

I. A. МАРТИРОСЯН, О. В. БОЧАРОВА

Одеська національна академія харчових технологій

О. В. ПАХОЛЮК

Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ НОВОЇ ТІОСУЛЬФОНАТНОЇ АНТИМІКРОБНОЇ ОБРОБКИ НА СТІЙКІСТЬ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проблема захисту текстильних матеріалів і виробів від мікробіологічної деструкції складна та багатогранна і її успішне вирішення вимагає скоординованих і цілеспрямованих зусиль фахівців різного профілю. Особливо актуальним є пошук ефективних шляхів захисту від мікробіологічної деструкції текстильних матеріалів і виробів, які мають у своєму складі найбільш чутливі до дії мікроорганізмів целюлозні волокна. Ця проблема об'єднує декілька основних аспектів, а саме: виявлення основних фізіологічних груп, родів і видів мікроорганізмів, які переважають у процесах мікробіологічної деструкції текстильних матеріалів і виробів різного волокнистого складу; вивчення механізмів біодеструкції текстильних матеріалів і виробів різного волокнистого складу волокноруйнуючими мікроорганізмами; пошук ефективних засобів захисту текстильних матеріалів одягового, інтер'єрного, медичного та технічного призначення від волокноруйнуючих мікроорганізмів; широке використання сучасних хімічних, біологічних та нанотехнологій для ефективного захисту людини та навколишнього середовища від шкідливого впливу деяких фізіологічних груп, родів і видів мікроорганізмів. Метою роботи було вивчення впливу нових малотоксичних біоцидних препаратів на стійкість фарбування текстильних матеріалів під дією різних фізичних та хімічних факторів. У ході досліджень розроблено спосіб та технологію надання антимікробних властивостей текстильним матеріалам для виробництва спецодягу, зокрема просочення текстильних матеріалів в спиртовому розчині біоцидних препаратів. В якості зразків були відібрані тканини різного хімічного складу, які призначені для виготовлення спецодягу.

Ключові слова: тіосульфонатні препарати, антимікробна обробка, текстильні матеріали, стійкість забарвлення.

I.A. MARTIROSYAN, O.V. BOCHAROVA

Odessa National Academy of Food Technologies

O.V. PAKHOLIUK

Lutsk National Technical University

INFLUENCE OF NEW THIOSULPHONATE ANTIMICROBIC PROCESSING ON THE RESISTANCE OF TEXTILE MATERIALS

The problem of protection of textile materials and products from microbiological degradation is complex and multifaceted and its successful solution requires coordinated and focused efforts of specialists of various profiles. Especially important is the search for effective ways of protection against the microbiological destruction of textile materials and products that have the most sensitive to the action of microorganisms cellulose fibers. There are several basic aspects to this problem, namely: identification of the main physiological groups, genera and species of microorganisms that prevail in the processes of microbiological destruction of textile materials and products of various fibrous composition; study of mechanisms of biodegradation of textile materials and products of different fibrous composition by fiber-destructive microorganisms; search for effective means of protection of textile materials of clothing, interior, medical and technical purpose against the fiber of destructive microorganisms; widespread use of modern chemical, biological and nanotechnologies for the effective protection of humans and the environment from the harmful effects of certain physiological groups, genera and species of microorganisms. The aim of the work was to study the impact of new low-toxic biocidal drugs on the stability of coloring of textile materials to the effect of various physical and chemical factors. In the research, the method and technology of providing biocidal properties to textile materials for the production of overalls, in particular, impregnation of textile materials in alcoholic solution of biocidal preparations, was developed. As samples were selected fabrics of different chemical composition, which are intended for the manufacture of overalls.

Keywords: thiosulphonate preparations, antimicrobial treatment, textile materials, colour fastness.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Зносостійкість тканин характеризується їх здатністю протистояти руйнівним факторам. У процесі використання швейних виробів на них діють світло, сонце, волога, розтягнення, стиснення, кручення, тертя, піт, прання, хімчистка, знижені і підвищені температури та ін. В результаті дії всіх цих факторів відбувається зміна структури матеріалів з поступовою втратою міцності аж до руйнування.

