділень хворого [14, 16].

Розподіл цих груп протимікробних засобів на антисептичні та дезінфікувальні є достатньо умовним, оскільки залежно від концентрації вони можуть бути використані і як антисептики, і як дезінфіканти.

Відповідно до Класифікаційної системи АТС (Anatomical Therapeutic Chemical (ATC) classification system), прийнятої ВООЗ як міжнародний стандарт, антисептичні і дезінфікувальні засоби розглядаються як окрема категорія D – Дерматологічні засоби. Згідно із основним терапевтичним призначенням категорії антисептичних та дезінфікувальних засобів призначений код за АТС D08 [3, 17]. За основними активними компонентами D08 класифікують наступним чином:

- D08A C Бігуаніди та амідини
- D08A D Препарати борної кислоти
- D08A F Похідні нітрофурану
- D08A G Препарати йоду
- D08A J Сполуки четвертинного амонію
- D08A X Інші антисептики та дезінфектанти

У свою чергу, D08A C Бігуаніди та амідини поділяють на препарати D08A C02 Хлоргексидин; D08A C52 Хлоргексидин, комбінації. D08A G Препарати йоду поділяють на препарати D08A G02 Повідон-йод; D08A G03 Йод; D08A G53 Йод, комбінації. D08A J Сполуки четвертинного амонію поділяють на препарати D08A J01 Бензалконій, D08A J10 Декаметоксин, D08A J57 Октенідин, комбінації, D08A J21 інші препарати, включаючи комбінації; D08A J51 Бензалконій, комбінації.

D08A X Інші антисептики та дезінфектанти поділяють на препарати: D08A X01 Гідроген пероксид; D08A X06 Калій перманганат; D08A X08 Етанол; D08A X53 Пропанол, комбінації; D08A X09 Діамантовий зелений; D08A X10 Різні препарати.

Класифікація протимікробних засобів категорії D08 наведена на рисунку 1.3.

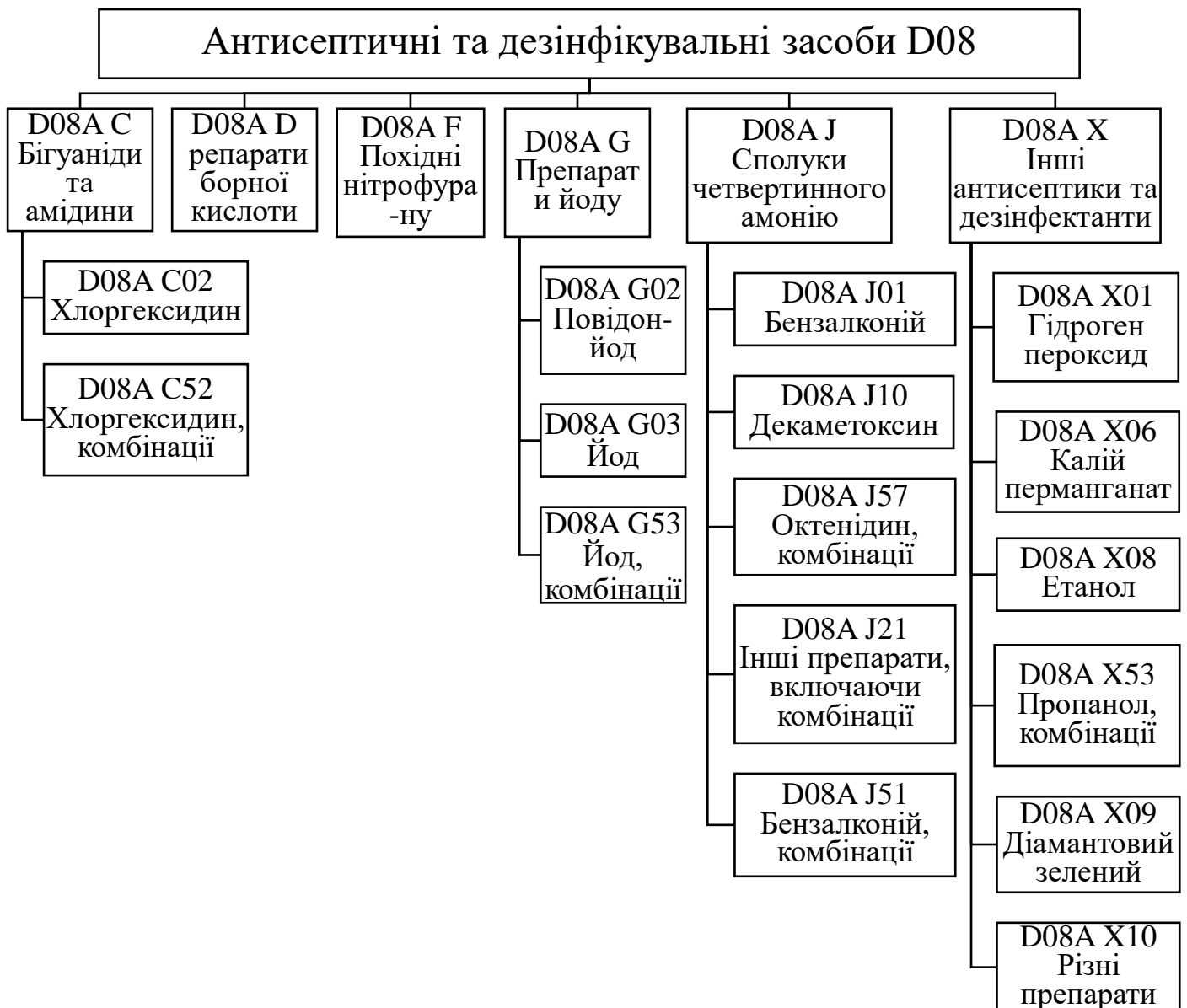


Рисунок 1.3 – Класифікація протимікробних засобів категорії D08

За хімічною будовою протимікробні засоби поділяють на:

- неорганічні сполуки (галогени і галогеновмісні речовини, окисники, кислоти, луги, сполуки важких металів);
- органічні сполуки аліфатичного ряду (альдегіди, спирти, детергенти (поверхнево-активні речовини (ПАР)));

- сполуки ароматичного ряду: похідні фенолу (дъоготь березовий, що містить фенол, толуол, ксилол, смоли тощо);
- органічні сполуки гетероциклічного ряду (сполуки нітрофурану, оксихіноліну, барвники).

Антисептичні засоби перешкоджають протіканню нормальних біохімічних процесів внаслідок інактивації або гальмування активності деяких ферментних систем, припинення окисно-відновних процесів, денатурації або дегідратації білків протоплазми мікробної клітини. При цьому створюються несприятливі умови для розвитку і розмноження мікроорганізмів (бактеріостатичний тип дії протимікробних засобів). Дезінфікувальні засоби призводять до незворотних змін у протоплазмі клітин, що веде до швидкої загибелі мікробів (бактерицидний тип дії протимікробних засобів).

Активність протимікробних засобів залежить від концентрації препарату, тривалості дії, температури середовища, ступеня чутливості збудника, присутності білка та інших органічних речовин [2, 3]. При підвищенні температури середовища активність засобів підвищується, при високому рівні мікробного забруднення вогнища інфекції – знижується. Таким чином фізико-хімічні властивості протимікробних засобів визначають ефективність їх дії.

### 1.3 Механізм взаємодії мікроорганізмів з протимікробними засобами

Взаємодію мікроорганізмів з протимікробними засобами можна представити у наступній послідовності [2, 4]:

- адсорбція на поверхні клітини; руйнування клітинної стінки і мембрани; проникнення у цитоплазму;
- порушення біохімічних процесів у клітині (зокрема, блокування надходження поживних речовин, дезорганізація структури, дезактивація формування відходів).

Аналіз досліджень [2, 4] свідчить про те, що механізм взаємодії протимікробних речовин з мікроорганізмами обумовлено їх морфологією.

Більшість таких речовин проявляють внутрішньоклітинну активність, яка найчастіше є визначальною. Основними механізмами дії протимікробних засобів на мікроорганізми є наступні:

- зшивання білків ДНК, РНК;
- пошкодження цитоплазматичної мембрани за участю фосфоліпідних білків;
- зв'язування, окислення ферментів;
- утворення вільних радикалів.

Факторами, які впливають на антимікробну активність протимікробних засобів, є:

- досяжність бактерій (повинен бути контакт протимікробних засобів з мікроорганізмами);
- температура (активність усіх протимікробних засобів підвищується при підвищенні температури);
- концентрація, повинна бути не нижчою за рекомендовану;
- об'єм, при однаковій концентрації ефективність протимікробних засобів тим вища, чим більший його об'єм;
- рН – деякі протимікробні засоби чутливі до зміни рН, наприклад, речовини на основі глутарового альдегіду активні лише в лужному середовищі;
- час, за однакових умов грампозитивні бактерії гинуть швидше ніж грамнегативні. Серед протимікробних засобів найшвидше діють спирт та хлор, ефективність яких досягається за 2 хв на чистій поверхні при безпосередньому контакті з бактеріями;
- інактивація протимікробних засобів може відбуватися за умов наявності мил, мийних засобів, жорсткої води.

До додаткових факторів, які впливатимуть на ефективність дії протимікробних засобів, належать: тривалість терміну зберігання без втрати активності; можливість застосування без засобів захисту; наявність мийних властивостей; а також здатність до очищення та відбілювання.

Відповідно до сучасної класифікація протимікробних засобів розрізняють основні групи: засоби, що містять галогени; засоби, що містять кисень; ПАР; інші (кислоти, альдегіди, спирти та ін.).

До галоїдів належать хлорактивні сполуки органічної (хлораміни, хлорпохідні ціанурової кислоти і гідантоїну) та неорганічної (гіпохлорити) природи, а також протимікробні засоби, що містять йод (йодинол, йодонат, бетадин) і бром (дибромантин, акватор). Бактерицидна дія галоїдів зумовлена високими окиснювальними властивостями та здатністю викликати денатурацію білка.

Перевагами хлорактивних протимікробних засобів є виражені мікробоцидні властивості, широкий спектр дії та низька вартість; їх недоліками є різкий неприємний запах, корозійна дія, нестабільність при зберіганні. До хлорактивних протимікробних засобів, використання яких дозволено на сьогодні в Україні, належать сульфохлорантин, хлорантоїн, комет, трихлорол, хлоргексидин, дезактин, хлорамін Б, Ас, доместос, неохлаор та ін.

Серед протимікробних засобів, що містять кисень, у фармацевтичній практиці найбільш широко використовують гідрогену пероксид. Механізм протимікробної дії гідрогену пероксиду зумовлений порушенням окисно-відновних процесів білків протоплазми та ферментативних систем мікробної клітини. Гідроген пероксид має такі цінні властивості, як відсутність запаху і алергенної дії, швидке розкладання в навколишньому середовищі на нетоксичні речовини. Поряд з цим гідроген пероксид малостабільний, має виражену місцево подразнювальну дію і порівняно з іншими протимікробними засобами, має низьку бактерицидну активність. На основі гідрогену пероксиду і четвертинних амонієвих сполук створені активні дезінфекційні препарати з поліпшеними фізико-хімічними властивостями, наприклад, грилен, перамін, пемос-1.

Останнім часом, завдяки своїм властивостям, велику розповсюдженість отримали протимікробні засоби на основі ПАР. Як самостійні протимікробні засоби використовують катіонні та амфолітні ПАР. Аніонні та неіоногенні застосовують як потенціювальні добавки у складі композиційних протимікробних

засобів. Такі протимікробні засоби мають бактерицидні, фунгіцидні, вірулоцидні властивості. А також мають добру розчинність у воді, наявність мийної, протикорозійної та антистатичної дії, стабільність при зберіганні. До протимікробних засобів на основі ПАР належать дезфект, деконекс, корзолекс АФ, лізоформін, амфолан.

Високу протимікробну активність і широкий спектр дії мають сполуки на основі 6 % надоцтової кислоти – дезоксони, які виявляють виражені бактерицидні, вірулоцидні, туберкулоцидні, фунгіцидні та спороцидні властивості. Дезоксони (дезоксон-0, дезоксон-4, делахсон, одоксон) мають один значний недолік – сильний запах оцту, що стримує їх широке застосування.

З групи альдегідів використовують формальдегід, глутаровий альдегід та протимікробні засоби на їх основі. Застосування формальдегіду як окремого протимікробного засобу на сьогодні обмежене у зв'язку з його подразнювальними та канцерогенними властивостями, глутаровий альдегід отримав більш широке розповсюдження і входить до складу таких протимікробних засобів, як дезоформ, лізоформін 3000, глутарал та ін.

Серед спиртів, які використовують як самостійні протимікробні засоби та речовини, що посилюють бактерицидну активність інших дезінфектантів, найбільш широко застосовують етиловий, пропіловий, ізопропіловий спирти. До сучасних протимікробних засобів на основі спиртів належать композиційні препарати «Декосепт», «Деконекс», «Хоспідермін», «Лізетол», «Мікроцид», «Октенідерм», «Сагросепт» тощо.

Інформація про хімічний склад та властивості протимікробних засобів дозволяє прогнозувати механізм інактивації. Наприклад, глутаровий альдегід, гіпохлорид, етиленоксид, гідроген пероксид активно реагують з аміно- та сульфгідрильними групами, можуть проявляти віруліцидний чи бактерицидний ефекти. Вегетативні форми мікроорганізмів піддаються дії протимікробних засобів, внаслідок чого спостерігається бактеріостатичний ефект. Бактерицидну дію мають лише високі концентрації протимікробних засобів, наприклад,

окислювачі. Для деяких препаратів (хлоргексидину, фенолів, спиртів) високі концентрації забезпечують такий ефект лише при підвищених температурах.

Більшість протимікробних засобів найчастіше одержують з продуктів нафтопереробки та синтетичної сировини. З метою надання додаткових властивостей поверхням виробники застосовують солі металів, запашки, пом'якшувачі, оптичні відбілювачі. Процес біорозкладу цих засобів повільний, у зв'язку з цим виникає токсичний вплив на флору і фауну у водоймах. Крім того, після протимікробної обробки текстильних виробів дезінфектанти залишаються в тканинах і не повністю виполіскуються з виробів, а це означає, що компоненти засобів контактують із шкірою людини та можуть викликати алергічні реакції. В результаті перелік захворювань, які виникають у споживачів постійно поповнюється.

Вище наведені недоліки можуть бути подолані шляхом детального вивчення фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів, що дозволить підвищити ефективність дезінфекції залежно від виду та призначення обробки.

#### 1.4 Особливості протимікробної обробки текстильних виробів

Текстильна індустрія завжди займає провідне місце у рейтингу активності споживачів. Не зважаючи на існуючий широкий ряд виробів текстильної промисловості, виробники продовжують шукати способи та методи покращення якості та підвищення безпечності текстильних матеріалів [18, 19]. Беручи до уваги, що одним з найпоширеніших чинників руйнування текстильних волокон та зниження терміну придатності матеріалів є мікробіологічна деструкція, сьогодні активно розвивається галузь протимікробної обробки текстильних виробів [18, 19].

