

УДК 677.047.625

СЕМЕШКО О. Я., АСАУЛЮК Т. С., САРІБЄКОВА Ю. Г.

Херсонський національний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СВІТЛОСТАБІЛІЗАТОРІВ НА  
СВІТЛОСТІЙКІСТЬ ЗАБАРВЛЕНОГО АКТИВНИМИ  
БАРВНИКАМИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖУ**

*Мета.* Мета роботи полягає в дослідженні впливу світлостабілізаторів на світлостійкість забарвлень бавовняного трикотажу, пофарбованого активними барвниками.

*Методика.* Досліджування здійснювалось з використанням бавовняного трикотажного полотна переплетення ластик 1+1 з поверхневою густиною 150 г/см<sup>2</sup>, підготовленого за суміщеною технологією відварювання і відбілювання. Фарбування волокнистого матеріалу здійснювалось з використанням активних барвників марки Bezaktiv періодичним способом при концентрації 0,3% від маси матеріалу. У якості світлостабілізаторів обрані УФ-абсорбери: 2,5-дигідроксиацетофенон, 2,4-дигідроксибензофенон та фенілсаліцилат – та антиоксиданти: двохатомні феноли – гідрохінон, пірокатехін та резорцин. У роботі світлостабілізацію бавовняного трикотажу проводили після фарбування активними барвниками та промивання забарвленого трикотажного матеріалу. Технологічний режим застосування досліджуваних світлостабілізаторів полягав у просоченні трикотажного полотна, сушінні та термофіксації матеріалу. Для пофарбованих зразків трикотажу було перевірено індивідуальний вплив світлостабілізаторів на зміну кольору забарвленого трикотажного полотна та досліджено кінетику фотодеструкції забарвлень. Інсоляцію зразків здійснювали на приладі з ртутно-вольфрамовою лампою RF 1201 BS («REFOND»). Після обробки та інсоляції визначали загальні колірні відмінності dE зразків трикотажу у порівнянні з необробленим матеріалом за допомогою колориметра TCR-200 («PCE Instruments»).

*Результати.* Отримані результати свідчать, що зміна початкових забарвлень після обробки світлостабілізаторами залежить від кольору барвника та від типу світлостабілізатора. Найбільші зміни кольору спостерігаються при використанні фенілсаліцилату, пірокатехіну та резорцину. Встановлено, що УФ-абсорбери проявляють світлозахисний ефект в більшій мірі, ніж антиоксиданти. Отримані експериментальні результати також свідчать про необхідність одночасного використання УФ-абсорберів та антиоксидантів з метою ефективної світлостабілізації забарвленого бавовняного трикотажу.

*Наукова новизна.* Досліджено індивідуальний вплив світлостабілізаторів – УФ-абсорберів та антиоксидантів – на світлостійкість забарвлень бавовняного трикотажу активними барвниками марки Bezaktiv.

*Практична значимість.* Встановлено, що для ефективного світлозахисту забарвлень бавовняного трикотажу активними барвниками необхідне одночасне використання УФ-абсорберів та антиоксидантів.

*Ключові слова:* бавовняний трикотаж, активні барвники, загальні колірні відмінності, кінетика фотодеструкції, світлостабілізатори, УФ-абсорбери, антиоксиданти.

**Вступ.** Аналіз існуючих світових та вітчизняних показників виробництва текстильної продукції за видами показує, що на сьогодні в Україні в структурі виробництва легкої промисловості трикотажні полотна переважають над випуском тканин, що співпадає з тенденціями у світі, завдяки комплексу специфічних споживних властивостей, можливості замінити тканини у виробі та існуванні асортименту одягу, який виробляється тільки способом в'язання [1-3]. Стрімке зростання трикотажного виробництва у порівнянні з текстильним в Україні за останні роки можна пояснити рядом причин, а саме: вищою продуктивністю й асортиментними можливостями трикотажно-в'язального обладнання на відміну від ткацьким, меншими витратами сировини на виготовлення трикотажних виробів,

ніж на вироби з тканин та наявністю комплексу більш високих споживних властивостей трикотажних полотен і виробів, поєднанням високої гігієнічності та привабливого зовнішнього вигляду з необхідною формостійкістю та міцністю [4, 5]. Однак слід зазначити, що трикотажний одяг у порівнянні з одягом із тканих полотен поряд з рядом переваг має суттєві недоліки, головними з яких є низька зносостійкість, яка виражається у втраті форми виробів, низькій стійкості пофарбувань до дії світла і прання [4-6].

Оцінка клімату показує, що географічно Україна розташована так, що кількість сонячних днів складає 270-320 на рік. Крім цього, аналіз середньодобової кількості сонячної енергії за місяцями показав, що в Україні її рівень є високим у період з травня по вересень, а також залишається високим у квітні, вересні та жовтні [7-9]. Отже, на території України дія світла на волокнисті матеріали під час експлуатації одягу є максимально вираженою з травня по серпень і залишається високою у квітні, вересні і жовтні та деструктивно впливає як на волокнистий матеріал, так і на його забарвлення. Крім цього, через будову трикотажних полотен, а саме наявність їх петельної структури, трикотажні вироби із натуральних волокон під час експлуатації схильні швидко втрачати форму. Тому виробництво трикотажних матеріалів із бавовни для літнього періоду, які матимуть високі показники світлостійкості, є необхідним для задоволення потреб споживачів у якісному одязі.

