

ПАРАСКА О. А.

<https://orcid.org/0000-0002-3803-0382>e-mail: [olgaparaska@gmail.com](mailto:olgaparaska@gmail.com)

ПОДОЛІНА К. О.

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-5550-6717>e-mail: [katapodolina60@gmail.com](mailto:katapodolina60@gmail.com)

ХЕС ЛЮБОШ

Ліберецький технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-0734-8603>e-mail: [lubos.hes@gmail.com](mailto:lubos.hes@gmail.com)

КОВТУН Х. О.

Хмельницький ліцей II-III ступенів Хмельницької обласної ради

<https://orcid.org/0000-0002-1220-7813>e-mail: [hrystynak2006@gmail.com](mailto:hrystynak2006@gmail.com)

## АНАЛІЗ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ, ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ

*В статті проаналізовано соціально-економічні, технологічні, екологічні характеристики життєвого циклу текстильних виробів, наведено їх вплив на довкілля та здоров'я людей. Запропоновано напрямки безпечного виробництва та використання текстильних виробів з метою збереження природних ресурсів та здоров'я людей.*

*Ключові слова: текстильні вироби, життєвий цикл продукції, текстильна промисловість, ресурсозбереження, сталий розвиток.*

OLGA PARASKA, KATERYNA PODOLINA

Khmelnyskyi National University

HES LUBOS

Technical University of Liberec, Czech Republic

HRYSTYNA KOVTUN

Khmelnyskyi Lyceum of II-III degrees of Khmelnytskyi Regional Council

## ANALYSIS OF SOCIO-ECONOMIC, TECHNOLOGICAL, ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF THE LIFE CYCLE OF TEXTILE PRODUCTS

*The article analyzes the socio-economic, technological, ecological characteristics of the life cycle of textiles, their impact on the environment and human health. According to the results, the directions of safe manufacture and use of textile products in order to preserve natural resources and human health are proffered.*

*Analysis of socio-economic, technological, ecological characteristics of the life cycle of textile products showed that 45% of textile products can be reused, 30% are suitable for processing into technical textiles, 20% - textile fibers. Only 5% of used textile products are waste that needs to be disposed of. Extending the service life of textiles by 9 months can reduce energy, water and CO<sub>2</sub> emissions by up to 30%, which contributes to the preservation of natural resources and human health.*

*Based on the analysis, the following directions of safe manufacture and exploitation of textile products are proffered:*

*- raising awareness of the impact of textile manufacturing on the environment and human health;*

*- regardful use of natural and human resources;*

*- reusing and upcycling of textile products;*

*- recycling of waste materials and products to create new ones;*

*- creation of prerequisites for safe exploitation and cleaning of textile products;*

*- application of technologies of soft cleaning of textile products which reduce expenses of the electricity and natural resources at the same time;*

*- reduction of the use of natural resources and emissions into the environment;*

*- improving ecological and socio-economic indicators throughout the life cycle of textiles.*

*Such recommendations allow manufacturers to improve the environmental safety of production processes, and consumers to buy with more rationality, use less clothing, reducing the generation of textile waste. These, in turn, are important factors that extend the service life of textiles, reduce the ecological impact on the environment and human health.*

*Keywords: textile products, life cycle of product, textile industry, resource saving, sustainable development.*

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Однією з галузей з руйнівним впливом на навколишнє середовище є текстильна індустрія. Окрім значного внеску у зміну клімату [1, 2], текстильне виробництво відповідає за низку впливів на довкілля та здоров'я людей, що відбуваються на різних етапах життєвого циклу текстильних виробів. Ці впливи включають надмірне використання водних ресурсів і надмірне використання пестицидів під час вирощування бавовни, забруднення водойм неочищеними стічними водами, що скидаються з переробки текстилю, або забруднення мікропластиком на етапі використання [3, 4].