В даний час технологіям протимікробної обробки присвячено дослідження вітчизняних та закордонних вчених [20 – 22], зокрема, Березненка С. М., Супрун Н. П., Міщенко Г. В., Назарчука О.А., Shenfeld N., Cambiaso-Daniel J.,

Boukovalas S. Особливо важливим є надання протимікробної обробки виробам спеціального призначення.

З метою протимікробної обробки використовуються біоцидні речовини, які не завжди є достатньо ефективними та безпечними для навколишнього середовища та здоров'я людини. Тому, важливо використання безпечних для людей і довкілля, доступних протимікробних засобів в технологіях протимікробної обробки текстильних виробів.

Текстильні волокна та нитки – це основні структурні елементи текстильних матеріалів: тканин, трикотажу, нетканих матеріалів [23]. Для виготовлення текстильних виробів використовують велику кількість різноманітних видів волокон, як відрізняються за хімічним складом, структурою, властивостями. Вид волокон, його будова та властивості – це найважливіші фактори, які зумовлюють основні фізико-механічні властивості, зовнішній вигляд та зносостійкість текстильних матеріалів і впливають на якість протимікробної обробки виробів.

В основу класифікації текстильних матеріалів покладені походження волокон (спосіб їх виготовлення) та хімічний склад. За походженням всі волокна поділяються на два класи: натуральні та хімічні.

Натуральні волокна існують в природі, а хімічні виготовляються в умовах промислового виробництва. До натуральних відносяться волокна рослинного (бавовна, льон, пелька, джут та інші), тваринного (вовна та натуральний шовк) та мінерального (азбест) походження, які утворюються в природі без участі людини. До хімічних відносяться волокна, які створюються у виробничих умовах методом їх формування з природних або синтезованих високомолекулярних сполук (ВМС). За хімічним складом всі волокна, крім мінеральних, представляють собою органічні речовини. Це різні природні та одержані хімічним способом ВМС.

Основним полімером, з якого складаються природні волокна рослинного походження, є целюлоза, що відноситься до класу полісахаридів [14, 23, 24].

Целюлоза  $[C_6H_{10}O_5]_n$  – природний полімер, полісахарид, волокниста речовина, головна складова частина оболонки рослинних клітин. У найбільшій кількості міститься у деревині, волокнах бавовни, льону та ін.

Целюлоза являє собою лінійний стереорегулярний синдіотактичний природний полісахарид, побудований з ангідридів D-глюкопіранози. Стереорегулярна будова макромолекули й стійкість конформаційної форми її елементарної ланки виділяє целюлозу із усього ряду полісахаридів, у тому числі й найбільшою стійкістю до хімічних впливів. Структурна формула елементарної ланки целюлози представлена на рисунку 1.4.

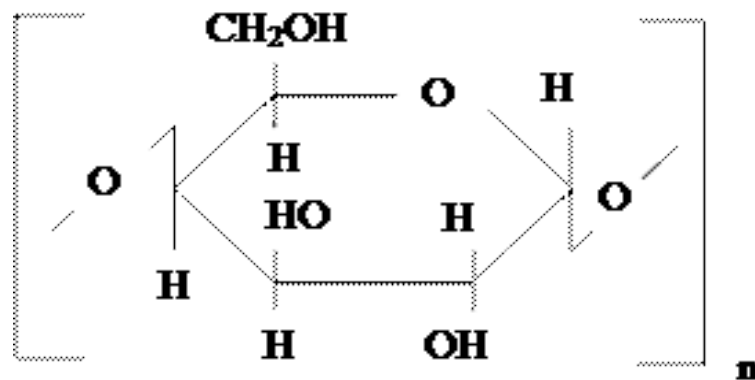


Рисунок 1.4 – Структурна формула елементарної ланки целюлози

Елементарні ланки целюлози  $-(C_6H_{10}O_5)-$  за допомогою глюкозидного зв'язку  $-O-$  з'єднуються в лінійні циклоланцюгові макромолекули. Целюлоза є порівняно жорстколанцюговим полімером і завдяки дії міжмолекулярних сил (водневих зв'язків і сил Ван-дер-Ваальса) утворює високоорієнтовану структуру. Ступінь кристалічності целюлози бавовняних волокон складає 70 %.

Характерна особливість целюлози – наявність в кожній елементарній ланці трьох гідроксильних груп (рисунок 1.4), що визначає її фізико-хімічні властивості. Наявність в целюлозі гідроксильних груп обумовлює високі гігроскопічні властивості бавовняних волокон. При зволоженні целюлозні волокна набухають, збільшуючи свої розміри, особливо поперечні, видовження на момент розриву збільшується, а міцність підвищується від 10 до 12%. Целюлозні волокна практично не змінюють своїх властивостей при високих температурах – до 150°C, а вище розпочинається процес руйнування.

При зберіганні в несприятливих умовах і при експлуатації в мокрому стані (брезенти, намети та ін.), текстильні вироби з натуральних волокон, схильні до руйнування мікроорганізмами. В цих умовах мікроорганізми можуть викликати зниження міцності виробів, зміну їх забарвлення і блиску. Для того, щоб зменшити вплив мікроорганізмів на текстильні вироби, тканинам надають протимікробну обробку.

Доцільність широкого використання протимікробних засобів самостійно чи в поєднанні з традиційними біоцидними препаратами для захисту текстилю від волокно-руйнуючих і патогенних для людини мікроорганізмів обумовлена низкою причин. Основні з них [25, 26]:

- розширення можливостей використання протимікробних засобів для забезпечення необхідної екологічної безпечності текстильним матеріалам і виробам різних способів виробництва, отриманих із целюлозовмісної текстильної сировини;

- мінімізація біопошкодження целюлозоруйнуючими мікроорганізмами тих видів текстильних целюлозовмісних матеріалів і виробів, експлуатація яких, відбувається при високій відносній вологості та температурі;

- оптимізація впливу патогенних для людини мікроорганізмів у білизняних, одягових, інтер'єрних, медичних текстильних целюлозовмісних матеріалах і виробках, використання протимікробних засобів для їх поверхневої модифікації.

Як відомо, в практиці текстильного виробництва використовують різноманітні технології оброблення текстильних матеріалів протимікробними засобами. Основні з них [5]:

- просочування матеріалів розчинами чи дисперсіями протимікробних засобів з наступним сушінням;

- введення протимікробних засобів в апрети, що використовують для заключного оброблення текстильних матеріалів;

- нанесення протимікробних засобів в процесі фарбування та опорядження матеріалів, а також їх фіксація за рахунок утворення хімічних зв'язків між протимікробним засобом і волокном.

При цьому в кожному випадку ставиться мета – не тільки надати текстильному матеріалу бажаний протимікробний ефект, але й зберегти споживні властивості виробів.

Одним з найпоширеніших способів протимікробної обробки [28, 29], які застосовують в текстильній промисловості, є технологія просочування. Розрізняють наступні технології просочування:

- фінішна (введення хімічного агента на останній стадії виробництва – стадії забарвлення);
- пізніє впорскування (тканина модифікується на стадії створення пряжі, і агент вводиться безпосередньо у полімерне волокно);
- щеплення (тканина бомбардується зарядженими частинками, що мають антибактеріальний агент).

Таким чином за допомогою протимікробних засобів вітчизняного виробництва для споживачів, забезпечується дотримання санітарно-гігієнічних вимог в побутових мовах, а для галузей промисловості створюються можливості розширення асортименту вітчизняної хімічної продукції, мобільного ресурсоощадного виробництва, створення робочих місць, що в цілому, сприятиме повоєнному відновленню України.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ, ЗАГАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

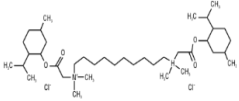
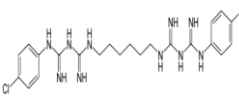
### 2.1 Характеристика використаних речовин та об'єктів дослідження

В дослідженнях використано протимікробні засоби вітчизняного виробництва, які широко доступні в торгівельній мережі України у різних випускних формах для роздрібної та оптової реалізації. Відповідно рисунку 1.1, класифікації протимікробних засобів категорії D08 в дослідженнях використано протимікробні засоби вітчизняного виробництва Хлоргексидин, Декасан, Гідрогену пероксид, Септил плюс. Дані препарати є представниками кожної групи діючих речовин протимікробних засобів категорії D08. Характеристики протимікробних препаратів вітчизняного виробництва наведено в таблиці 2.1 [1, 17, 30, 31].

Таблиця 2.1 – Характеристики протимікробних препаратів вітчизняного виробництва

Назва	Структурна формула	Мол. маса	Зовн. вигляд	Виробник	Ціна за 1л.
1	2	3	4	5	6
Гідроген пероксид	$H_2O_2$	34 г/моль	Прозора безбарвна рідина	ТОВ «Тернофарм, м. Тернопіль	від 85 до 505 грн.
Септил плюс	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	46,068 г/моль	Безбарвна рідина з запахом	ПрАТ Фармацевтична фабрика «Віола», м. Запоріжжя	Від 310 до 570 грн.

Кінець табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Декасан		693,911 г/моль	Прозора безбарвна рідина	«Юрія-Фарм» с.мт. Іванків	Від 610 до 870 грн.
Хлоргексидин		505,446 г/моль	Безбарвна рідина без запаху	ПрАТ «Біолік», м. Київ	Від 80 до 300 грн.

Оцінку впливу вітчизняних протимікробних засобів на експлуатаційні властивості целюлозних матеріалів здійснено для зразків тканин, характеристики яких, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Характеристики зразків целюлозних матеріалів

Найменування зразка	Склад	Ширина, см	Переплетення	Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>
Тканина 1	100 % бавовна	150	Полотняне	180
Тканина 2	80 % бавовна, 20 % поліестер	150	Полотняне	180
Тканина 3	100 % віскоза	150	Полотняне	180

Кислоти, солі, основи, спирти, які використовували за методиками досліджень, мали характеристику х.ч.

## 2.2 Визначення протимікробної дії та екологічного впливу на довкілля та живі організми протимікробних засобів

Експериментальне дослідження протимікробних властивостей вітчизняних дезінфектантів проведено на клінічних штамах мікроорганізмів. Мікроорганізми, які вибрані для експерименту, визначались відповідно їх відношення до мікрофлори тіла людини, забруднень шкірних покривів та текстильних виробів. При цьому враховано етіологічне значення даних мікроорганізмів у захворюваннях шкіри [32, 33].

На поверхні шкіри людини та вивідних протоках залоз завжди виявляються стафілококи, грам-позитивні неспоріві палички – дифтероїди, пропіоновокислі бактерії, гриби роду *Candida*. У глибині вивідних проток залоз виявляються анаеробні мікроорганізми (бактероїди). До непостійної мікрофлори шкіри належать бактерії групи кишкової палички, які виявляють з метою санітарно-мікробіологічного контролю. При кандидамікозах у людини виявляють до 30 видів грибів, проте у 90 % виділяється вид *Candida albicans* [33].

Стафілококи є широко розповсюдженими. Для медичної мікробіології основне значення мають три види: *S. aureus*, *S. epidermidis* та *S. saprophyticus*.

Вважають, що родоначальником ентеробактерій є кишкова паличка, від якої в процесі еволюції виникли інші представники цієї родини. Наявність *E. coli* на об'єктах свідчить про їх фекальне забруднення.

Пропіоновокислі бактерії (типовим видом є *Propionibacterium freudereichii*) виявляють у молочних продуктах та на шкірних покривах людини.

Скринінгове дослідження проводилось на наступних тест-культурах референтних мікроорганізмів з різним мікробним навантаженням на бульйонну культуру методом двократних серійних розведень:

- *S. aureus* ATCC 25923 (мікробне навантаження –  $10^5$ );
- *C. albicans* ATCC 885-653 (мікробне навантаження –  $10^3$ );
- *E. coli* ATCC 25922 (мікробне навантаження –  $10^5$ ).

Встановлення чутливості до розроблених композицій проведено методом двократних серійних розведень у стерильних полістиролових планшетах. Із 24-годинної культури бактерій ( $10^5$  КУО/мл) та 48-годинної культури дріжджеподібного гриба роду *Candida* ( $10^3$  КУО/мл) готували робочий інокулюум мікроорганізмів, концентрацію мікроорганізмів встановлено за стандартом МакФарланда [32, 33].

Зміна чисельності життєздатних мікроорганізмів визначалась після культивування у термостаті ТС-80 за даними денситометра DEN-1 BioSan відповідно стандарту МакФарланда.

Мінімальні бактеріостатичні концентрації (МБсК) та мінімальні фунгістатичні концентрації (МФсК) встановлювали оптично за відсутністю чи наявністю видимого росту мікроорганізмів після 24 год. інкубації для бактерій та 48 год. для дріжджеподібного гриба роду *Candida*. Мінімальні бактеріоцидні концентрації (МБцК) та мінімальні фунгіцидні концентрації (МФцК) визначали шляхом вилучення мікроорганізмів із луночок планшети, де ріст не спостерігався, з середовища з досліджуваним розчином та наступним пересівом на тверде поживне середовище, після інкубації за наявністю чи відсутністю росту.

Для визначення впливу зразків тканин з бавовняного, поліестерного волокна та їх сумішей, після очищення композиціями на референтні та клінічні штами культур мікроорганізмів з різним мікробним навантаженням на бульйонну культуру методом дифузії застосовано наступні представники мікрофлори шкіри людини:

- автохтонні облигатні представники мікрофлори шкіри людини:

*P. freudenreichii* (мікробне навантаження –  $10^7$ );

*P. freudenreichii* (мікробне навантаження –  $10^8$ );

*C. xerosis* (мікробне навантаження –  $10^5$ );

*C. xerosis* (мікробне навантаження –  $10^6$ );

*C. xerosis* (мікробне навантаження –  $10^7$ );

*C. xerosis* (мікробне навантаження –  $10^8$ );

*S. saprophyticus* (мікробне навантаження –  $10^5$ );

*S. saprophyticus* (мікробне навантаження –  $10^4$ );

*S. epidermidis* (мікробне навантаження –  $10^5$ );

*S. epidermidis* (мікробне навантаження –  $10^4$ );

- алохтонні факультативні представники мікрофлори шкіри людини:

*S. aureus* ATCC 25923 (мікробне навантаження -  $10^3$ );

*S. aureus* ATCC 25923 (мікробне навантаження –  $10^4$ );

*S. aureus* ATCC 25923 (мікробне навантаження –  $10^5$ );

*S. aureus* (клінічний штам) (мікробне навантаження -  $10^3$ );

*S. aureus* (клінічний штам) (мікробне навантаження -  $10^4$ );

*S. aureus* (клінічний штам) (мікробне навантаження –  $10^5$ );

*C. albicans* ATCC 885-653 (мікробне навантаження –  $10^2$ );

*C. albicans* ATCC 885-653 (мікробне навантаження –  $10^3$ );

*C. albicans* (клінічний штам) (мікробне навантаження –  $10^2$ );

*C. albicans* (клінічний штам) (мікробне навантаження –  $10^3$ );

- комбінація алохтонних факультативних представників мікрофлори шкіри людини:

*S. aureus*+ *C. albicans* (мікробне навантаження –  $10^4/10^2$ );

*S. aureus*+ *C. albicans* (мікробне навантаження –  $10^5/10^3$ ).