Інтенсивність зносу виробів залежить від волокнистого складу швейних матеріалів, їх будови, обробки і умов експлуатації. Проте, умови виробництва і експлуатації натуральних текстильних матеріалів технічного призначення передбачають контакт з мікроорганізмами, інколи в умовах підвищеної вологості та температури повітря, тому виникає небезпека їх біопшкодження. Прояв надмірного росту мікроорганізмів на текстильних виробках різноманітний і небажаний, тому що супроводжується утворенням неприємного запаху, з появою пліснявих грибів – зміною забарвлення, і може призвести до погіршення фізико-механічних властивостей текстильного матеріалу, наприклад еластичності та міцності.

Для запобігання розвитку мікроорганізмів текстильні матеріали піддаються антимікробному обробленню, у результаті чого, ріст мікроорганізмів надійно і надовго затримується, текстильні матеріали зберігають свій зовнішній вигляд і споживні властивості, стають не тільки безпечними, але й можуть виконувати захисні функції для людини.

Окрім зазначених екологічних та гігієнічних ефектів, у результаті антимікробної обробки текстильних матеріалів, досягається певний економічний ефект, оскільки внаслідок такої обробки терміни експлуатації виробів продовжуються на 10–15 %. Тому антимікробну обробку текстильного матеріалу одягового призначення можна вважати як поліфункціональну [1–4], оскільки вона дає можливість не тільки забезпечити ефективний захист текстильних матеріалів і виробів різного цільового призначення від мікробіологічної деструкції, але й суттєво підвищити гігієнічність виробів за рахунок усунення на них неприємного запаху, обумовленого наявністю продуктів життєдіяльності бактерій.

Для захисту текстильних матеріалів і виробів різного цільового призначення та волокнистого складу від негативної дії волокноруйнуючих і патогенних мікроорганізмів можуть використовуватись різні за хімічною будовою універсальні та спеціалізовані типи антимікробних препаратів. Аналізуючи властивості деяких біоцидних препаратів, можна зробити висновок, що всім їм притаманні певні недоліки:

- недостатня стійкість антимікробного ефекту до мокрих обробок;
- низька ефективність, токсичність та небезпечність для людини та навколишнього середовища;
- низька атмосферостійкість та незначна тривалість дії;
- висока собівартість та швидка адаптація мікроорганізмів до дії біоцидних речовин [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Слід зазначити, що в останні роки питання надання антимікробних властивостей текстильним матеріалам викликає науково-практичний інтерес як вітчизняних, так і зарубіжних науковців.

Авторами роботи [5] обґрунтована доцільність використання тіосульфатних препаратів не тільки для захисту від пошкоджень фітопатогенними мікроорганізмами, але й від волокноруйнуючих мікроорганізмів текстилю, враховуючи широкий спектр антимікробної дії названих речовин. Встановлено, що препарати ЕТС, МТС та АТС тіосульфатної структури відповідають сучасним вимогам антимікробних препаратів текстильного призначення можуть бути рекомендовані для ефективного захисту від мікробіологічних пошкоджень целюлозовмісних текстильних матеріалів.

В роботі [6] вивчено доцільність сучасного використання традиційних біоцидів та поліфункціональних препаратів. Розкрита роль біоцидної обробки текстильних матеріалів у визначенні термінів їх зношування. Сформульована концепція формування заданої зносостійкості та формостійкості текстильних матеріалів, модифікованих антимікробних препаратів різної хімічної будови.

В роботі [7] розкрита роль основних способів оброблення текстильних матеріалів у формуванні їх зносостійкості, формостійкості, гігієнічності та екологічної безпечності. Запропоновано алгоритм формування асортименту, рівня якості та безпечності екотекстилю. Значна увага приділена пошуку нових ефективних способів захисту текстилю від мікробіологічної деструкції.

В роботі [8] проведений огляд застосування останніх органічних антимікробних реагентів в обробці целюлозних тканин. Органічні реагенти підрозділяються на дві основні категорії: природні (хітозан, циклодекстрини і натуральні барвники) і синтетичні (четвертинні амонієві солі, триклозан, галогеновані феноли й металоорганічні каркаси). Представлена взаємодія між целюлозою і такими реагентами, механізми біологічної дії і чинники, що впливають на біоцидну дію.