Кожного року у світі текстильна промисловість пришвидшує темпи зростання. З 2000 року світова текстильна галузь збільшилася вдвічі, а споживач став купувати на 60 % більше одягу [5, 6]. При цьому, носить його у два рази коротший термін. Так, у 2015 році споживачі придбали текстильних виробів на 62

млн. доларів США. Очікується, що у 2030 році ця цифра сягне 102 млн доларів США. При цьому, у 2015 році світове виробництво характеризувалося збільшенням обсягу поліестерних (45 %) і бавовняних (48 %) текстильних матеріалів, що складало близько 65 млн тонн. Експерти прогнозують зростання глобального попиту на ці волокна, очікується близько 90 млн тонн. Для їхнього виробництва потрібно буде на 35 % більше енергетичних ресурсів та на 50 % більше води. У 2016 році експерти оцінили вартість світової текстильної промисловості у три трильйони доларів США, що складало 4 % від світового валового продукту [6]. Завдяки постійному зростанню текстильної індустрії [1, 3] вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей також неухильно зростає.

### Аналіз останніх джерел

Все більше фахівців з різних галузей зазначають [1, 5, 6], що сучасна текстильна індустрія має серйозні недоліки: від недотримання умов праці до перевикористання та забруднення природних ресурсів. Наприклад, текстильне виробництво, продукує більше карбону діоксиду ніж авіа- та судноперевезення разом. У 2015 році текстильна промисловість використала 98 мільйонів тонн нафти (невідновлюваний ресурс). За прогнозами у 2050 році цифра сягне 300 мільйонів тонн.

Кожного року текстильна індустрія створює велику кількість відходів на 500 мільярдів доларів США. Мас-маркет компанії стимулюють споживачів оновлювати свій гардероб чотири або і більше разів на рік. Від бренду залежить, наскільки якісним та безпечним буде текстильний виріб. Одна і та сама річ різних виробників матиме різну якість і відповідно мати різний термін експлуатації. У результаті зайвий одяг опиняється на смітнику – так марнуються ресурси, які використано на його виробництво, їх переробка потребує багато часу та коштів.

Текстильні вироби, які втрачають споживні властивості, потрапляють на полігони з іншим сміттям, забруднюючи ґрунти та воду. Викинутий на смітник одяг з поліестеру розкладається як пластик. Збільшення кількості текстильного сміття [3, 7, 8] призводить до збільшення територій сміттєзвалищ, що потребує значних фінансових витрат на їх відновлення. Подібні наслідки є на кожному етапі життєвого циклу текстильного виробу – пошук ресурсів, виробництво, транспортування, роздрібна торгівля, використання та утилізація. Тому, **метою роботи** є аналіз соціально-економічних, технологічних, екологічних характеристик життєвого циклу текстильних виробів, для збереження природних ресурсів та здоров'я людей.

Відповідно до звіту Комітету з аудиту довкілля Палати громад Великої Британії [1, 5, 6], для технологічного процесу виробництва однієї бавовняної сорочки та пари джинсів необхідно витратити до 20 000 л води, що відповідає запасам прісної води центральної Азії. Слід врахувати, що процеси заключного оброблення, опорядження, транспортування також створюють додаткове екологічне навантаження на довкілля. Застосування органічних тканин не завжди покращує екологічну безпеку, оскільки на фарбування органічної бавовни витрачається більше води, ніж на фарбування поліестеру.

Крім того, частинки мікропластику потрапляють у водойми в процесі прання, аквачищення текстильних виробів, що стає все більшою проблемою. Наприклад, за один цикл прання у пральній машині може виділятися сотні тисяч таких частинок. Під час очищення одягу, особливо з поліестерних волокон, у довкілля потрапляє близько 9 млн мікрочастинок мікрофібри [3, 4]. Ці частки є мікроскопічним пластиком, вони потрапляють у водойми, де стають кормом для планктону і далі рухаються харчовим ланцюгом.

На кількість забруднень також впливає асортимент текстильних виробів, технологія очищення, інтервали часу між очищенням одягу. Чим частіше очищують одяг, тим більше виділяється мікрочастинок забруднень.

Під час очищення текстильних виробів експерти рекомендують [9, 10, 11] обирати рідкі мийні засоби, низьку температуру обробки, не перевантажувати обладнання (пральні машини, машини аквачищення). Це пояснюється тим, що при застосуванні порошкоподібних мийних засобів створюється додатковий механічний вплив на текстильні волокна, який є причиною погіршення споживних властивостей і пошкодження виробів. При перевантаженні мийного барабану погіршується якість очищення виробів, існує ризик поломки обладнання.