Визначення впливу компонентів композицій на біоплівкові культури мікроорганізмів, здійснювали наступним чином: на чашку Петрі із газом тест-культури кожного штаму мікроорганізму виставлявся диск із стерильного фільтрувального паперу, на який наносили 0,1 мл досліджуваного розчину композиції. Облік результатів проводили після культивування за оптимальних умов та часу для кожної культури шляхом вимірювання діаметру зон затримки росту навколо диску на газоні.

Контролем слугували: перевірка стерильності отриманих розчинів та зразків тканин, життєздатність референтних та клінічних штамів культур мікроорганізмів та якість поживних середовищ.

Дослідження протимікробних властивостей засобів вітчизняного виробництва характеризували впливом на представника нормальної мікрофлори

тіла людини *P. freudenreichii*. Дослідження розділене на два етапи: перший направлений на визначення впливу композиції на чисельність та життєдіяльність *P. freudenreichii*, другий – на визначення здатності культури *P. freudenreichii* до відновлення після зміни живильного середовища. *P. freudenreichii* референтний штам мікроорганізму є представником родини пропіоновокислих бактерій. Для його культивування використано СКС (середовище контролю стерильності – тіогліколеве).

Спочатку готувалась 24 годинна культура *P. freudenreichii*, далі на її основі за стандартом МакФарланда [34] розраховано та приготовано робочу суспензію бактерій у двох мікробних навантаженнях ( $10^7$  КУО/мл та  $10^8$  КУО/мл). Далі у пробірку з культурою *P. freudenreichii* поміщали зразок тканини, обробленої розчином композиції, та проводили культивування 24 год. при температурі 37°C. Вплив протимікробних засобів вітчизняного виробництва на чисельність та життєдіяльність *P. freudenreichii* проведено за результатами визначення оптичної густини, пропорційно розраховуючи концентрацію культури відносно стандарту МакФарланда.

Для визначення здатності культури *P. freudenreichii* до відновлення після зміни живильного середовища вилучений зразок тканини поміщали у друге СКС для оптимального забезпечення поживними речовинами референтного штаму. Культивування проводили 48 год при температурі 37°C. Здатність *P. freudenreichii* до відновлення культури встановлено за результатами визначення оптичної густини, пропорційно розраховуючи концентрацію культури відносно стандарту МакФарланда.

Для визначення екологічного навантаження розроблених композицій проведено біотестування рослин ряски, які візуально були життєздатні та мали хороший фізіологічний стан. Облік біологічних показників проведено на 1, 3, 5, 7, 10-у добу. Ступінь впливу протимікробних засобів вітчизняного виробництва на ряску малу визначено за біолого-фізіологічними показниками життєдіяльності рослин відповідно до методик [35, 36].

### 2.3 Методики визначення властивостей текстильних матеріалів після обробки протимікробними засобами

Для оцінки впливу вітчизняних протимікробних засобів на властивості зразків тканини враховували наступні показники: міцність, жорсткість, незминальність, капілярність тканин, структурно-морфологічні характеристики.

Зміну механічних властивостей зразків текстильних матеріалів здійснено за показниками розривального навантаження  $R_p$ ,  $H$  та видовження на момент розриву  $l_p$ . Зміну механічних властивостей зразків тканин та їх сумішей після обробки в протимікробних засобах визначено за стандартними методиками ДСТУ ISO 13938-1 :2007, ДСТУ ISO 13938-2:2007 [37, 38].

Для оцінки гігієнічних властивостей досліджуваних зразків тканин після обробки протимікробними засобами, визначено капілярність матеріалів. Капілярність текстильних виробів характеризує поглинання вологи подовжніми капілярами матеріалу і оцінюють висотою  $h$ , мм підйому рідини в пробі, зануреної одним кінцем в рідину протягом 1 години. Капілярність визначено згідно з вимогами ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811-81) [39].

Жорсткість зразків текстильних матеріалів визначено методом консолі (під дією власної ваги розподіленого навантаження) за допомогою приладу ПТ-2 ГОСТ 10550-93 [40, 41]. Зразок тканини відповідного розміру розташовують на пристрої приладу так, щоб на його бічних гранях були розміщені кінці зразка довжиною по 7 см. Бічні грані пристрою опускають, кінці зразка, які втратили опору, прогинаються. За допомогою шкали приладу, яка розташована уздовж бічних граней, вимірюють абсолютне прогинання кінців зразка тканини, за його значенням розраховують відносний прогин за формулою:

$$f_o = f/l, \quad (2.1)$$

де  $f_o$  – відносний прогин кінців зразка тканини;

$f$  – абсолютний прогин кінців зразка, см;

$l$  – довжина кінців, см.

Коефіцієнт відносного прогину кінців зразка тканини  $A$  визначають в довіднику за значенням відносного прогинання  $f_0$ . Коефіцієнт жорсткості тканини  $EI$ , мкН / см<sup>2</sup> розраховують за формулою:

$$EI = 42046 \cdot m/A, \quad (2.2)$$

де  $m$  – маса п'яти зразків тканини.

Жмакання зразків тканини визначено методом орієнтованого жмакання за ДСТУ 4143-2002/ГОСТ31101-2003 [35], на приладі СМТ. Сутність орієнтованого методу полягає в тому, що зразок тканини Т- подібної форми згинають під кутом 180°, навантажують протягом 15 хв. Через 5 хв після зняття навантаження визначають коефіцієнт незмиральності за формулою:

$$K_H = \alpha \cdot 100 / 180, \quad (2.3)$$

де  $\alpha$  – кут відновлення проби.

Зміну властивостей поверхні текстильних матеріалів досліджено за допомогою мікроскопу Нігох<sup>®</sup> КН-8700, Японія (рисунок 2.2). Спостерігали рельєфне зображення поверхні зразків тканин без обробки і після обробки в протимікробних засобах.

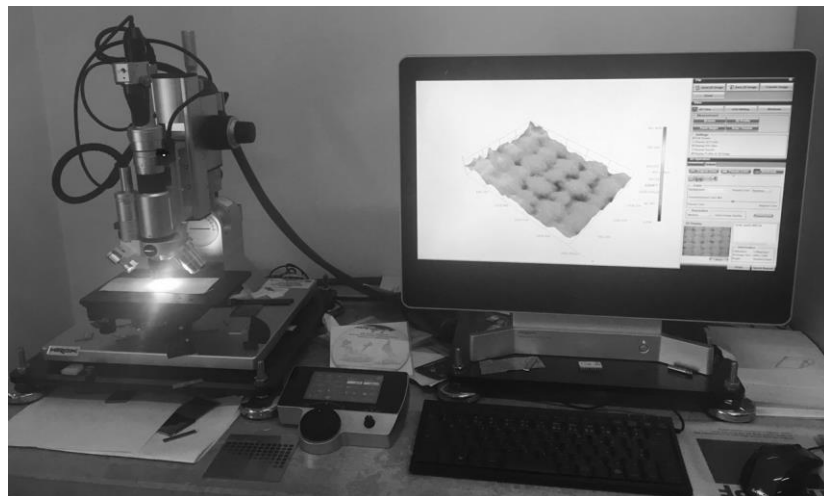


Рисунок 2.1 – Зображення мікроскопу Нігох<sup>®</sup> КН-8700 для дослідження поверхні зразків текстильних матеріалів

Вплив композицій на зміни структури дослідних зразків тканин визначено за допомогою методів ІЧ-спектроскопії. Дослідження структурних змін зразків текстильних матеріалів здійснено на ІЧ-Фур'є спектрометрі IRAffinity-1, Shimadzu<sup>®</sup>, Японія.

#### 2.4 Статистична обробка експериментальних даних

Статистичну обробку експериментальних даних проведено на основі кореляційно-регресійного аналізу, який передбачає розрахунок точкових і інтервальних оцінок результатів дослідження [42].

З метою оцінки достовірності експериментальних даних, перевірки рівності середніх значень одержаних у двох вибірках використано критерій Стюдента (t-критерій). Для цього спочатку розраховують середнє арифметичне вимірюваної величини  $\bar{X}$ :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.4)$$

де  $x_i$  – вимірюване значення;

$n$  – кількість вимірювань.

Потім визначають стандартне відхилення  $\sigma$  (середньоквадратичну похибку середнього значення вимірюваної величини на вказаних рівнях):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

Довірчий інтервал для істинного значення ( $X$ ) визначають за формулою:

$$\bar{X} - \Delta X \leq X \leq \bar{X} + \Delta X \quad (2.6)$$

де  $\Delta X$  – допустиме відхилення середнього арифметичного  $\bar{X}$  від істинного значення  $X$ .

$\Delta X$  розраховують за формулою 2.7:

$$\Delta X = \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

де  $t$  – критерій Ст'юдента, який залежить від кількості дослідів і довірчої ймовірності.

Перевірку адекватності отриманої регресійної моделі проведено за допомогою критерію Фішера. Розрахункове значення критерію Фішера визначається як відношення більшої дисперсії  $S_1^2$  до меншої  $S_2^2$ :

$$F_p = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad S_1^2 \geq S_2^2 \quad (2.8)$$

Розрахункове значення критерію Фішера ( $F_p$ ) порівнюється з табличним (критичним) значенням  $F_{кр}$ , взятим для обраного рівня значущості  $\alpha$  і відповідних ступенів вільності  $f_1 = n_1 - 1$  та  $f_2 = n_2 - 1$ . Якщо розрахункове значення критерію менше критичного:  $F_p \leq F_{кр}$ , то це означає, що дисперсії відрізняються незначно, тобто вони однорідні, а відповідні фактори вважають незначимими. Якщо дисперсійне співвідношення більше табличного, то вплив фактору вважають значимим.

Для визначення однорідності дисперсій застосовано критерій Кохрена. При цьому серед розглянутих дисперсій  $S_1, S_2, \dots, S_i$  вибирається максимальна  $S_{max}$ , яка ділиться на суму всіх дисперсій  $\sum_{i=1}^n S_i^2$ :

$$G_p = \frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \quad (2.9)$$

де  $n$  – кількість дисперсій, які порівнюють.

Критичне значення ( $G_{кр}$ ) знаходять з таблиць для рівня значущості  $\alpha$  і ступенів вільності  $f_{max} = n - 1$  і  $f_{\Sigma} = n$ . Дисперсії є однорідними, якщо розрахункове значення критерію не перевищує табличного  $G_p \leq G_{кр}$ .

Методикою статистичної обробки експериментальних даних передбачено математичний опис істинного значення досліджуваного показника при значенні довірчої вірогідності  $\alpha = 95 \%$ . Кількість дослідів визначено таким чином, щоб довірчий інтервал знаходився в межах від 2 до 3 % від середнього значення.

### 3 ОЦІНКА ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОТИМІКРОБНИХ ЗАСОБІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ

#### 3.1 Аналіз фізико-хімічних властивостей вітчизняних протимікробних засобів

Значну кількість захворювань людини спричинюють бактерії, віруси, гриби, спірохети. Речовини, які знешкоджують збудників у навколишньому середовищі або в організмі людини, називаються протимікробними засобами [4, 5]. Фармакологічний ефект речовин цієї групи – бактеріостатичний (здатність припинити ріст і розмноження мікроорганізмів) або бактерицидний (властивість знешкоджувати мікроорганізми).

Протимікробні засоби поділяють на дві групи: антисептичні і дезінфекційні засоби та хіміотерапевтичні препарати

Антисептичні і дезінфекційні засоби – це препарати, що не виявляють вибіркової протимікробної дії. Антисептичні засоби здатні призвести до загибелі або припинити ріст і розвиток мікроорганізмів на поверхні тіла людини (шкірі чи слизових оболонках). Дезінфекційні засоби знешкоджують патогенні мікроорганізми в навколишньому середовищі.

Хіміотерапевтичні препарати – це препарати, що справляють вибіркову протимікробну дію, виявляють значний спектр терапевтичної дії. Їх застосовують для лікування і профілактики інфекційних захворювань.

До детергентів (рисунок 3.1) належать четвертинні амонієві солі, що, відповідно до АТС-класифікації [17], відносяться до групи антисептичних та дезінфікуючих засобів. Вони мають широкий спектр протимікробної, протигрибкової та противірусної дії завдяки здатності взаємодіяти з фосфатними групами ліпідів цитоплазматичної мембрани мікроорганізмів та таким чином порушувати її проникність та призводити до руйнування клітини. Четвертинні амонієві солі застосовуються у клінічній практиці з 1970-х років та до наших днів

з незмінно високою ефективністю, мають широкий спектр показань до застосування.

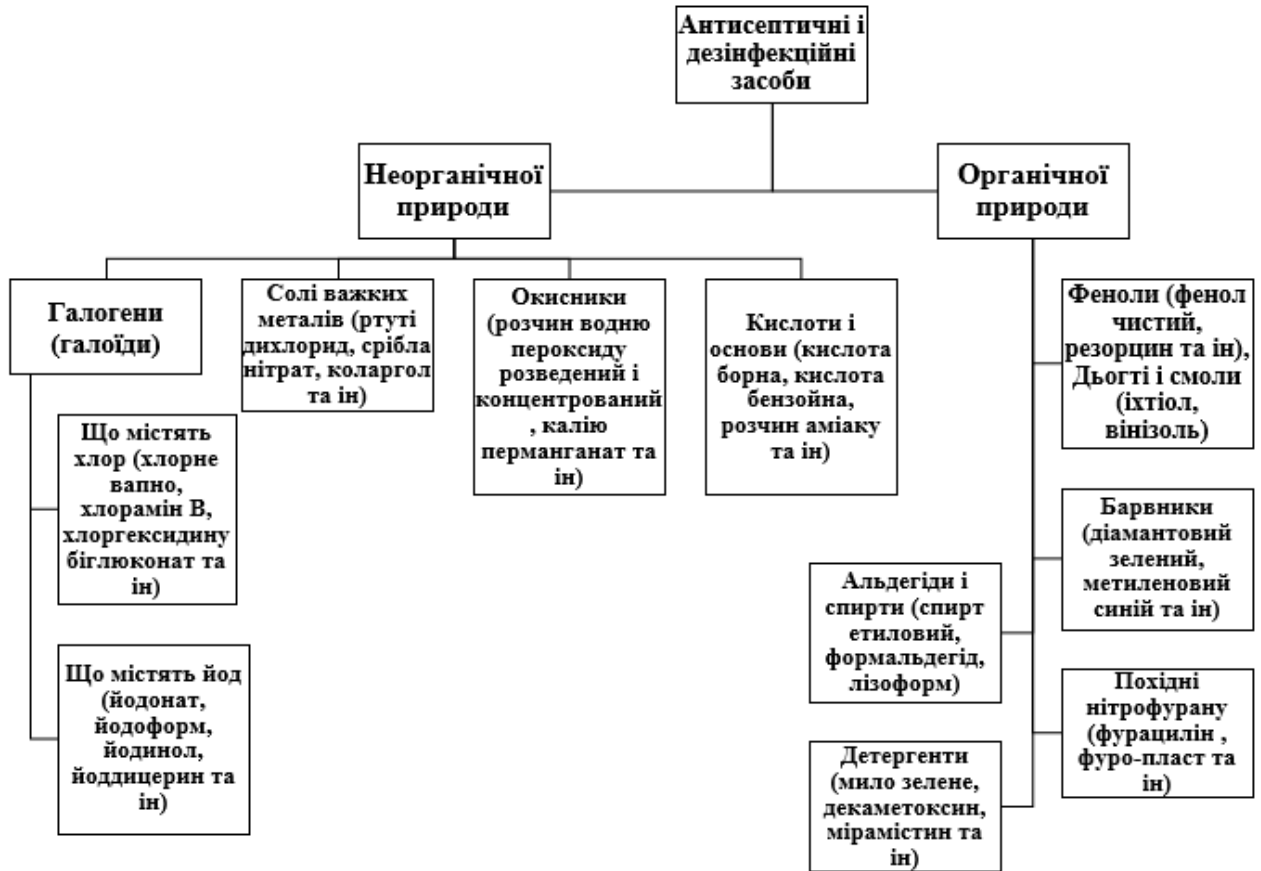


Рисунок 3.1 – Класифікація антисептичних і дезінфекційних засобів

Проведені морфологічні дослідження для вивчення локального впливу на тканини [43] показали, що токсичний вплив антисептичного медичного текстилю, просоченого четвертинними амонієвими солями, на тканини макроорганізму відсутній. У той же час спостерігався позитивний ефект на перебіг регенеративних процесів, епітелізацію ран, протинабряковий та протизапальний вплив.