Авторами роботи [9] кількісно досліджено виживаність 60 штамів бактерій із множинною лікарською стійкістю з чотирьох видів (*Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* і *Enterococcus faecium*) на необробленому бавовняному текстилі в клінічно значущих інкубаційних періодах. Також встановлена антибактеріальна ефективність текстильних виробів, оброблених рідиною Sanitized T99-19, що містить четвертинний амонієве з'єднання (QAC).

Авторами [10] досліджено антибактеріальну активність золь-гель-похідних неорганічних-органічних гібридних полімерів, наповнених наночастинками-хітозаном ZnO, проти грамнегативної бактерії *Escherichia coli* і грампозитивних *Micrococcus luteus*. В ході таких випробувань також встановлено, що антибактеріальна активність текстилю, обробленого наночастинками ZnO хітозану, зростає зі зменшенням молекулярної маси хітозану.

Формулювання цілей статті

Пошук ефективних, нетоксичних біоцидних препаратів та надання антимікробних властивостей тканинам, які застосовуються в умовах підвищеної вологості, є актуальним завданням щодо запобігання розвитку або зменшенню росту бактерій, забезпечення належного рівня санітарії та гігієни і високого рівня зносостійкості досліджуваних текстильних матеріалів і обумовлений низкою причин. Назвемо основні з них:

- високий рівень мікробіологічного руйнування багатьох видів текстильних матеріалів і виробів (особливо це стосується текстильних одягових, інтер'єрних і технічних матеріалів і виробів, експлуатація яких відбувається при високій відносній вологості та температурі повітря, а також при контакті з ґрунтом);
- невід'ємною складовою мікробіологічної деструкції одягових і інших текстильних матеріалів при їх зношуванні є тривала дія світлопогоди, мокрих обробок, хімічних реагентів;
- значний вплив мікробіологічної деструкції багатьох видів текстильних матеріалів і виробів на терміни їх експлуатації (особливо це стосується різних видів професійного та спеціального одягу з регламентованими термінами експлуатації).

На основі аналізу літературних джерел та наших досліджень, в даній роботі ми обмежимося дослідженням тільки одного з аспектів цього багатопланового завдання, а саме: визначення можливості надання бавовняним текстильним матеріалам антимікробних властивостей з застосуванням етилового,

алілового та метилового біоцидів та вивчимо вплив нових малотоксичних біоцидних препаратів на стійкість забарвлення до дії різних фізико-хімічних чинників, таких як прання, поту, дистильованої води, прасування із запарюванням, сухого та мокрого тертя і світла.

Виклад основного матеріалу дослідження

Узагальнюючи результати аналізу асортименту ринку текстильних матеріалів для виготовлення спецодягу в Україні, відмічаємо, що волокна з антимікробними властивостями не виготовляється, а біоцидні препарати, призначені для текстилю, власного виробництва практично відсутні. Вищезазначене аргументує актуальність та доцільність розробки та дослідження нових малотоксичних біоцидів для застосування у вітчизняному текстильному виробництві з метою захисту текстильних матеріалів від мікробіологічних руйнувань.

У зв'язку з цим, нами були обрані нові біоцидні препарати тіосульфатної структури, які проявляють широкий спектр антимікробної дії і є нетоксичними, а саме етилтіосульфанілат (ЕТС), алілтіосульфанілат (АТС) та метилтіосульфанілат (МТС) [11].

З метою підвищення зносостійкості та надання антимікробних властивостей текстильним матеріалам нами вперше обрані та застосовані названі біоциди, аналогів яких не існує на ринку України та за її межами. Ці біоциди синтезовані на кафедрі технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету "Львівська політехніка".