Крім того, занадто часте очищення текстильних виробів може різко скоротити термін їх експлуатації, тобто створюються сприятливі умови для накопичення текстильних відходів.

Дослідження [2, 9] свідчать, що в процесі очищення відбувається не лише видалення забруднень з текстильних виробів, але також змінюються споживні та експлуатаційні властивості. Таким чином, вибір оптимальних технологій очищення текстильних виробів забезпечує збереження споживних властивостей виробів і зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище. Тобто, чим краще споживачі доглядають за своїм одягом, тим довше речі є придатними до використання і тим краще буде для довкілля.

За даними [3, 6] споживачі в середньому викидають 40 % текстильних виробів, які навіть не вдягали, в той час як 90 % будь-якого одягу можна переробити. Наприклад, якщо текстильні вироби непридатні для використання, їх термін експлуатації збільшується шляхом перетворення речей на нову продукцію, їх рециркуляції механічним шляхом або використання для виробництва енергії.

Важливим питанням для компаній [3, 5, 11], які впроваджують технології повторного використання текстильних виробів є пошук вживаних речей, які знаходяться в незадовільному стані та непридатні для застосування, однак безпечні для рециклінгу після застосування відповідних технологій очищення та знезараження. Так, компанія Lindström Group [11] випробує технології виготовлення волокон з

підготовлених текстильних відходів і створити екосистему закритого обігу. Одержані перероблені волокна значно зменшують вуглецевий слід і є екологічно чистими у порівнянні з виробництвом звичайного віскозного волокна. Крім того, очищені та незаражені текстильні відходи переробляються в нові сировинні ресурси механічно або спалюються для отримання енергії.

Отже, аналіз літературних джерел [1, 3, 4, 7] свідчить про те, що текстильні вироби та процеси їх виробництва і експлуатації мають істотний вплив на довкілля, відтворення природних ресурсів, соціально-економічний розвиток суспільства в цілому.

### Виклад основного матеріалу

За результатами досліджень [5, 6, 12], основними етапами життєвого циклу текстильних виробів є: створення сировинної бази, виробництво, транспортування, використання (експлуатація) та утилізація (рис. 1).

Створення сировинної бази текстильних волокон передбачає вирощення відповідних культур для натуральних волокон та хіміко-технологічні процеси виготовлення хімічних та штучних волокон. Комерційне бавовняне господарство використовує величезну кількість води та пестицидів на вирощення бавовняних культур. Після вирощування та збирання бавовни починається процес переробки, який складається з технологічних процесів прядіння, ткацтва, відбілювання, фарбування, опорядження, заключного оброблення.

Оцінка небажаного впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з основними технологічними процесами виробництва та використання текстильних виробів, визначається на основі кількості споживаних хімічних речовин, води та енергії. Чим більше хімічних речовин, води та енергії витрачається на певний технологічний процес, тим більша ймовірність небажаного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей. У таблиці 1 наведено розрахунковий відсоток витрат води, енергії та хімічних речовин у технологічних процесах виробництва та експлуатації текстильних виробів [2, 9, 12].

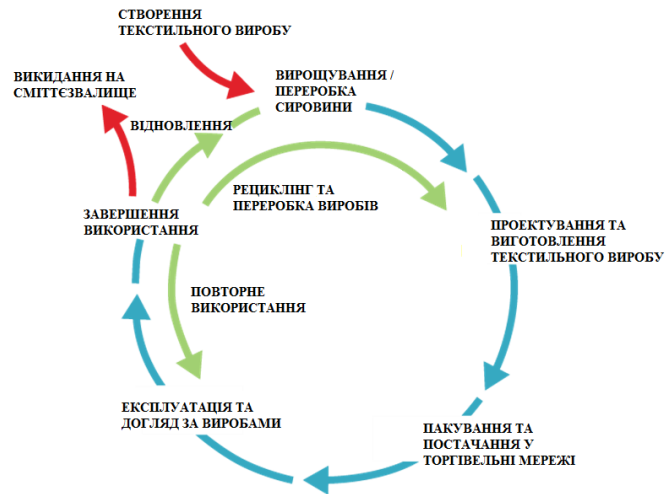


Рис. 1. Основні етапи життєвого циклу текстильних виробів

Таблиця 1

### Витрати води, енергії та хімічних речовин у технологічних процесах виробництва та використання текстильних виробів

№ з/п	Технологічний процес	Витрати води, %	Витрати енергії, %	Витрати хімічних препаратів, %
1	Виробництво волокон	2	8	22
2	Виробництво тканин	10	8	12
3	Опорядження, фарбування, очищення	86	79	65
4	Виробництво одягу	2	5	1