До неорганічних антисептичних та дезінфекційних засобів належать похідні бігуаніду. Їх застосовують для оброблення операційних приміщень і рук хірургів, знезараження хірургічних інструментів. Похідні бігуаніду використовуються у косметології (добавка до кремів, зубних паст, дезодорантів та антиперспірантів) та у фармакології (як консервант, діюча речовина антисептиків

при обробці та перев'язці ран, в рідинах для полоскання ротової порожнини), знаходяться у переліку основних лікарських засобів списку Всесвітньої організації охорони здоров'я – реєстрі найважливіших медичних засобів, необхідних для забезпечення базових потреб системи охорони здоров'я [3].

Похідні бігуаніду є катіонними, мають аміногрупи клітинних білків. Проникають у внутрішньоклітинні мембрани бактеріальних клітин, осідають на цитоплазмі і змінюють функцію мембрани, перешкоджаючи споживанню кисню, що спричиняє зниження рівня аденозинтрифосфату і загибель клітин. Руйнують ДНК і порушують синтез ДНК у мікроорганізмів. Забезпечують тривалу персистентну антимікробну активність, що перешкоджає розмноженню мікроорганізмів як мінімум протягом 6 годин після застосування.

Похідні бігуаніду активні проти грам-позитивних і грам-негативних організмів, факультативних анаеробів, аеробів та дріжджів, особливо ефективні щодо грам-позитивних бактерій (в концентрації  $\geq 1$  мкг/л) [44]. Значно вищі концентрації (від 10 і до більше ніж 73 мкг/мл) потрібні для грам-негативних бактерій і грибків. Похідні бігуаніду неефективні проти поліовірусів та аденовірусів. Фунгістатично діє на трихофітів, дерматофітів і грибову флору, сповільнюючи їх реплікацію.

В дослідженнях [45] підтверджено безпечність застосування похідних бігуаніду для надання протимікробних властивостей текстильним виробам зі збереженням їх споживних властивостей.

Отже, на основі теоретичного аналізу, практичний інтерес має дослідження фізико-хімічних властивостей засобів вітчизняного виробництва Хлоргексидину, Декасану, Гідрогену пероксиду, Септилу плюс – представників кожної групи діючих речовин протимікробних засобів категорії D08 [17]. Наведемо їх основні властивості (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні властивості протимікробних засобів вітчизняного виробництва

Назва засобу / діюча речовина	АТС група	Фармакологічні властивості	Виробники
1	2	3	4
Гідроген пероксид / Гідроген пероксид	D08A X01	Завдяки здатності утворювати піну при контакті з кров'ю гідроген пероксид проникає в усі щілини гнійної порожнини і механічно вимиває гнійний ексудат і тканинний детрит, цим самим звільняє порожнину рани від мікрофлори, забезпечує аерацію ранової порожнини, заважає розвитку анаеробної мікрофлори	ПрАТ Фармацевтична фабрика «Віола», ТОВ «ДКП «Фармацевтична фабрика», ТОВ «Ілан Фарм», ПрАТ «ФІТОФАРМ», ТОВ «Славія 2000», ТОВ «Тернофарм», ПрАТ «Біолік», ТОВ «Ключі здоров'я».
Септил плюс / етанол	D08A X08	При зовнішньому застосуванні має антисептичну, дезінфікувальну, місцеву подразнювальну дію. Етанол коагулює білки, активний відносно грампозитивних і грамнегативних бактерій та вірусів. має дубильну дію на шкіру та слизові оболонки	ПрАТ Фармацевтична фабрика «Віола»
Хлоргексидин / хлоргексидину біглюконат	D08A C02	Має швидку та виражену дію на грампозитивні та грамнегативні бактерії	ПрАТ Фармацевтична фабрика «Віола»,

Кінець табл 3.1

1	2	3	4
		<p>(<i>Treponema pallidum</i>,  <i>Chlamidia spp.</i>,  <i>Ureaplasma spp.</i>, <i>Neisseria gonorrhoeae</i>, <i>Gardnerella vaginalis</i>, <i>Bacteroides fragilis</i>), найпростіші (<i>Trichomonas vaginalis</i>), віруси (<i>Herpes virus</i>).</p> <p>У присутності крові та інших органічних субстанцій антимікробна активність хлоргексидину диглюконату не знижується</p>	<p>ТОВ «ДКП «Фармацевтична фабрика», ТОВ «Ілан Фарм», ПАТ «Хімфармзавод «Червона зірка», ТОВ «Славія 2000», ПрАТ «ФІТОФАРМ», ТОВ «Ключі здоров'я», ПрАТ «Біолік», ПП «Кілафф», ТОВ «Краса та здоров'я», ТОВ «Фарма Черкас»</p>
<p>Декасан /  декаметоксин</p>	<p>D08A J10</p>	<p>Має антимікробну протигрибкову дію, виражений бактерицидний вплив на стафілококи, стрептококи, дифтерійну та синьогнійну палички, капсульні бактерії та фунгіцидну дію на дріжджі, дріжджоподібні гриби, збудники епідермофітії, трихофітії, мікроспорії, еритразми, деякі види пліснявих грибів</p>	<p>ТОВ «Юрія-Фарм»</p>

Відомо, що гідроген пероксид має слабо кислу реакцію, швидко розкладається при нагріванні, дії світла. Має антисептичний, дезінфікуючий та гемостатичний ефекти [2, 14].

При контакті гідроген пероксиду з ушкодженою шкірою та слизовими оболонками вивільнюється активний кисень, який сприяє очищенню ранової поверхні та інактивації органічних речовин (протеїн, кров, гній). При застосуванні препарату відбувається лише тимчасове зменшення кількості мікроорганізмів.

Гідроген пероксид застосовують як дезінфікувальний та дезодоруючий засіб для промивання та полоскання при стоматитах, пародонтозі, ангінах, гінекологічних захворюваннях, для лікування гнійних ран, при опіках, а також при капілярних кровотечах із поверхневих ран, носових кровотечах. Для полоскання, аплікацій, обробки гнійних ран та опікової поверхні використовують розведені водні розчини. Ушкоджені ділянки шкіри змащують розчином, користуючись ватним або марлевым тампоном. Можливе виникнення відчуття печії в момент обробки рани. В окремих випадках при індивідуальній непереносимості препарату можливе виникнення місцевих алергічних реакцій. Не вводять у порожнини та глибокі рани (можливість емболії).

Гідроген пероксид не можна застосовувати місцево сумісно з лужними препаратами, окислювальними та відновлювальними засобами (реакція із виділенням кисню).

Протимікробна дія спирту етилового полягає в здатності забирати воду і викликати денатурацію білків протоплазми мікроорганізмів. На спорові форми не впливає. Бактерицидна дія починає проявлятися вже в розчині з концентрацією 20 %. Із її збільшенням цей ефект зростає. Але в білковому середовищі високі концентрації спирту утворюють щільні білкові конгломерати, в середині яких можуть знаходитись живі мікроорганізми. Тому на практиці, наприклад, для знезараження шкіри, доцільніше використовувати 70 % розчин спирту, тому що в такій концентрації він добре проникає в глибину шкіри, в протоки сальних і потових залоз, забезпечує високий антисептичний ефект в найближчі хвилини. За

силою протимікробної дії 70 % спирт етиловий прирівнюється до 3 % розчину фенолу або 0,1 % розчину ртуті дихлориду [46].

Як протимікробний засіб спирт етиловий застосовують для обробки рук медичного персоналу і операційного поля (70 %), стерилізації хірургічних інструментів (95 %) тощо. А також використовують в поєднанні з іншими протимікробними засобами (йодом, фурациліном, метиленовим синім, діамантовим зеленим та ін.) у вигляді розчинів. Ефективним є застосування етилового спирту для видалення плям з одягу, в клінінговій індустрії. Наприклад, для видалення плям від гелевої ручки, жиру та багато іншого. Плями безпосередньо змочують спиртом, залишають на деякий час (до однієї години), потім одяг очищують в теплій воді. Однак, обробка спиртом не підходить для текстильних виробів з делікатних тканин – так як вони можуть пошкодитися під впливом спирту [47].

Протимікробний засіб декаметоксин (біс-четвертинна амонієва похідна [1,10-декаметилен-(N,N-диметилментоксикарбонілметил) амонію дихлорид]), концентруючись на цитоплазматичній мембрані мікробної клітини з фосфатидними групами ліпідів мембрани, порушує її проникність [1, 8, 9].

Декаметоксин має бактерицидну дію на стафілококи, стрептококи, дифтерійну та синьо гнійну палички, фунгіцидну дію на дріжджові гриби, збудники епідермофітії, трихофітії, мікроспорії, еритрази, деякі види пліснявих грибів (аспергіли, пеніцили), антипротозойну дію на трихомонади, лямблії. Високоактивний відносно мікроорганізмів, стійких до антибіотиків. Стійкі до декаметоксину форми при тривалому застосуванні утворюються повільно і в незначній кількості.

Бактеріостатичні (фунгістатичні) концентрації препарату близькі до його бактерицидних (фунгіцидних), вірицидних, антипротозойних концентрацій. Застосовується для стерилізації медичних інструментів, приладів, шовного матеріалу, гумових рукавичок. Бактеріостатичні (фунгістатичні) концентрації подібні до його бактерицидних (фунгіцидних), віруцидних, протистоцидних

концентрацій. У процесі лікування препаратом підвищується чутливість антибіотикорезистентних мікроорганізмів до антибіотиків.

Дослідження *in vitro*, що було проведено на культурах клітин VeroE6, підтвердило [1, 3], що декаметоксин у концентрації 0,2 мг/мл чинить виражену віруцидну дію по відношенню до вірусу SARS-CoV-2 (коронавірусу), який спричинює коронавірусну хворобу COVID-19, при тривалості експозиції в 60 секунд, що виражається у зниженні інфекційного титру вірусу.

Хлоргекседин (N,N-біс(4-хлорфеніл)-3,12-диіміно-2,4,11,13-тетраазатетрадекандімідамід) це протимікробний препарат, який діє на грампозитивні і грамнегативні мікроорганізми, дріжджі, дерматофіти. Має високу ефективність дії по відношенню до широко спектру бактерій та грибів [1, 14, 44]. Активна відносно *Treponema pallidum*, *Chlamidia* spp., *Ureaplasma* spp., *Neisseria gonorrhoeae*, *Trichomonas vaginalis*, *Gardnerella vaginalis*, *Bacteroides fragilis*, найпростіших (*Trichomonas vaginalis*); вірусів (Herpes-virus). Залежно від концентрації має як бактеріостатичну, так і бактерицидну дію: бактеріостатична дія водних і спиртових розчинів проявляється в концентрації 0,01 % і менше, бактерицидна – в концентрації більше 0,01 % при температурі 22 °С, протягом 1 хв. Фунгіцидна дія проявляється при концентрації 0,05 %, температурі 22 °С, протягом 10 хв.

Проникає у внутрішньоклітинні мембрани бактеріальних клітин, осідає на цитоплазмі і змінює функцію мембрани, перешкоджаючи споживанню кисню, що спричиняє зниження рівня аденозинтрифосфату і загибель клітин. Руйнує ДНК і порушує синтез ДНК у мікроорганізмів. Забезпечує тривалу персистентну антимікробну активність, що перешкоджає розмноженню мікроорганізмів як мінімум протягом 6 годин після застосування препарату.

Експериментально доведено відсутність у препараті мутагенного, тератогенного та ембріотоксичного ефектів в розчинах. Препарат широко використовується в медичній практиці для обробки ран, опіків, порізів, в лікуванні та профілактиці інфекційних захворюваннях шкіри та слизових, в

стоматології, дерматології в якості місцевого антисептика, для загальної дезінфекції приміщень та санітарного обладнання [1, 14].

З точки зору колоїдної хімії, похідна бігуанідину (хлоргексидину) є амфіпатичною молекулою з гідрофобними і гідрофільними групами. Молекула має симетричну будову і складається з двох груп 4-хлорофенілового замісника, з'єднаного з залишком бігуанідину, та гексаметиленового ланцюга. Похідна бігуанідину (рисунок 3.2) належить до катіонних ПАР з двома позитивно зарядженими центрами (бікатіонна молекула).



Рисунок 3.2 – Модель молекули похідної бігуанідину та її умовне позначення в різних конформаційних станах

Як правило, похідну бігуанідину використовують у вигляді розчинних солей. Тому визначали колоїдно-хімічні властивості розчину хлоргексидину. А саме: поверхневий натяг розчинів ККМ, при температурі 20 °С,  $\sigma$  (мН/м); критичну концентрацію міцелоутворення (ККМ, г/л); змочувальну здатність розчинів, яку характеризували крайовим кутом змочування парафінової поверхні ( $\theta$ , град); оптичну густину (каламутність,  $D$ ); солюбілізійну здатність ( $S_{\text{барв}}$ , мг/л), роботу змочування ( $W_{\text{зм}}$ ), граничну адсорбцію ( $\Gamma_m$ , ммоль/м<sup>2</sup>), посадочну площу молекул ( $S_m$ , м<sup>2</sup>). Колоїдно-хімічні властивості розчинів хлоргексидину наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Колоїдно-хімічні властивості розчинів хлоргексидину

Клас ПАР	$C_{\text{ККМ}}$ , г/л	$\sigma_{\text{ККМ}}$ , мН/м	$\theta$ , град	$W_{\text{зм}}$	$D$	$S_{\text{барв}}$ , мг/л	$\Gamma_m$ , ммоль/м <sup>2</sup>	$S_m$ , м <sup>2</sup>
КПАР	0,5	52,49	20,33	49,22	0,01	0,15	0,0264	$3,79 \cdot 10^{-19}$

За даними таблиці 3.2, ККМ похідної бігуанідину складає 0,5 г/л. Невисокі значення ККМ розчинів похідної бігуанідину сприяють застосуванню даних засобів в різних галузях промисловості.

Висока ефективність дії, безпечність та невелика ціна розширюють можливості використання хлоргексидину в якості протибактеріального компонента при очищенні та заключному обробленні текстильних виробів. Концентрація залежатиме від типу тканини та сумісності з іншими компонентами композиції.