Аналіз структури асортименту тканин на ринку України показав, що переважну більшість займають целюлозовмісні тканини. Тому для проведення дослідження нами було обрано 3 зразки текстильних матеріалів, які представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних текстильних матеріалів

Номер зразка тканини	Волокнистий склад	Вміст волокон, %	Поверхнева густина, г/м ²	Вид переплетення	Марка барвника
1	бавовняна	100	245	саржеве	Прямий оранжевий Indosol
2	бавовняно-поліефірна	50 50	245	саржеве	Дисперсний «Foron» RD-SN
3	бавовняно-поліефірна	35 65	220	саржеве	Оптичний відбілювач CBS-X (OBA 351)

Антимікробна обробка досліджуваних зразків текстильних матеріалів проведено в Аналітично-дослідній випробувальній лабораторії «Текстиль-ТЕСТ», м. Київ, (Київський національний університет технологій і дизайну). Зразки тканин просочували приготуваними спиртово-водними (60% / 40%) розчинами біоцидних препаратів концентрацією 0,5% при кімнатній температурі (18–20°C) і відносній вологості повітря 63–65%, протягом 1-2 хв. Потім зразки віджимались до відповідної вологості на плюсовці і висушувались за температури 50–75°C протягом 5–7 хв, до залишкової вологи 6–8%, враховуючи рекомендації розробників.

Стійкість забарвлення до прання, поту, дистильованої води, прасування із запарюванням, тертя та світла, визначали за зміною початкового забарвлення зразків, а також ступенем зафарбовування білих матеріалів, за допомогою двох шкал сірих еталонів, в балах. Стійкість забарвлення до прасування оцінювали за ступенем зафарбовування суміжної бавовняної тканини. Результати досліджень оброблених бавовняних та бавовняно-поліефірних тканин наведені в табл. 2-3.

З аналізу даних таблиці 2 видно, що найменше зношуванню піддається бавовняно-поліефірна тканина з високим вмістом поліефірного волокна, тобто стійкість забарвлення цього текстильного матеріалу найвища. Це можна пояснити хімічною будовою бавовняно-поліефірної тканини, та домінуючим впливом поліефірного волокна у текстильному матеріалі, на формування споживних властивостей.

Оброблення досліджуваних текстильних матеріалів біоцидними препаратами суттєво не погіршує стійкість забарвлення до дії прання, поту, дистильованої води, прасування із запарюванням. Отримані в результаті антимікробного оброблення бавовняні та бавовняно-поліефірні тканини характеризуються задовільною стійкістю до різних видів обробки. При цьому оброблення етилтіосульфанілатом ЕТС виявилось більш ефективним, ніж оброблення аліловим та метиловим біоцидом.

Також необхідно відмітити, що обробка досліджуваних тканин біоцидними препаратами не знижує, а навпаки, підвищує стійкість забарвлення до прання, поту, дистильованої води, прасування. Більш наглядно ці зміни помітні на чисто бавовняній тканині. Так, показник стійкості до прання, без обробки, на бавовняній тканині отримав 3/2 бали, а після оброблення досліджуваними препаратами – 4/3. Подібна ситуація зберігається на бавовняній тканині, обробленій ЕТС, аліловим та метиловим біоцидом, при дослідженні стійкості до поту та дистильованої води.

Таблиця 2

Стійкість забарвлення досліджуваних тканин до прання, поту, води, прасування									
№ варіанту	Обробний препарат	Показники стійкості забарвлення тканини, бали, до дії							
		без обробки	Прання №1	без обробки	поту	без обробки	дистильованої води	без обробки	прасування з запарюванням
бавовняна тканина, 100 %									
1	ЕТС	3/2	4/3	3/2	4/4	3/2	4/4	4	4-5
	АТС		4/3		4/3		3-4/3		4-5
	МТС		4/3		4/3		4/3		4-5
бавовняно-поліефірна, 50×50 %									
2	ЕТС	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4	4-5
	АТС		4/4		4/4		4-5/4-5		4-5
	МТС		4/4-5		4/4		4/4		4-5
бавовняно-поліефірна, 35×65 %									
3	ЕТС	4-5/4-5	5	4-5/4	5	4-5/4-5	5	5	5
	АТС		5		4		5		5
	МТС		4		5		5		5

Зношення текстильних матеріалів від стирання супроводжується зменшенням маси тканини в результаті відщеплення і випадання дрібних частинок волокон і ниток. Руйнування тканин через тертя починається зі стирання ниток, які виступають на поверхні тканини, що утворюють її опорну поверхню. Тому стійкість тканини до стирання істотно залежить від структури поверхні тканини, будови волокон і ниток, обробки тканини.