За даними таблиці 1, воду та хімічні речовини використовують у всіх технологічних процесах виробництва та використання текстильних виробів. Найбільшими витратами води, енергії, хімічних препаратів характеризуються технологічні процеси фарбування, опорядження та очищення текстильних виробів. Збільшення світового населення, підвищує виробництво та переробку текстильних виробів. Тому сьогодні споживачі використовують більшу кількість одягу і попит на одяг зростає.

У виробництві та експлуатації одягу використовується понад 1900 хімічних речовин. У Європейському Союзі класифіковано 165 хімічних речовин як небезпечні для навколишнього середовища. При цьому в світі витрачається 79 млрд м<sup>3</sup> води в текстильній промисловості. Велика кількість води скидається в річки та навколишнє середовище без очищення. Токсичні газові викиди при переробці текстилю оцінюються в 1715 млн т CO<sub>2</sub>, а відходи матеріалів становлять 92 млн т. Хімічні речовини, що використовуються у виробництві та експлуатації текстильних виробів, стічні води, що утворюються в технологічних процесах фарбування, опорядження та очищення виробів, леткі речовини та токсичні гази тощо, є небезпечним впливом на навколишнє середовище і здоров'я людей. Прогнозується зростання небезпеки забруднення води, повітря на 50 % до 2030 року [4, 13].

Окрім величезної кількості води та енергії, що необхідні для створення текстильних волокон, застосування відбілювачів, барвників, текстильно-допоміжних речовин (ТДР) є джерелом виникнення шкідливих забруднювачів [2, 3, 9], які можуть спричинити забруднення ґрунтових вод.

В процесі проектування та виробництва текстильних виробів утворюється близько 60 млрд м<sup>2</sup> текстильних відходів (ворсинки ниток, залишки тканин, трикотажних полотен) в рік.

Після виробництва текстильних виробів відбувається упаковка і транспортування виробів у торгівельні мережі. На маркуванні виробів обов'язково вказують країну походження одягу. Дослідження показали [1, 3], що лише вантажні перевезення створюють 250 г викидів CO<sub>2</sub> на 1 км в атмосферу. Транспортування літаками, кораблями, потягами створює набагато більше викидів карбону діоксиду. Тому екологічніше купувати текстильні вироби локальних виробників, адже вуглецевий слід (парникові гази, що утворюються внаслідок певного виробництва або діяльності людини) від їх транспортування значно менший.

Важливим фактором, що впливає на терміни експлуатації текстильних виробів є склад і концентрація хімічних препаратів, що використовуються в технологічному процесі очищення виробів [2, 9, 12]. Концентрація хімічних препаратів має важливу роль у видаленні часток бруду з тканин у водних розчинах, що дозволяє механічним діям звільнити волокна від забруднень. Неточне дозування хімічних препаратів може призвести до пошкодження тканин або призвести до зміни кольору виробу таких як посіріння, пожовтіння тощо.

З фізико-хімічної точки зору мийні засоби – це суміші поверхнево-активних речовин (ПАР). Мийні засоби також містять спеціальні добавки, які покращують якість очищення текстильних виробів. Саме ПАР та склад мийних засобів визначають ефективність видалення забруднень з виробів.

До складу мийних засобів, особливо для білих текстильних виробів додають відбілювачі. Основна функція відбілювальних речовин – відбілювання природних речовин у бавовняних і целюлозних волокнах, які роблять тканину жовтуватою, а також відбілювати плями. Однак слід враховувати, що відбілювачі можуть змінювати забарвлення текстильних виробів, тому їх не бажано використовувати для кольорових виробів. Хімічна дія відбілювачів також впливає на структуру волокон, що може зменшити термін використання текстильних виробів.