На відміну від інших протимікробних засобів, похідна бігуанідину не залишає слідів на пластику, штучній і натуральній шкірі, тканині, папері, тобто не зіпсує фурнітуру та конструкційні елементи сучасних текстильних виробів.

Протимікробні препарати (спиртові розчини, дисперсії полімерів, колоїдні розчини ПАР) залежно від умов використання (концентрації, тривалості дії, чутливості мікробів до препарату та ін.) можуть в одних випадках викликати загибель мікробів (бактерицидна дія), в інших затримати їх зростання (бактеріостатична дія). Їх використовують для дезінфекції приміщень, для передопераційної обробки рук хірургів, при лікуванні захворювань, у харчовій промисловості, для оберігання від руйнування мікроорганізмами різних неметалічних матеріалів, для захисту пластмас і інших матеріалів, надання опорядження текстильним виробам.

На основі аналізу фізико-хімічних властивостей протимікробних засобів вітчизняного виробництва, розглянемо ефективність їх застосування для протимікробної обробки текстильних матеріалів.

### 3.2 Оцінка ефективності дії протимікробних засобів вітчизняного виробництва

Одним з найпоширеніших видів руйнування текстильних матеріалів в процесі експлуатації та під впливом зовнішніх факторів є

мікробіологічна деструкція, яка відбувається внаслідок розвитку трьох основних типів мікроорганізмів: бактерій, актиноміцетів і грибів. 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 спричиняти їх руйнування [48, 49].

Найбільше піддаються мікробіологічним пошкодженням текстильні матеріали на основі натуральних волокон – наприклад, целюлозні матеріали. Надмірний ріст і розвиток мікроорганізмів на матеріалах призводить до погіршення їх експлуатаційних властивостей, скорочення терміну використання текстильних виробів. Тому актуальною проблемою текстильної індустрії є вибір та застосування протимікробних препаратів, які б не тільки знищували небажані мікроорганізми, але й не погіршували якісні характеристики матеріалів та виробів.

В даний час у текстильній індустрії відбувається активний пошук найбільш досконалих і екологічно безпечних речовин для виробництва стійких целюлозних матеріалів різного функціонального призначення.

Питанню розробки матеріалів з протимікробними властивостями присвячено багато наукових праць [20-22], в яких доведено, що створення таких виробів можливе з використанням протимікробних засобів, які не знижують їх експлуатаційні та гігієнічні властивості. З метою протимікробної обробки використовують традиційні протимікробні речовини, які не завжди є досить ефективними, і можуть мати токсичний вплив на споживачів і довкілля. Тому, важливе застосування безпечних для людей і довкілля, доступних протимікробних засобів.

До застосування протимікробних засобів в текстильній промисловості існує ряд вимог [18, 19, 47]:

- повинні мати високу протимікробну активність відносно всіх збудників інфекційних, вірусних і паразитарних захворювань;

- мати невисоку токсичність для людей і тварин, не пошкоджувати шкіру і слизові оболонки;
- бути дешевими, не мати запаху і властивостей барвників.

Бажано, щоб ці засоби діяли швидко і тривало зберігали свою активність. Протимікробна активність засобів [1, 4, 5, 14] визначається феноловим коефіцієнтом (відношення концентрації фенолу до концентрації досліджуваного препарату). Протимікробні засоби не повинні псувати вироби, які обробляють. На сьогодні жоден із існуючих протимікробних засобів повністю не відповідає цим вимогам.

Для надання певних властивостей застосовують різні речовини і методи обробки. Процеси спеціальних обробок можуть поєднувати. Внаслідок величезних матеріальних втрат спричиненими дією мікроорганізмів, в даний час все більша увага приділяється захисту текстильних виробів, пошкоджених при виробництві, експлуатації, зберіганні [50, 51].

Оскільки для різних типів волокон надання протимікробної обробки внаслідок високих температур при переробці практично неможливо, більш гнучкою та поширеною технологією є надання протимікробних властивостей на стадії заключного оброблення текстильних виробів.

Проте, просочення текстильних полотен не завжди забезпечує міцне закріплення реагентів, внаслідок цього протимікробна дія таких композицій недовготривала. Найбільш ефективними способами надання текстильним виробам протимікробних властивостей є ті, які забезпечують утворення зв'язку компонентів композиції з матеріалом, тобто способи модифікації поверхні текстильних виробів. Тому досліджували протимікробну дію хлоргексидину, декасану, гідрогену пероксиду, етанолу.

Експериментальне дослідження протимікробних властивостей засобів вітчизняного виробництва [32-34] проводилось на клінічних штаммах мікроорганізмів.

Мінімальні бактеріостатичні концентрації (МБсК) та мінімальні фунгістатичні концентрації (МФсК) встановлювали оптично за відсутністю або

наявністю видимого росту мікроорганізмів після 24 год. інкубації для бактерій та 48 год. для дріжджеподібного гриба роду *Candida*. Мінімальні бактеріоцидні концентрації (МБцК) та мінімальні фунгіцидні концентрації (МФцК) визначали шляхом вилучення мікроорганізмів із луночок планшети, де ріст не спостерігався, з середовища з досліджуваним розчином та наступним пересівом на тверде поживне середовище після інкубації за наявністю чи відсутністю росту (рисунок 3.3).

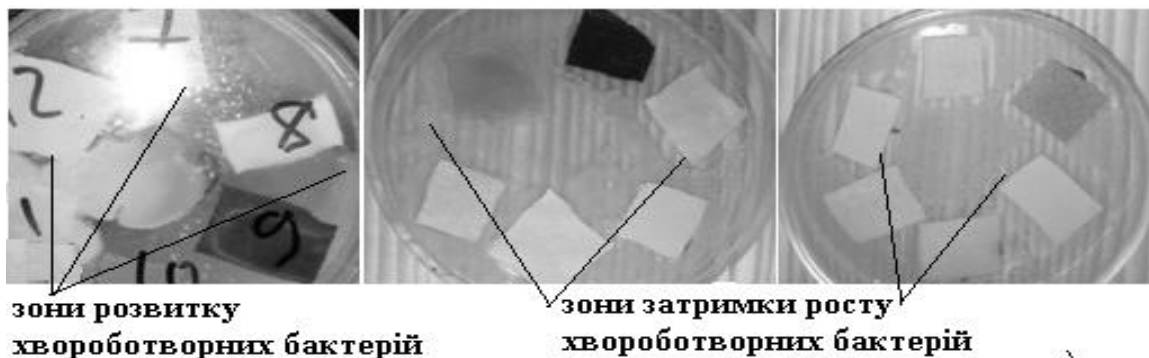


Рисунок 3.3 – Зони розвитку та зони затримки росту хвороботворних бактерій на зразках текстильних матеріалів після обробки протимікробними засобами

Результати дослідження протибактеріальної дії протимікробних засобів при різному мікробному навантаженні наведено в таблиці 3.2.

За даними таблиці 3.2 видно, що розчин похідної бігуанідину інгібував ріст та розмноження *S. aureus* у концентраціях від 6,1 до 24,4 мкг/мл. Цидний ефект спостерігався у концентраціях на порядок вищих, тобто від 12,2 до 48,8 мкг/мл. Щодо культур *E. coli*, МБсК розчину коливалась від 12,2 до 48,8 мкг/мл, а МБцК відповідала від 24,4 до 97,66 мкг/мл. Дріжджеподібні гриби роду *Candida* призупиняли ріст та розмноження у концентраціях розчину від 6,1 до 24,4 мкг/мл, їх життєдіяльність не відновлювалась після культивування у концентраціях досліджуваного розчину від 12,2 до 48,8 мкг/мл.

Таблиця 3.2 – Протимікробна дія водного розчину хлоргексидину

№ з/п	Штами мікроорганізмів								
	<i>S. aureus</i>			<i>E. coli</i>			<i>C. albicans</i>		
	МБсК	МБцК	ЗЗРК*	МБК	МБК	ЗЗРК	МФсК	МФцК	ЗЗРК
	розведення		мм	розведення		мм	розведення		мм
1	12,2	24,4	28	48,8	48,8	20	12,2	24,4	25
2	24,4	48,8	26	12,2	48,8	20	24,4	48,8	20
3	12,2	24,4	28	24,4	48,8	22	12,2	24,4	22
4	12,2	24,4	29	48,8	97,6	18	6,1	12,2	25
5	6,1	12,2	30	24,4	48,8	22	12,2	24,4	20
6	12,2	24,4	29	48,8	48,8	21	6,1	12,2	21
7	12,2	24,4	30	24,4	24,4	26	24,4	48,8	22
8	12,2	24,4	28	48,8	48,8	20	6,1	12,2	20
9	24,4	24,4	29	48,8	48,8	18	24,4	48,8	23
10	12,2	24,4	27	48,8	48,8	21	12,2	24,4	21
11	12,2	24,4	28	24,4	48,8	23	12,2	24,4	20
12	24,4	48,8	29	48,8	24,4	20	6,1	12,2	20

Примітка: ЗЗРК – зона затримки росту газону культури

Бактерицидний механізм дії хлоргексидину полягає у взаємодії з фосфатними групами ліпідного шару бактеріальної клітини, що в кінцевому результаті призводить до руйнування оболонки клітини. Зв'язування з фосфоліпідами відбувається за рахунок груп =NH в молекулі хлоргексидину. Змішані міцели містять у поверхневому шарі молекули хлоргексидину, які наближені одна до одної набагато більше, ніж в індивідуальному розчині. При контакті такої міцели

з бактеріальною клітиною на мембрані клітини адсорбується значно більша кількість активної речовини, порівняно з індивідуальним розчином. Це спричиняє більше руйнування мембрани в локальному місці, що є визначальним у процесі подальшого руйнування клітин. В низьких концентраціях розчинів хлоргексидину спостерігається бактеріостатичний ефект, знижуючи проникність цитоплазматичних мембран, але цей процес може бути зворотним. Тому концентрування хлоргексидину в змішаній міцелі буде сприяти бактерицидному ефекту.

На рисунку 3.4 представлено чутливість газонних культур різних мікроорганізмів до дії розчинів хлоргексидину і декаметоксину.

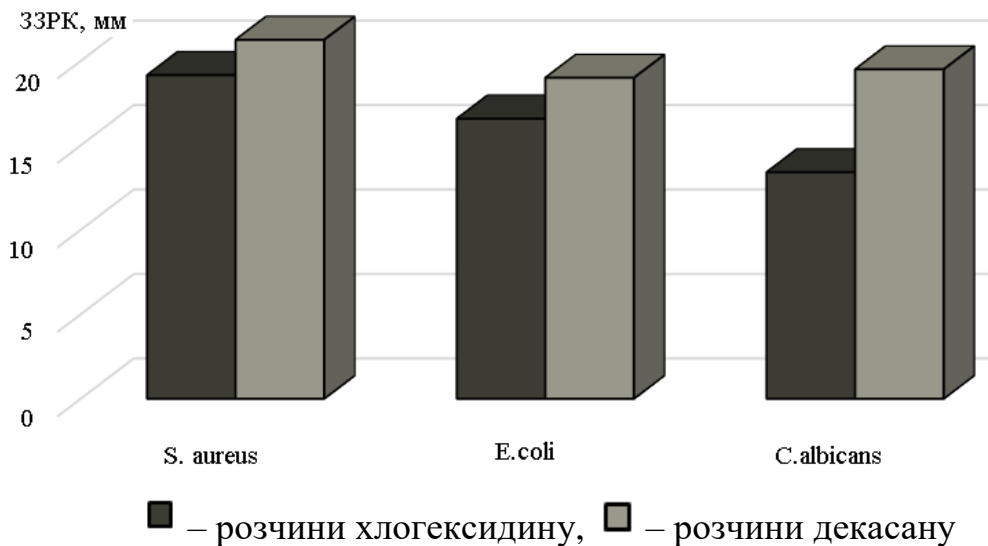


Рисунок 3.4 – Вплив розчинів хлоргексидину і декасану на чутливість газонних культур мікроорганізмів

З метою оцінки впливу протимікробних засобів на здоров'я людини визначено показники токсикологічного навантаження на живі організми.

Всі представники нормальної мікрофлори шкіри людини виконують одну з найважливіших функцій у неспецифічному імунному захисті, вони колонізують біотоп та захищають дану територію від заселення патогенними мікроорганізмами. Але інколи й представники нормальної мікрофлори можуть нести небезпеку для

імуносупресивного організму чи на фоні кількісних та якісних порушень у мікробіоценозі, стаючи патогенами. Так, представник нормофлори шкіри людини *Propionibacterium* може володіти патогенністю при надмірній колонізації на фоні порушень у мікробіомі шкіри. Типовим видом роду *Propionibacterium* є *P. freudenreichii*.

Шкіра людини постійно контактує з одягом, тобто відкриті ділянки мають більш непостійну мікрофлору, а закриті є залежними від текстилю та умов його використання. Тому, у процесах обробки текстильних виробів необхідно застосовувати композиції, які якісно видалятимуть бруд з матеріалів та захищатимуть організм людини від шкідливої дії мікроорганізмів. Дослідження впливу протимікробних засобів вітчизняного виробництва, на представника нормальної мікрофлори тіла людини *P. freudenreichii* наведено в таблиці 3.3.

При впливі необроблених зразків тканин на культуру *P. freudenreichii* ( $10^7$  КУО/мл) чисельність бактерій не знижувалась, а, навпаки, збільшилась на порядок, до  $4,7 \cdot 10^8$  КУО/мл,  $3,6 \cdot 10^8$  КУО/мл,  $4,1 \cdot 10^8$  КУО/мл та  $5,3 \cdot 10^8$  КУО/мл відповідно. Це свідчить про відсутність впливу необроблених зразків на ріст та розмноження культури, а за рахунок високої густини культури *P. freudenreichii* найвірогідніше чисельність бактерій зростає лише на порядок.

Наступне дослідження з відновлення культури підтвердило попередні припущення, референт-мікроорганізм збільшив свою чисельність до  $10^8$ - $10^9$  клітин/мл. Отже, чисельність *P. freudenreichii* ( $10^8$  КУО/мл) бактерій не знижувалась, а, навпаки, підвищувалась до  $1,83 \cdot 10^9$  КУО/мл, до  $1,65 \cdot 10^9$  КУО/мл, до  $2,4 \cdot 10^9$  КУО/мл та до  $2,22 \cdot 10^9$  КУО/мл, відповідно. Відновлення культури було таким як і в попередньому експерименті, що засвідчує відсутність впливу необроблених зразків на життєдіяльність представника мікрофлори тіла людини *P. freudenreichii*.