Таблиця 3

Стійкість забарвлення досліджуваних тканин до сухого і вологого тертя, світла							
№ варіанту	Обробний препарат	Показники стійкості забарвлення тканини, бали, до дії					
		без обробки	сухого тертя	без обробки	вологого тертя	без обробки	світла
бавовняна тканина, 100 %							
1	ЕТС	4	4	2	3	3	2
	АТС		4		3		2
	МТС		4		3		2
бавовняно-поліефірна, 50×50 %							
2	ЕТС	4	4	3	3	5	4
	АТС		5		4		5
	МТС		5		4		4
бавовняно-поліефірна, 35×65 %							
3	ЕТС	5	5	4	4	5	5
	АТС		5		4		5
	МТС		5		4		4

Оцінюючи стійкість забарвлення досліджуваних тканин після оброблення біоцидними препаратами до тертя, встановлено, що кращі результати отримуємо при сухому терті, причому, обробка суттєво не впливає на стійкість забарвлення, а у випадку бавовняно-поліефірної тканини, навпаки, навіть її підвищує. Невисокі показники стійкості забарвлення до дії волого тертя пояснюються не високою стійкістю забарвлень до води. Необхідно відмітити низькі показники світлостійкості забарвлення чисто бавовняної тканини у порівнянні з рештою тканин, що пояснюється властивостями натуральних волокон.

Значне зниження стійкості бавовняної тканини до тертя до і після оброблення пояснюється різними причинами. Основними з них є: підвищення жорсткості і зменшення розтяжності текстильних матеріалів; зміна характеру стирання оброблених антимікробними препаратами тканин.

З аналізу даних табл. 2-3 видно, що стійкість забарвлення чисто бавовняної тканини до дії всіх чинників фізико-хімічного зношування дещо нижча у порівнянні з досліджуваними бавовняно-поліефірними тканинами, це обумовлено особливостями надмолекулярної структури бавовняних волокон.

Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено ефективність біоцидного оброблення бавовняних та бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів для виготовлення спецодягу до дії прання, поту, дистильованої води, прасування із запарюванням, вологого та сухого тертя та світла. Оцінюючи стійкість забарвлення після оброблення біоцидними препаратами досліджуваних тканин до вище перерахованих

чинників, встановлено, що кращі результати стійкості забарвлення отримуємо на бавовняно-поліефірних тканинах, причому, обробка, суттєво не впливає на стійкість забарвлення, а у випадку бавовняно-поліефірної тканини, навпаки, навіть її підвищує.

Література

1. Галик І.С. Пошук ефективних способів захисту текстилю від дії шкідливих мікроорганізмів / І.С. Галик, Б.Д. Семак, З.М. Семак // Вісник Львівської комерційної академії. – Львів, 2014.
2. Martirosyan I. Investigation on stability of textile materials for overalls processed by new biocidal preparation / I. Martirosyan, V. Lubenets, O. Peredriy // Technological Complexes. Scientific journal. – 2018. – № 1(15). – P. 53–59.
3. 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. – 2019. – № 1. – С. 100–104.
4. Пахолук О.В. Дослідження ефективності біоцидних речовин для оброблення одягових текстильних матеріалів спеціального призначення / О.В. Пахолук, В.І. Лубенець, І.А. Мартирисян // Товарознавчий вісник : збірник наукових праць Луцького НТУ. – 2018. – Випуск 11. – С. 100–108.
5. Мартирисян І.А. Вплив біоцидного оброблення целюлозовмісних текстильних матеріалів на зміну їх властивостей / І.А. Мартирисян, О.В. Пахолук, В.І. Лубенець // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – № 6. – С. 94–99.
6. Martirosyan I. A. & Pakholiuk O. V. (2018). Environmental safety of new biocidal products International Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland» October 19–20, 2018 Wolomin, Republic of Poland, Volume 1, 69–71.
7. Семак Б.Д. Використання нанотехнологій у формуванні асортименту та якості текстилю / Б.Д. Семак, І.С. Галик // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 4. – С. 108–113.
8. Emam H.E. (2019). Antimicrobial cellulosic textiles based on organic compounds. J 3 Biotech, 9 (1), 29–35. URL: <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1562-y>
9. Hanczvikkel A., Vig A., & Toth A. (2019). Survival capability of healthcare-associated, multidrug-resistant bacteria on untreated and on antimicrobial textiles. Journal of Industrial Textiles, 48 (7), 1113–1135. URL: <https://doi.org/10.1177/1528083718754901>
10. Farouk A., Moussa S., Ulbricht M., Textor T. ZnO nanoparticles-chitosan composite as antibacterial finish for textiles. Int. J. Carbohydr. Chem. 2012, 693629.
11. Lubenets V. Development of new antimicrobial compositions of thiosulfonate structure / V. Lubenets, O. Karpenko, M. Ponomarenko // Chemistry and Chemical Technology. – 2013. – Vol. 7. № 2. – P. 119–124.