Пом'якшувачі у складі мийних засобів надають м'якість та еластичність поверхням текстильних виробів. Пом'якшувачі знижують жорсткість, рівень статичної електрики, зменшують час витягування та сушіння волокон, покращують операцію розтрушування перед прасуванням та сприяють підвищенню якості волого-теплової обробки.

Для покращення естетичних властивостей виробів, пом'якшувачі можна застосовувати одночасно зі зменшенням залишкової лужності виробів, або окремою операцією після зменшення залишкової лужності. Пом'якшувачі легко сорбуються бавовняними текстильними виробами з водних розчинів і залишаються в тканині до наступного циклу очищення.

Однією із альтернативних технологій делікатного очищення текстильних виробів є використання озону під час видалення забруднень [2, 9]. Завдяки програмуванню технологічних параметрів очищення, з використанням озону підвищується ефективність циклу миття, зменшуються енергетичні витрати.

Озонові системи дозволяють стерилізувати, дезінфікувати, відбілювати та дезодорувати вироби, використовуючи зменшену кількість води, хімічних речовин та енергії в процесі очищення. Введення озону в мийну ванну, забезпечує повну дезінфекцію текстильних виробів при низьких температурах очищення (від 20 до 30°C). Озон сприяє розщепленню та розчиненню жирів та масляних забруднень. Термін експлуатації текстильних виробів подовжується, підвищується зносостійкість за рахунок зменшення вмісту хлору, впливу високих температур та циклів прання. Також зменшується загальна тривалість процесу, витрати води. Однак, дані системи вимагають встановлення спеціального обладнання або переобладнання існуючого, що потребує додаткових витрат. Тому застосування озонових систем в процесі очищення текстильних виробів у водному середовищі немає розповсюдження в Україні.

В процесі використання (експлуатації) текстильних виробів найбільше екологічне навантаження виникає через багаторазове очищення та сушіння, яке здійснюють для збереження чистоти та споживних властивостей одягу. Процес використання текстильного виробу передбачає близько 75 циклів очищення та сушіння, що створює в 17 разів більше викидів CO<sub>2</sub>, ніж весь виробничий процес від підготовки сировини до надходження у торгівельні мережі [3, 9, 12].

Завершальним етапом експлуатації текстильних виробів є утилізація. Непридатні до використання, зношені текстильні вироби спалюють або потрапляють на сміттєзвалище.

Екологічні, соціально-економічні характеристики життєвого циклу текстильних виробів наведено на рис. 2.

За даними рис. 2. процес виготовлення та експлуатації текстильних виробів – це значні витрати природних і трудових ресурсів, які суттєво впливають на стан довкілля та здоров'я людей. Тому в світі та в Україні значну увагу приділено екологічному використанню текстильних виробів, що передбачає контроль за процесами експлуатації та утилізації речей. Для зменшення небезпечного впливу, покращення екологічної ситуації в світі запроваджують систематичне використання безпечних хімічних препаратів, ресурсощадних технологій очищення текстильних виробів.

Урядові та громадські організації, текстильні корпорації, науково-дослідні установи інвестують у створення інформаційно-просвітницької платформи щодо безпечного використання природних ресурсів, сталого розвитку, розрахованої на довгострокову перспективу, або факторів, що забезпечують екологічну та соціальну безпеку виробництва та використання текстильних виробів [5, 6, 7, 11]. Відповідно до цього, мережа H&M® у співпраці з гонконгським інститутом одягу та текстилю фінансує дослідження, пов'язане з переробкою змішаних тканин (наприклад, бавовни-поліестеру) і створенням нових тканин та волокон [2,

11]. Нещодавно Oxfam долучилася до проекту Marks & Spencer® створення костюма з високоякісного вживаного кашеміру. Американська компанія Levis® розробила власну технологію зменшення застосування води у виробництві джинсового одягу, а також заохочує текстильних виробників до використання переробленого cottonу.