Таблиця 3.3 – Результати дослідження впливу протимікробних речовин на відновлення *P. freudenreichii* при різному мікробному навантаженні

Зразки тканин	Мікробне навантаження – $10^7$		Мікробне навантаження – $10^8$	
	Кількість КУО/мл через 24 год. інкубації	Відновлення культури / експозиція зразка тканини 48 год.	Кількість КУО/мл через 24 год. інкубації	Відновлення культури / експозиція зразка тканини 48 год.
Вихідні зразки тканин (необроблені)				
Тканина 1	$4,7 \cdot 10^8$	+++++	$1,83 \cdot 10^9$	+++++
Тканина 2	$3,6 \cdot 10^8$	+++++	$1,65 \cdot 10^9$	+++++
Тканина 3	$4,1 \cdot 10^8$	+++++	$2,4 \cdot 10^9$	+++++
Зразки тканин оброблені розчином хлоргексидину				
Тканина 1	$2,4 \cdot 10^4$	+++	$1,83 \cdot 10^5$	+++
Тканина 2	$1,3 \cdot 10^3$	++	$7,2 \cdot 10^4$	+++
Тканина 3	$4,4 \cdot 10^2$	++	$3,9 \cdot 10^3$	++

Примітка: КУО – колонієутворючі одиниці;

«+» - відновлення здатності культури до колонізації живильного середовища (розрахунки проводились за стандартом МакФарланда):

+ - концентрація бактеріальної суспензії 1 - 10 клітин/мл;

++ - концентрація бактеріальної суспензії  $10^2$  -  $10^3$  клітин/мл;

+++ - концентрація бактеріальної суспензії  $10^4$  -  $10^5$  клітин/мл;

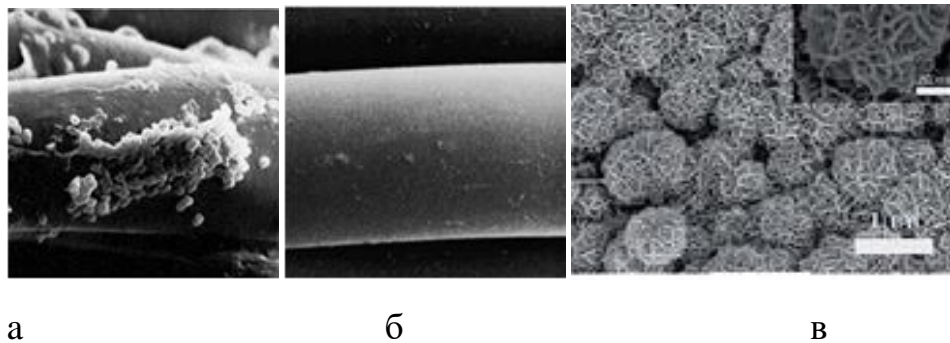
++++ - концентрація бактеріальної суспензії  $10^6$  -  $10^7$  клітин/мл;

+++++ - концентрація бактеріальної суспензії  $10^8$  -  $10^9$  клітин/мл.

Тканина 1: бавовна 100 %; тканина 2: 80 % бавовна, 20% поліестер; тканина 3: 100 % віскоза.

Подібна тенденція спостерігалася для декаметоксину, гідрогену пероксиду, етанолу.

Зображення волокон і після обробки протимікробними речовинами наведено на рисунку 3.4.



а – необроблене волокно; б – оброблене біоцидними речовинами; в – фіксація протимікробних речовин на волокнах

Рисунок 3.4 – Зображення волокон тканини під мікроскопом

Дослідження протимікробної дії протимікробних засобів вітчизняного виробництва (хлоргексидину, декасану, гідрогену пероксиду, етанолу) свідчить про те, що їх застосування може бути ефективним надання протимікробних властивостей сильно забрудненим виробам, виробам спеціального призначення (для військових, спортсменів і т. ін.).

### 3.3 Дослідження впливу протимікробних засобів вітчизняного виробництва на споживні властивості текстильних матеріалів

Враховуючи результати досліджень підрозділу 3.1 та вимоги до протимікробних засобів, які застосовують при опорядженні текстильних матеріалів, досліджували ефективність дії на споживні властивості текстильних матеріалів хлоргексидину, декаметоксину, гідрогену пероксиду.

В експериментальних дослідженнях кваліфікаційної роботи використовували наступні фізико-хімічні методи досліджень: експериментально-

розрахункові стандартизовані методи дослідження; методи ІЧ-спектроскопії, цифрової мікроскопії для визначення впливу протимікробних засобів на зміни у структурі та складі текстильних матеріалів; діючі стандартизовані методики для визначення властивостей текстильних матеріалів.

В процесі експлуатації текстильних виробів організм людини має безпосередній контакт з текстильними матеріалами протягом всього життя, тому питання їх безпечності на сьогодні є особливо важливим у виробництві текстильних матеріалів і одягу [12, 13]. Отримати текстильні матеріали зі спеціальними властивостями можливо за допомогою застосування поліелектролітів, дисперсій полімерів, мінералів, наночастинок, активних добавок та синергетичних композицій на їх основі. Після обробки ТДР комплексної дії текстильні матеріалам надаються антиадгезійні, водовідштовхувальні, капілярні, антистатичні, гігієнічні, антимікробні властивості в залежності від їх конкретного призначення і галузі застосування.

Гігієнічні властивості текстильних виробів забезпечують доцільність їх застосування на стадіях формування асортименту, а також впливають на галузі використання виробів та їх сертифікацію. Характеристиками гігієнічних властивостей є гігроскопічність, вологовіддача, вологопоглинання, капілярність.

Гігроскопічність, вологовіддача текстильних виробів залежать від здатності волокон сорбувати пари води в середовищі високої вологості і десорбувати їх у сухому середовищі.

Вони залежать від будови матеріалу (товщини і пористості), складу волокон і способу обробки, а також впливають на теплозахисні властивості виробів, зокрема тепловіддачу. Показники цих властивостей текстильних виробів дещо вищі за показники окремих волокон, з яких вони складаються, що пов'язано з впливом структури виробу на його гігроскопічність.

Водотривкість характеризує стійкість текстильних полотен до проникання води

Цю властивість називають ще стійкістю до промокання, або стійкістю до появи води з протилежного боку полотна в разі спрямованої дії водяних

струменів, наприклад дощу, має важливе значення для верхнього одягу, захисних текстильних виробів, виробів спеціального призначення

У процесі життєдіяльності людський організм постійно виділяє у підодяговий простір пароподібну вологу, об'єм якої залежить від кліматичних умов, характеру праці та індивідуальних особливостей людини. Найважливішою функцією текстильних виробів є здатність поглинати цю пару і переносити її з підодягового простору в навколишнє середовище, створюючи при цьому відчуття комфорту.

Передача вологи має бути помірною, оскільки з нею тісно пов'язаний теплообмін.

Паропроникність через текстильні полотна і вироби з них відбувається переважно через наскрізні пори (аналогічно проходженню повітря) та сорбцією пари волокнами полотна з підодягового середовища внутрішнім переносом вологи в структурі полотна та її десорбцією в навколишнє середовище з меншою вологістю повітря.

Паропроникність текстильних матеріалів залежить від їх пористості, гігроскопічних властивостей волокон, пряжі або ниток, щільності і загального наповнення матеріалу волокнами.

Для високощільних і товстих матеріалів вирішальне значення мають гігроскопічні властивості волокон.

Капілярність характеризує здатність вбирати рідину і переносити її наявними в структурі полотна капілярами. Важливою передумовою капілярності матеріалу є змочування. Іншим важливим чинником цієї властивості є структура матеріалу. За наявності цих чинників крапля рідини, що попадає на поверхню полотна, поглинається його порами і переноситься капілярами площею виробів, що впливає на зміну лінійних розмірів тканин. Показники гігроскопічності текстильних виробів характеризують їх здатність пропускати водяну пару із середовища з високою вологістю в середовище з меншою вологістю повітря.

В основному гігроскопічність текстильних виробів визначають гігроскопічність складових її волокон та структура тканин. Гігроскопічність

тканин характеризують кількістю вологи, яку тканина поглинає у разі витримування протягом 4 год. в атмосфері зі 100 % вологістю, а також висотою підйому стовпа рідини капілярами волокон.

Гігієнічні властивості текстильних матеріалів після обробки протимікробними засобами вітчизняного виробництва, визначено за показниками гігроскопічності тканин. В таблиці 3.4 наведено результати досліджень капілярності зразків тканини (h, мм), яка визначає якість очищення пор текстильних матеріалів і відповідно гігроскопічність виробів.

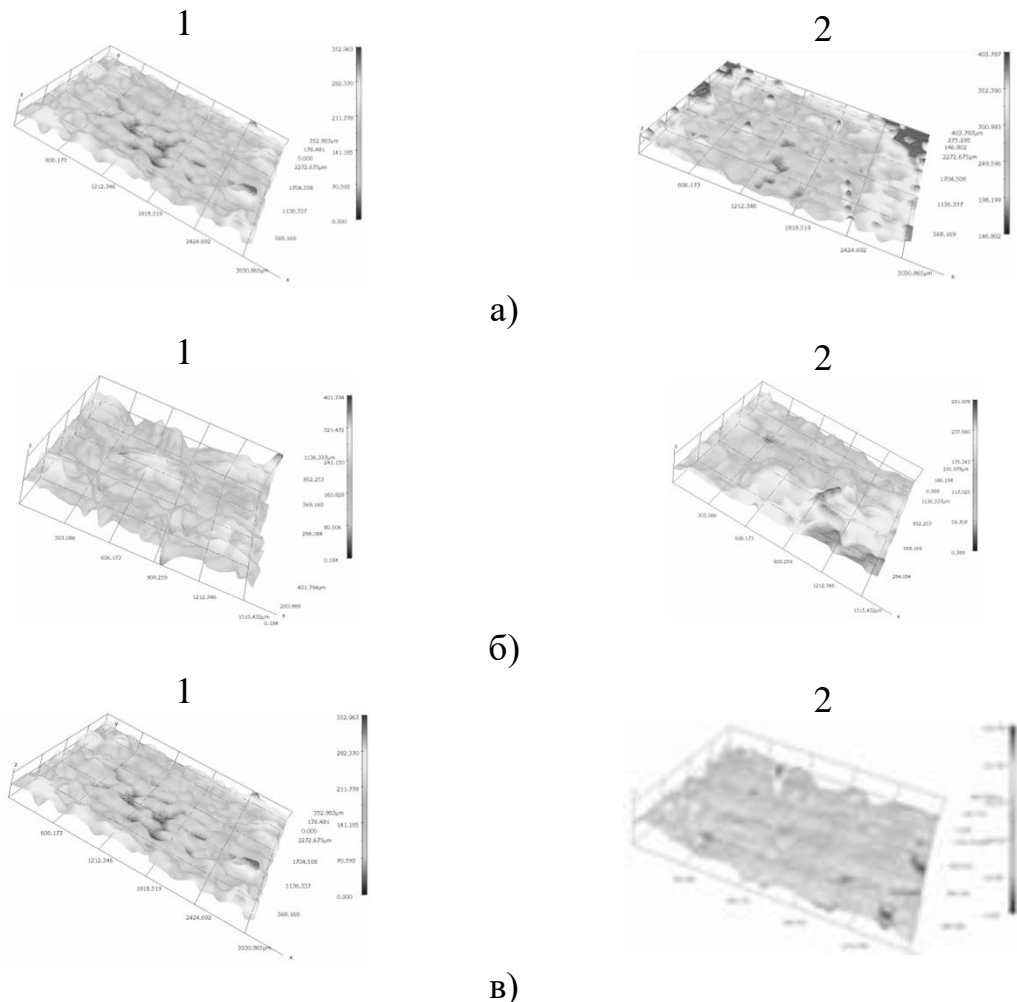
Таблиця 3.4 – Капілярність досліджуваних зразків тканини, h, мм

Зразок тканини / протимікробний засіб	Висота підняття розчинів h, мм	
	основа	підкання
Тканина 1, 100 % бавовна		
Чистий	92	90
Декасан	99	90
Хлоргексидин	101	92
Гідроген пероксид	98	98
Тканина 2, 80 % бавовна, 20 % поліестер		
Чистий	90	73
Декасан	96	84
Хлоргексидин	83	65
Гідроген пероксид	108	86
Тканина 3, 100 % Віскоза		
Чистий	45	50
Декасан	50	45
Хлоргексидин	36	35
Гідроген пероксид	70	69

Дослідження показали, що протимікробні засоби видаляють домішки та супутні речовини, що залишаються на тканині в процесі її виробництва, тобто відбувається очищення пор на поверхні текстильних виробів, що в свою чергу

підвищує капілярність текстильних матеріалів. Експериментальні дані свідчать про те, що обробка тканин з бавовни сприяє підвищенню їх гідрофільності від 25 до 35 %, що виражається у покращенні їх змочувальності водними розчинами і збільшенню капілярності за рахунок присутності на матеріалах адсорбованих ПАР.

Дослідження структурно-морфологічних змін текстильних виробів проведено за допомогою цифрового мікроскопу Nirox® КН-8700. Спостерігали рельєфне зображення, рисунок 3.5 поверхні зразків тканин без обробки протимікробними засобами та після обробки в розчинах протимікробних засобів вітчизняного виробництва, на прикладі хлоргексидину (2).

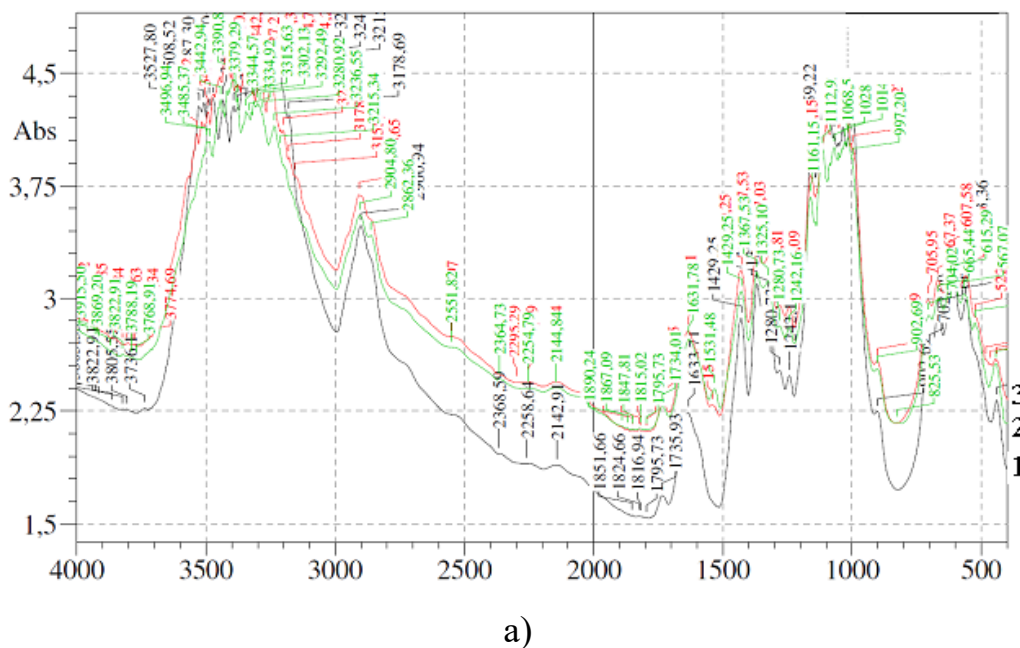


а) тканина 1, 100 % бавовна; б) тканина 2, 80 % бавовна, 20 % поліестер; в)  
тканина 3, 100 % віскоза

Рисунок 3.5 – Рельєфне зображення поверхні зразків тканин

Аналіз цифрових зображень поверхні зразків показує, що поверхня зразків тканин оброблених розчинами хлоргексидину набуває гладкості, м'якості грифу, блиску і щільності поверхні. Подібні закономірності спостерігаються при обробці зразків тканини 2, тканини 3.