References

1. Halyk I.S. Posbuk efektyvnykh sposobiv zakhystu tekstyliu vid dii shkidlyvykh mikroorhanizmiv / I.S. Halyk, B.D. Semak, Z.M. Semak // Visnyk Lvivskoi komertsii noi akademii. – Lviv, 2014.
2. Martirosyan I. Investigation on stability of textile materials for overalls processed by new biocidal preparation / I. Martirosyan, V. Lubenets, O. Peredriy // Technological Complexes. Scientific journal. – 2018. – № 1(15). – P. 53–59.
3. Pakholiuk O.V. Vykorystannia deiakykh polifunktionalnykh obrobnykh preparativ dlia zakhystu tekstylnykh tselulozovmisnykh materialiv vid mikrobiolohichnykh poshkodzen / O.V. Pakholiuk, H.O. Pushkar, I.S. Halyk, B.D. Semak // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2019. – № 1. – S. 100–104.
4. Pakholiuk O.V. Doslidzhennia efektyvnosti biotsydneykh rechovyn dlia obroblennia odiahovykh tekstylnykh materialiv spetsialnoho pryznachennia / O.V. Pakholiuk, V.I. Lubenets, I.A. Martirosian // Товарознавчий вісник : збірник наукових праць Луцького НТУ. – 2018. – Випуск 11. – С. 100–108.
5. Martirosian I.A. Vplyv biotsydnogo obroblennia tselulozovmisnykh tekstylnykh materialiv na zminu yikh vlastyvostei / I.A. Martirosian, O.V. Pakholiuk, V.I. Lubenets // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2018. – № 6. – S. 94–99.
6. Martirosyan I. A. & Pakholiuk O. V. (2018). Environmental safety of new biocidal products International Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland» October 19–20, 2018 Wolomin, Republic of Poland, Volume 1, 69–71.
7. Semak B.D. Vykorystannia nanotekhnolohii u formuvanni asortymentu ta yakosti tekstyliu / B.D. Semak, I.S. Halyk // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2013. – № 4. – S. 108–113.
8. Emam H.E. (2019). Antimicrobial cellulosic textiles based on organic compounds. J 3 Biotech, 9 (1), 29–35. URL: <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1562-y>
9. Hanczvikkel A., Vig A., & Toth A. (2019). Survival capability of healthcare-associated, multidrug-resistant bacteria on untreated and on antimicrobial textiles. Journal of Industrial Textiles, 48 (7), 1113–1135. URL: <https://doi.org/10.1177/1528083718754901>
10. Farouk A., Moussa S., Ulbricht M., Textor T. ZnO nanoparticles-chitosan composite as antibacterial finish for textiles. Int. J. Carbohydr. Chem. 2012, 693629.
11. Lubenets V. Development of new antimicrobial compositions of thiosulfonate structure / V. Lubenets, O. Karpenko, M. Ponomarenko // Chemistry and Chemical Technology. – 2013. – Vol. 7. № 2. – P. 119–124.

Рецензія/Peer review : 6.1.2020 р. Надрукована/Printed : 14.2.2020 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Верхівкер Я.Г.