Рис. 2. Екологічні, соціально-економічні характеристики життєвого циклу текстильних виробів

В Англії Комітетом з аудиту довкілля Палати громад створено рекомендації [5, 11] щодо безпечного використання текстильних виробів. Рекомендації передбачають відрахування одного пенні з ціни кожного виробу, впровадження екологічного податку на одяг для фінансування центрів утилізації та зниження ставки ПДВ на послуги з ремонту одягу. А також впровадження нових навчальних курсів у навчальних закладах. Так, London Collage of Fashion анонсував новий курс "Fashion and Sustainability: Understanding Luxury Fashion in a Changing World", який буде розміщено на Інтернет-ресурсах у відкритому доступі.

#### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Аналіз соціально-економічних, технологічних, екологічних характеристик життєвого циклу текстильних виробів показав, що 45 % текстильних виробів можливо використовувати повторно, 30 % придатні для переробки у технічний текстиль, 20 % – текстильні волокна. Лише 5 % вживаних текстильних виробів є відходами, які потребують утилізації. Продовження терміну експлуатації текстильних виробів на 9 місяців дозволяє скоротити до 30 % витрат енергії, води, викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу, що сприяє збереженню природних ресурсів та здоров'я людей.

На основі проведеного аналізу можливо запропонувати наступні напрямки безпечного виробництва та експлуатації текстильних виробів:

- підвищення обізнаності щодо впливу текстильного виробництва на довкілля та здоров'я людей;
- дбайливе використання природних та людських ресурсів (reducing);
- повторне використання готових речей (reusing та upcycling);
- переробка відходів і речей для виготовлення нових (recycling);
- створення передумов безпечної експлуатації та очищення текстильних виробів;
- застосування технологій делікатного очищення текстильних виробів, які зменшують витрати електроенергії та природних ресурсів одночасно;
- зменшення використання природних ресурсів та викидів у навколишнє середовище;
- покращення екологічних та соціально-економічних показників протягом усього життєвого циклу текстильних виробів.

Такі рекомендації дозволяють виробникам покращувати екологічну безпеку технологічних процесів виробництва, а споживачам купувати раціональніше, використовувати менше одягу, зменшуючи утворення текстильних відходів. Це, в свою чергу, є важливими факторами, які подовжують терміни використання текстильних виробів, зменшують екологічне навантаження на довкілля та здоров'я людей.

---

**References**

1. Khan S., Malik A. Environmental and health effects of textile industry wastewater, in environmental deterioration and human health. Springer. 2014. P. 55–71.
2. Mittal K. L., Bahners T. Textile Finishing: Recent Developments and Future Trends. John Wiley & Sons. 2017. P. 588.
3. Claudio L. Waste couture: environmental impact of the clothing industry. Environ Health Perspect. 2007. Vol.115(9). P. 448–454.
4. De Falco F., Gentile G., Di Pace E., Cocca M., Gelabert L., Brouta-Agnésa M., Rovira A., Escudero R., Villalba R. et al. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. Environmental Pollution. 2018. Vol. 236. P. 916–925.
5. Ellen MacArthur Foundation A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future. Cowes, UK, 2017.
6. Global fashion industry statistics – International apparel. URL: <https://fashionunited.com/global-fashion-industry-statistics/>.
7. Halyk I. S., Semak B. D. Ekolohichna bezpechnist tekstyliu: problemy i rishennia. Herald of Khmelnytskyi National University. 2012. №3. S. 228–232.
8. Tekstylni vidkhody – tse hlobalna problema. URL: <https://lindstromgroup.com/ua/>
9. Laundry Experience Event 2017. March 17-18th, 2017, Helmond, Netherlands.
10. Ecological innovation : monograph; edited by Olga Paraska, Norbert Radek, Mirosław Bonek. Poland, 2015. 311 p. ISBN 978-83-62150-15-1.
11. Jastram S.M., Schneider A.-M. Sustainable fashion governance at the example of the partnership for sustainable textiles. UWF UmweltWirtschaftsForum. 2015. Vol. 23. P. 205–212.
12. Muthu S. Environmental impacts of the use phase of the clothing life cycle. Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing, Cambridge: Woodhead Publishing. 2015. P. 93–102.
13. Yang L., Qiao F., Lei K., Li H., Kang Y., Cui S., An L. Microfiber release from different fabrics during washing. Environmental Pollution. 2019. Vol. 249. P. 136–143.