Вплив протимікробних засобів на структуру текстильних матеріалів досліджено за допомогою методів ІЧ-спектроскопії на ІЧ-Фур'є спектрометрі IRAffinity-1 (Shimadzu®, Японія), рисунок 3.6.



1 – хлоргексидин; 2 – декасан, 3 – гідроген пероксид

Рисунок 3.6 – Спектральний аналіз зразків (тканина 1, 100 % бавовна) після обробки протимікробними засобами

Зміни міцності текстильних матеріалів, які мають дефекти в структурі, при збільшенні ступеня зшивки макромолекул можна пояснити тим, що внаслідок ущільнення внутрішніх шарів волокна можуть збільшуватись розміри мікротріщин всередині волокна, що призводить до падіння міцності.

Характер і ефективність взаємодій функціональних груп оцінено за зміною інтенсивності оптичної густини відповідних характеристичних смуг поглинання. Згідно літературних джерел [52] виконано аналіз смуг поглинання в ІЧ-спектрах

вихідних речовин і продуктів їх взаємодії відповідно до частот коливань характеристичних груп атомів.

В результаті ІЧ-спектроскопічних досліджень встановлено, що смуги зв'язаної абсорбованої води зміщені в область низьких частот, а також відбувається зменшення їх інтенсивності внаслідок витягування ОН-груп.

Спектральний аналіз засвідчив, що целюлозні зразки містять первинні та вторинні -ОН групи, які мають максимуми приблизно рівної інтенсивності:  $3823\text{ см}^{-1}$  – первинна -ОН та  $3527\text{ см}^{-1}$  – вторинна -ОН;  $3806\text{ см}^{-1}$  – первинна -ОН та  $3497\text{ см}^{-1}$  – вторинна -ОН;  $3736\text{ см}^{-1}$  – первинна -ОН та  $3442\text{ см}^{-1}$  – вторинна -ОН для тканини 1, що здатні утворювати водневий зв'язок різної сили.

Первинні групи утворюють такий зв'язок швидше, однак він слабкіший за силою взаємодії, а вторинні групи – повільніше, але зв'язок сильніший. Аналіз одержаних ІЧ-спектрів показав, що завдяки водневим зв'язкам забезпечується здатність компонентів протимікробних засобів добре сорбуватися та утримуватися на поверхні і всередині молекул волокон.

Проведення оцінки зміни споживних властивостей зразків тканин (міцність, жорсткість, незминальність) після обробки протимікробними засобами є актуальним та має практичне значення для виробників та споживачів одягу [18, 19, 26]. Оскільки жорсткі тканини не драпіруються, а вироби з них погано лежать на фігурі людини, обмежують її рухи. Підвищена жорсткість ускладнює розкроювання, оскільки нагріваються ножі, під час зшивання підвищується температура голки, що зменшує міцність швейних ниток, виникають труднощі в проведенні волого-теплової обробки тканин.

Аналіз даних показує, що на жорсткість тканин впливають різні фактори. Природна жорсткість волокон, наприклад, жорсткість волокон льону пояснюється змістом пектинів в волокні, а жорсткість синтетичних волокон – круглою формою їх поперечного перерізу. Жорсткість виробів зростає при збільшенні товщини та ступеня кручення пряжі (нитки). При скороченні довжини перекриттів в переплетенні жорсткість тканини зростає. Також при збільшенні товщини та щільності тканини жорсткість зростає.

Залежно від виду обробки змінюється жорсткість текстильних виробів. Апретування, валяння збільшують жорсткість, а ворсування, відварювання, хімічні обробки – зменшують. Визначення жорсткості EI, мкН·см<sup>2</sup> зразків тканин після обробки протимікробними засобами наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Жорсткість EI, мкН·см<sup>2</sup> зразків тканин після обробки протимікробними засобами

Зразок тканини / протимікробний засіб	Жорсткість EI, мкН·см <sup>2</sup>	
	основа	піткання
Тканина 1, 100 % бавовна		
Чистий	1646	1088
Декасан	1646	1337
Хлоргексидин	1646	1088
Гідроген пероксид	1999	2915
Тканина 2, 80 % бавовна, 20 % поліестер		
Чистий	3407	1955
Декасан	3053	1955
Хлоргексидин	2972	1955
Гідроген пероксид	3461	1992
Тканина 3, 100 % Віскоза		
Чистий	977	887
Декасан	977	945
Хлоргексидин	931	973
Гідроген пероксид	1187	1047

Аналіз жорсткості бавовняних зразків після обробки протимікробними засобами, показує, що обробка розчинами хлоргексидину дещо зменшує жорсткість матеріалів. При обробці розчинами декасану та гідрогену пероксидом жорсткість дослідних зразків як по основі, та і по пітканню.

Таким чином, протимікробна обробка засобами на основі хлоргексидину може бути рекомендована для виробів білизняного асортименту, а для формостійких виробів (сорочок, корпоративного одягу) – обробка четвертинними амонієвими солями – розчинами декасану.

Жмакання – властивість матеріалу чинити опір згинанню, зминанню та здатність відновлювати первинний стан після зняття зусилля, що викликало його згинання, або зминання. Жмакання полотен істотно залежить від волокнистого складу і будови матеріалу, а також складу апрету при обробках. Жмакання текстильних матеріалів відповідно ДСТУ 4143-2002/ГОСТ 31101-2003 оцінюють за допомогою показників незминальності і зминальності. Показник незминальності для малозминальних виробів має значення від 30 до 45 %, для середньозминальних – від 46 до 55 %, для незминальних – від 55 % відповідно.

Для оцінки незминальності необхідно враховувати не тільки пружно-еластичні властивості відновлення після зминання, але і різні навантаження, які діють на матеріал в процесі експлуатації [23, 40, 41]. Під зминальністю розуміють здатність виробу утворювати при перегибах складки і зморшки внаслідок виникнення пластичних деформацій згинання. Найбільша зминальність характерна для тканин, особливо для тих, які складаються з волокон з мінімальними значеннями величин еластичного відновлення, зокрема з целюлозних волокон (віскозних, бавовняних), а найменша зминальність характерна для трикотажних полотен. Зі збільшенням кручення ниток підвищується їх пружність і зменшується зминальність тканин.

Показники жмакання зразків тканин, оброблених протимікробними засобами вітчизняного виробництва, характеризували коефіцієнтом незминальності  $K_n$ , %. Результати досліджень наведено в таблиці 3.6.

Дослідження жмакання зразків тканин показало, що відновлення зразків за основою у порівнянні з відновленням за пітканням відбувається швидше, за рахунок пружних деформацій ниток основи. У порівнянні з вихідними зразками, зміни жмакання зразків після обробки протимікробними засобами незначні і

коефіцієнт незмиральності ( $K_n$ , %), становить від 37,2 % до 90 % для тканини 1 по основі та від 77,2 % до 96,1 % відповідно.

Таблиця 3.6 – Коефіцієнти незмиральності  $K_n$ , % зразків тканин оброблених протимікробними засобами

Зразок тканини / протимікробний засіб	Коефіцієнт незмиральності $K_n$ , %	
	основа	підкання
Тканина 1, 100 % бавовна		
Чистий	82,8	84,4
Декасан	81,7	80
Хлоргексидин	82,8	80
Гідроген пероксид	90	95
Тканина 2, 80 % бавовна, 20 % поліестер		
Чистий	83,9	60
Декасан	82,2	90
Хлоргексидин	72,8	77,8
Гідроген пероксид	88,9	89,4
Тканина 3, 100 % Віскоза		
Чистий	40,5	82,8
Декасан	45,5	96,1
Хлоргексидин	37,2	78
Гідроген пероксид	39,4	77,2

Здатність виробів витримувати дію багатократних деформацій розтягування є характеристикою терміну використання текстильних виробів та збереження споживних властивостей в процесі експлуатації. При багатократних згинах виробів відбувається поступове розхитування внутрішньо молекулярної структури волокон та ниток, про що свідчить зменшення в'язкості їх розчинів після багатократних згинів. Крім цього, спостерігається порушення зовнішніх зв'язків між окремими волокнами в пряжі, між окремими елементарними нитками

в комплексних нитках і між нитками в виробках.

До напівциклових розривних характеристик механічних властивостей текстильних виробів, як і волокон та ниток, відносять розривальне навантаження, видовження на момент розірвання [37, 38].

Для виявлення впливу густини, виду переплетення та інших структурних характеристик виробів на міцність їх до розтягування визначають розрахункове розривальне навантаження на одну нитку в тканині за основою чи пітканням.

Одним із основних критеріїв оцінки механічних властивостей, міцності, а відповідно, збереження споживних властивостей текстильних виробів є розривальне навантаження ( $P_r$ , Н) та видовження на момент розірвання ( $I_r$ , %). Дані про зміну механічних властивостей зразків тканин після обробки в розчинах протимікробних засобів представлено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Механічні властивості зразків тканин після обробки в протимікробних засобах

Зразок тканини / протимікробний засіб	Розривальне навантаження $P_r$ , кН		Видовження на момент розірвання $I_r$	
	основа	піткання	основа	піткання
1	2	3	4	5
Тканина 1, 100 % бавовна				
Чистий	1,05	0,62	34	40
Декасан	1,04	0,68	38	41
Хлоргексидин	0,93	0,61	35	47
Гідроген пероксид	1,03	0,60	35	43
Тканина 2, 80 % бавовна, 20 % поліестер				
Чистий	2,5	1,38	21	25
Декасан	2,5	1,34	26	29
Хлоргексидин	2,1	1,37	28	31
Гідроген пероксид	2,2	1,27	23	29

Кінець табл. 3.7

1	2	3	4	5
Тканина 3, 100 % Віскоза				
Чистий	0,79	0,52	49	33
Декасан	0,79	0,51	31	21
Хлоргексидин	0,82	0,49	31	34
Гідроген пероксид	0,78	0,53	37	32

Повна деформація, що виникає при розтягуванні текстильних виробів під дією навантаження, меншого за розривальне, складається із пружної, еластичної та пластичної деформацій. Зворотні деформації, що складаються із пружної та еластичної, дуже важливі. При протимікробних обробках слід враховувати, що вироби із тканин або трикотажних полотен з високими значеннями швидко зворотніх деформацій, добре зберігають свою форму в процесі експлуатації, мають підвищену зносостійкість. Тому такий ефект доцільно застосовувати в процесі протимікробної обробки текстильних виробів спеціального призначення, технічних тканин, меблевої фурнітури.

Напівциклові розривальні характеристики, як і інші споживні властивості текстильних виробів, багато в чому пов'язані з технологічними параметрами процесу протимікробної обробки текстильних виробів. Необхідно враховувати, що зниження міцності при розтягуванні компенсує позитивний ефект по відношенню до інших властивостей.

Проведена оцінка змін споживних властивостей зразків текстильних матеріалів після обробки протимікробними засобами вітчизняного виробництва, підтвердила можливість їх використання для заключної обробки тканин різного асортименту.

Застосування протимікробних засобів вітчизняного виробництва в процесі заключної обробки текстильних матеріалів дозволить зберегти споживні властивості виробів різного асортименту, зокрема військового та спеціального

призначення. А також забезпечить передумови створення безпечної сировинної бази для виготовлення дезінфектантів в Україні.

### 3.4 Аналіз екологічного навантаження від використання протимікробних засобів вітчизняного виробництва

Для визначення екологічного навантаження від використання протимікробних засобів вітчизняного виробництва проводили біотестування рослин ряски, які візуально були життєздатні та мали хороший фізіологічний стан [35, 36]. Відібрані рослини ряски по 10 екземплярів поміщали у дослідні (розчини композицій) і контрольні (дистильована вода) скляні ємності об'ємом 500 мл при доброму природному сонячному освітленні. Облік біологічних показників проводили на 1, 3, 5, 7, 10-у добу.

Вплив від використання протимікробних засобів вітчизняного виробництва на об'єкт біотестування ряску (10 доба експерименту) наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Вплив від використання протимікробних засобів вітчизняного виробництва на біолого-фізіологічні показники рослин ряски

№ з/п	Протимікробні засоби	Дні проведення експерименту				
		1	3	5	7	10
		Кількість загиблих особин рослин, %				
1	Декасан	0	0	0	0	0
2	Хлоргексидин	0	0	0	0	0
3	Гідроген пероксид	0	0	0	0	0

Ступінь впливу токсичних речовин на ряску малу визначали за наступними біолого-фізіологічними показниками життєдіяльності рослин:

- стан рослин (зміна забарвлення листя із зеленого на біле, а потім жовте; втрата тургору, зів'яння листя; відрив листочків тощо);

- виживання рослин (кількість рослин ряски).

Під час дослідження всі особини ряски залишилися живим протягом проведення біотестування, що свідчить про безпечність вітчизняних протимікробних засобів: хлоргексидину, декасану, гідрогену пероксиду, Зокрема в літературі зустрічаються рекомендації використовувати розчини хлоргексидину, як добриво для рослин.

### 3.5 Математична обробка та статистичний аналіз результатів експериментів

Експериментальні дані оброблено відповідно методів математичної статистики з використанням програм Windows 10, Microsoft Office Excel 2010, MathCAD, Matlab.

Застосовано кореляційно-регресійний аналіз, який передбачає розрахунок точкових і інтервальних оцінок результатів дослідження [42].

З метою оцінки достовірності експериментальних даних, перевірки рівності середніх значень одержаних у двох вибірках використано критерій Стюдента (t-критерій). Потім визначають стандартне відхилення  $\sigma$  (середньоквадратичну похибку середнього значення вимірюваної величини на вказаних рівнях).

Перевірку адекватності отриманої регресійної моделі проведено за допомогою критерію Фішера. Для визначення однорідності дисперсій застосовано критерій Кохрена.

Статистична обробка експериментальних даних на прикладі протибактеріальної дії хлоргексидину до різного мікробного навантаження наведено у таблицях 3.9 – 3.11.

Таблиця 3.9 – Статистична обробка експериментальних даних протибактеріальної дії хлоргексидину до *S. aureus*

Результати дослідження	Види обробки	Обробка результатів
20	Середнє	19,30
21	Дисперсія	2,9
22	Помилка	1,702938637
20	Критерій Ст'юдента	2,262
16	Число дослідів	10
18	Довірчий інтервал	1,218
19	Рівень значущості	95%
18	-	-
19	-	-
20	-	-

Таблиця 3.10 – Статистична обробка експериментальних даних протибактеріальної дії хлоргексидину до *E. coli*

Результати дослідження	Види обробки	Обробка результатів
16	Середнє	16,90
18	Дисперсія	2,1
14	Помилка	1,449137675
18	Критерій Ст'юдента	2,262
17	Число дослідів	10
16	Довірчий інтервал	1,037
19	Рівень значущості	95%
16	-	-
18	-	-
17	-	-

Таблиця 3.11 – Статистична обробка експериментальних даних протибактеріальної дії хлоргексидину до *S. albicans*

Результати дослідження	Види обробки	Обробка результатів
12	Середнє	13,40
14	Дисперсія	6,488888889
13	Помилка	2,547329757
15	Критерій Стюдента	2,262
10	Число дослідів	10
18	Довірчий інтервал	1,822
16	Рівень значущості	95%
10	-	-
12	-	-
14	-	-

Застосуванням математичних методів планування експериментів, сучасної математичної статистики, регресійного і кореляційного аналізів з використанням прикладних програм EXCEL (OFFICE – 2010), Matlab, MathCAD, дозволило підтвердити достовірність результатів кваліфікаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено комплексні дослідження фізико-хімічних властивостей та особливості застосування вітчизняних протимікробних засобів. Здійснена порівняльна оцінка ефективності дії протимікробних засобів з урахуванням екологічних, технологічних, економічних показників. Підтверджено, що застосування протимікробних препаратів, сприяє підвищенню гігієнічних властивостей виробів. Визначено кількісні та якісні показники ефективності дії протимікробних препаратів при різному мікробному навантаженні з урахуванням мінімальної бактеріостатичної (МБсК), мінімальної бактеріоцидної (МБцК), – мінімальної фунгістатичної (МФсК); мінімальної фунгіцидної (МФцК) концентрацій. Проведено токсикологічну оцінку впливу протимікробних препаратів на живі організми.

Результати дослідження розривального навантаження та видовження, жорсткості та незминальності підтвердили можливість використання вітчизняних протимікробних засобів для протимікробної обробки целюлозних виробів, без руйнівного впливу на структуру матеріалів.

Проведені дослідження показали, що серед досліджуваних протимікробних речовин, широким спектром дії, володіє хлоргексидин. Аналіз виробництва хлоргексидину у порівнянні з іншими протимікробними засобами, свідчить про те, що вартість даного засобу менша, ніж гідрогену пероксиду, септилу плюс, декасану. Крім того, виробництво хлоргексидину здійснюється різними виробниками з різних регіонів України, що робить хлоргексидин широко доступним для потреб споживачів.

Застосування досліджуваних протимікробних засобів для дезінфекції текстильних матеріалів в промислових та побутових умовах забезпечить якісну протимікробну обробку, збереження споживних властивостей виробів і здорової мікрофлори шкіри людини.

Слід зазначити, що дезінфектанти можливо використовувати як основу при створенні препаратів індивідуального призначення для конкретного асортименту виробів та протимікробної обробки.

Використання вітчизняних протимікробних засобів дозволить підтримувати розвиток медичної і фармацевтичної промисловості України, що в цілому сприятиме зміцненню економіки держави.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Antiseptics and Disinfectants Market Size Report, 2022- 2030 // [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/antiseptics-and-disinfectants-market>. (дата звернення: 11.09.2022).
2. Брицун В.М. / Сучасні хімічні дезінфектанти та антисептики. Частина I / В. М. Брицун, Н.В. Сімурова, І.В. Попова, О.В. Сімуров // Журнал органічної та фармацевтичної хімії. – 2021. – Т. 19, вип. 3 (75). – С. 3 – 14. <https://doi.org/10.24959/ophcj.21.231997>.
3. WHO JPO - Technical Officer, Pandemic Influenza Preparedness (PIP) [Електронний ресурс] Режим доступу: // <http://www.who.int/> (дата звернення: 11.09.2022).
4. . Jing J. L. / Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulations / Jing, J. L., Thong, P. Y., Bose R. C., McCarthy, J. R. // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – Vol. 17 (9). – P. 3326. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093326>
5. Danielsen A., Olofsen H., Bremdal B. A. Increasing fall risk awareness using wearables: A fall risk awareness protocol // Journal of Biomedical Informatics. 2016. Vol. 63. P. 184–194.
6. EPA's Strategic Plan / [Електронний ресурс] Режим доступу: / <https://www.epa.gov> (дата звернення: 11.09.2022).
7. Gross R., Hanna R., Gambhir A., Neptonstall P., Speirsc J. How long does innovation and commercialisation in the energy sectors take? Historical case studies of the timescale from invention to widespread commercialisation in energy supply and end use technology // Energy Policy. 2018. Vol. 123. P. 682–699. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.061>.
8. Довідник лікарських засобів [Електронний ресурс] // [Preparat.org.ua](http://Preparat.org.ua). (дата звернення: 11.09.2022).
9. Юрія-Фарм [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.uf.ua/ua/> (дата звернення: 11.09.2022 р.).

10. Антисептики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://organic-eso.com.ua/> (дата звернення 18.09.2022 р.).
11. Спрей для домашнього текстилю [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://prom.ua/> (дата звернення 18.09.2022 р.).
12. Нековаль І.В., Казанюк Т.В. Фармакологія: підручник / І.В. Нековаль, Т.В. Казанюк. – 4-е вид., виправл. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 520 с.
13. Загальна хірургія” підручник / С. Д. Хіміч, М. Д. Желіба, І. Д. Герич та ін. За ред. С. Д. Хіміча, М. Д. Желіби. – 3-є вид., переробл. І допов. – К.: ВСВ «Медицина», 2018. – 608 с.
14. Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 20.09.2022 р.).
15. Курс лекцій з загальної хірургії: навчально-методичний посібник. – 2-ге вид., допов. / О.І. Дронов, В.О. Сипливий, І.О. Ковальська, О.А. Скоморовський, Е.А. Крючина, / За ред. О.І. Дронова, В.О. Сипливого, І.О. Ковальської, О.А. Скомаровського, Є.А. Крючиної. – К.: МВЦ «Медіаформ», 2011. – 487 с.
16. Медична мікробіологія, вірусологія та імунологія : підручник для студ. вищ. мед. навч. заклад / За редакцією В.П.Широбокова / Видання 3-є. – Вінниця : Нова Книга, 2020. – 952 с. :
17. АТС-класифікація. Довідник лікарських препаратів Компендіум : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://compendium.com.ua/uk/atc/d08aj/> (дата звернення 25.11.2022 р.).
18. Ярощук О. В. Структурний підхід до оптимізації показників якості текстильних матеріалів та виробів з них / О. В. Ярощук, О. П. Бохонько, О. Ю. Лепікаш // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2011. – № 1. – С. 209-213.
19. Семак Б. Б. Підвищення біостійкості та екологічної безпеки текстильних матеріалів шляхом їх поверхневої модифікації / Б. Б. Семак, І. С. Галик, Б. Д. Семак // Вісник Київського національного університету технологій і дизайну. – 2007. – №4 (36). – С. 47-51.
20. Волокнисті матеріали та вироби легкої промисловості з прогнозованими бар’єрними медико-біологічними властивостями. Ч.2 : Матеріали

та виробу легкої промисловості з прогнозованими бар'єрними медико-біологічними властивостями : монографія : в 2 т. / [С. М. Березненко, В.І. Власенко, І. А. Ігнат'єва, М. В. Колосніченко, В.В. Кострицький, В. П. Попов, Є. А. Прокопова, А. М. Слізков, Н.П. Супрун]. – К. : КНУТД, 2014. – 260 с.

21. Cambiaso-Daniel, J.; Boukovalas, S.; Bitz, G. H.; Branski, L. K.; Herndon, D. N.; Culnan, D. M. / Topical Antimicrobials in Burn Care: Part 1 – Topical Antiseptics. // Annals of Plastic Surgery 2018. <https://doi.org/10.1097/sap.0000000000001297>.

22. Назарчук О. А. Дослідження протимікробної ефективності сучасних антисептичних засобів на основі декаметоксину та повідону йоду // Періопераційна медицина. – 2019. – Том 2, №1. – С. 4-10. <https://doi.org/10.31636/prmd.v2i1.1>

23. Бавовняні тканини та штучні вироби. ТОВ «Українтекс» [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://ukrintex.com.ua/ua/korisna\\_informacija/tekstilni\\_tkanini/bavovnjani\\_tkanini\\_ta\\_shtuchni\\_virobi.html](http://ukrintex.com.ua/ua/korisna_informacija/tekstilni_tkanini/bavovnjani_tkanini_ta_shtuchni_virobi.html) (дата звернення 13.11.2022).

24. Матеріалознавство швейного виробництва: навчальний посібник / М. О. Кущевський, Г. С. Швець. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 412 с.

25. Балинян Т. Є., Дереча Л. М., Носатенко Ю.О. До питання щодо комплексного дослідження біологічних пошкоджень волокнистих матеріалів методом растрової електронної мікроскопії / Т. Є. Балинян, Л. М. Дереча, Ю. О. Носатенко // Теорія і практика судової експертизи і криміналістики. – 2019. – № 20. – С. 522–524.

26. Сумська О. П. Перспектива розробки та розміщення технології виробництва текстильних матеріалів санітарно-гігієнічного і лікувально-профілактичного призначення в Україні / О. П. Сумська, Г. С. Сарібеков // Вісник ХДТУ – 2002. – №3. – С. 307 – 311 с.

27. Глубіш П. А. Хімічна технологія текстильних матеріалів. Завершальна обробка: навч. посіб. Для ВУЗів/ П. А. Глубіш– К. : Арістей, 2006. – 304 с.

28. Пахолук О. В. Вплив біоцидного оброблення целюлозовмісних текстильних матеріалів на зміну їх властивостей / І. А. Мартиросян, О. В. Пахолук, В. І. Лубенець // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – № 6. – С. 94-98.

29. Пахолук О.В. Використання деяких поліфункціональних обробних препаратів для захисту текстильних целюлозовмісних матеріалів від мікробіологічних пошкоджень / О.В. Пахолук, Г.О. Пушкар, І.С. Галик, Б.Д. Семак // Вісник Хмельницького національного університету. Хмельницький, 2019. № 1. С. 100-104.

30. О.А. Параска,Т.С. Рак, Д. В. Ротар. Дослідження протимікробної дії композиції екологічнобезпечних поверхнево-активних речовин // Освіта і наука. – 2018. Вип. 2(25). – С. 67 – 75. <https://msu.edu.ua/educationandscience/wp-content/uploads/2019/01/67-75.pdf>.

31. Paraska O., Karvan S., Rak T., Kovalska V. Analysis of the efficiency of antimicrobial preparations finishing of textiles. Actual problems of modern science: Monograph: ed. by Musial Janusz, Polishchuk Oleh, Sorokatyi Ruslan. – Bydgoszcz, 2017. – P. 218 – 228.

32. Мартиросян І. А. Нові технології ефективного захисту текстилю від мікробіологічних пошкоджень / І. А. Мартиросян, О. В. Пахолук, Б. Д. Семак та ін. // Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, Том 17. – 2019. – № 4. – С. 621–636.

33. Чекман І. С. Підручник для студентів медичних факультетів. / І. С. Чекман, Н. О. Горчаков, Л. І. Казак. Фармакологія. Видання 2-ге – Вінниця: Нова книга, 2011. – 784 с.

34. Ротар Д. В. Оптимізація скринінгу антимікробних властивостей водонерозчинних сполук органічного синтезу. Клінічна та експериментальна патологія. – 2014. – Т.ХІІІ. – №2 (48). – 120-123 с.

35. Романенко В.Д. Методологічні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем / Романенко В. Д. – Київ: Наукова думка, 2001. – 728 с.

36. Технічна експертиза, стандартизація сировини та товарної продукції : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напрямку підготовки 6.051301 хімічна технологія / О. А. Параска. – Хмельницький: ХНУ, 2016. – 36 с.

37. ДСТУ ISO 13938-2:2007. Матеріали текстильні. Властивості тканин щодо розривання. Частина 2. Пневматичний метод визначення опору розриванню та розтягуванню на момент розірвання (ISO 13938-2:1999, IDT). [Чинний від 2009-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2011. – 10 с. (Державний стандарт України).

38. ДСТУ ISO 13938-1:2007. Матеріали текстильні. Властивості тканин щодо розривання. Частина 1. Гідравлічний метод визначення опору розриванню та розтягуванню на момент розірвання (ISO 13938-1:1999, IDT). [Чинний від 2009-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2011. – 10 с. (Державний стандарт України).

39. ДСТУ ГОСТ 3816:2009. Полотна текстильні. Методи визначення гігроскопічних і водовідштовхувальних властивостей (ИСО 811-81). [Чинний від 2009-12-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 15 с. (Державний стандарт України).

40. ДСТУ ГОСТ 21790:2008. Тканини бавовняні і змішані для одягу. Загальні технічні умови. [Чинний від 2008-10-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 13 с. (Державний стандарт України).

41. ДСТУ 4143:2002/ГОСТ 31101-2003. Матеріали та вироби текстильні. Методи оцінювання незмиральності. [Чинний від 2004-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 19 с. (Державний стандарт України).

42. Івасишен С. Д. Диференціальні рівняння: методи та застосування: навч. посіб. / С.Д. Івасишен, В.П. Лавренчук, П.П. Настасієв, І.І. Дрінь. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2010. – 288 с.

43. WHO Model List of Essential Medicines. World Health Organization [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665>

/93142/EML\_18\_eng.pdf;jsessionid=ADBEFFDE4401745A9A2157F0EF046813?sequence=1 (дата звернення 25.11.2022).

44. Paraska O., Karvan S., Rak T., Kovalska V. Analysis of the efficiency of antimicrobial preparations finishing of textiles. Actual problems of modern science: Monograph: ed. by Musial Janusz, Polishchuk Oleh, Sorokatyi Ruslan. – Bydgoszcz, 2017. – P. 218 – 228.

45. Герасімова В.Г. Сучасні особливості регламентації безпечного застосування синтетичних мийних засобів в країнах Євросоюзу, Митного союзу та в Україні / Герасімова В.Г., Дишнієвич Н.Є., Головащенко Г.В // Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. – 2013. – № 3 (62). – С. 5 – 11.

46. Біофарма [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://biopharma.ua/> (дата звернення: 7.11.2022 р.)

47. Високотехнологічні, конкурентоспроможні і екологічноорієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них / [П. А. Глубіш, В. М. Ірклей, Ю. Я . Клейнер та ін]. – К. : Арістей, 2007. – 264 с.

48. Галик І. С. Екологічна безпека та біостійкість текстильних матеріалів : монографія / І. С. Галик, О. Б. Коцевич, Б. Д. Семак. – Львів : Вид-во Львівської комерційної академії, 2006. – 232 с.

49. Слізков А. М. Прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення : монографія / Слізков А. М., Щербань В. В., Краснитський С. М., Демківська Т. І. – Київ: КНУТД, 2013 – 223 с.

50. Супрун Н. П. Сучасні проблеми виробництва безпечного у споживанні та екологічно чистого текстилю : монографія / Н. П. Супрун, Г. В. Щуцька. – К. : Кафедра, 2013. – 112 с. – ISBN 978-966-2705-63-8.

51. Ніколайчук Л. Г. Сучасні підходи до формування властивостей екологічної безпечності бавовняних тканин одягового призначення / Л. Г. Ніколайчук, Г. І. Сукач // Товарознавство і торговельне підприємництво: стан, проблеми, перспективи : зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук.-практ.

конф., 18-19 квітня 2013 р. / М-во освіти і науки України, Київ. нац-й торг.-екон-й ун-т. [та ін.]. – К. : КНТЕУ, 2013.

52. Черних В. П. Прикладна ІЧ–спектроскопія: навч. посібник / В. П. Черних, Л. А. Шемчук. – Харків : ХНАУ, 2014. – 152 с.