Таким чином, розробка технології яка направлена на підвищення світлостійкості забарвлень бавовняного трикотажних полотен, призначених для пошиття літнього одягу є актуальним завданням.

**Постановка завдання.** Пошук ефективних методів світлостабілізації забарвлених волокнистих матеріалів ґрунтується на доскональному вивченні механізму їх фотодеструкції, який полягає у поглинанні світла молекулою барвника і переходом її у фотозбуджений стан та хімічному перетворенні збудженої молекули. Ефективно попередити фотодеструкцію забарвленого бавовняного трикотажу можливо шляхом перешкодження проходження обох стадій фотоперетворення шляхом застосування спеціальних речовин – світлостабілізаторів. Вказані речовини прийнято поділяти за хімічною природою на органічні та неорганічні [10-12]. До органічних відносять УФ-абсорбери та антиоксиданти – гасники збуджених молекул і інгібітори фотохімічних реакцій. Неорганічні світлостабілізатори представляють собою речовини неорганічної природи, що здатні виступати у якості фільтрів по відношенню до УФ-випромінювання [11, 12].

УФ-абсорбери – це речовини, що здатні захищати від світла забарвлені волокнисті матеріали шляхом екранування, тобто фільтрацією фото- та хімічноактивної УФ-частини сонячного спектру. УФ-абсорбери являють собою органічні безбарвні сполуки з сильним поглинанням в УФ-діапазоні 290-360 нм [11]. Механізм дії вказаних речовин заснований на їх здатності перетворювати енергію електронного збудження в теплову енергію. Короткохвильове УФ-випромінювання високої енергії сприяє переходу УФ-абсорберів у вищий енергетичний стан, і енергія, яка поглинулася, може потім розсіюватися у вигляді випромінювання більш довгої хвилі [12]. Частіше всього УФ-абсорбери – це органічні сполуки зі спряженою системою зв'язків, а для деяких речовин характерним є наявність внутрішньомолекулярних водневих зв'язків. УФ-абсорберами, які зазвичай використовуються для волокнистих матеріалів, є 2-гідроксibenзофенони, 2-гідроксифенілбензотриазоли, 2-

гідроксифенілтри-азини і такі речовини, як естери бензойної кислоти і просторово затруднені аміни [11, 14-16].

Відповідно до загальних закономірностей фотохімічних перетворень барвників і забарвлених матеріалів, їх фотодеструкція відбувається з фотозбудженого стану, який має надлишок енергії. Щоб запобігти фотодеструкції, необхідно провести гасіння фотозбуджених молекул барвника, молекул середовища або домішок. З цією метою застосовують спеціальні світлостабілізатори – гасники збудженого стану та інгібітори фотохімічних реакцій.

На практиці загальною вимогою до всіх світлостабілізаторів – гасників збуджених станів, які відводять енергію збудження від інших молекул, є певне співвідношення енергій збудження донора (наприклад, молекули барвника) і акцептора-гасника: енергія триплетного стану акцептора-гасника повинна бути нижче, ніж донора. Щодо спектральних властивостей молекул, це виражається в тому, що спектр люмінесценції молекул донора перекривається зі спектром поглинання молекул акцептора.

Якщо для полімерів світлостабілізація через механізм перенесення енергії, тобто шляхом гасіння, заснована на відомій природі первинного фотофізичного акту, то для барвників така інформація недостатньо повна. Однак можна сказати, що і для них практичні результати підтверджують перспективність цього шляху. Так, введення в волокно або в молекули барвників атомів металів змінної валентності (Купрум, Хром, Нікель), які є гасниками збудженого стану, підвищує світлостійкість забарвлення [17]. Крім того, в якості світлостабілізаторів-гасників застосовують неорганічні і органічні солі металів змінної валентності, комплексні органічні сполуки металів змінної валентності [10, 18] і органічні речовини, які в основному легко окиснюються (феноли, аміни). Ефективними гасниками є тіосечовина, фталамід, фенілгідрозин, сечова кислота. У присутності зазначених добавок спостерігали гасіння люмінесценції антрахінонових, основних і барвників інших класів та підвищення світлостійкості, наприклад, катіонних барвників на целюлозних і поліакрилонітрильних волокнах [19].

Ще одним із способів захисту забарвлень від фотодеструкції є інгібування фотохімічних реакцій збуджених молекул барвників, яке також засноване на відомій природі активних частинок, що викликають фотодеструкцію матеріалу. В якості таких частинок можуть виступати відновники, окисники, радикали. Природа активних фотодеструктуючих частинок залежить від хімічної структури матеріалу, наявності барвників і опоряджувальних препаратів та від умов опромінення – спектрального складу опромінювача, температури, вологості, складу атмосфери [10, 18]. Через те, що в атмосфері повітря є окисники (Оксиген, озон), процеси фотоокиснення волокон і барвників відіграють надзвичайно важливу роль в їх світлостарінні.

Особливо чутливими волокна і барвники є до дії радикальних частинок, утворення яких при опроміненні полімерів є загальним правилом. При цьому в присутності барвників генерація радикалів у волокні, здебільшого, посилюється, тобто барвники виступають у ролі сенсibilізаторів фотогенерації радикалів. Іншою закономірністю і особливістю фотодеструкції забарвлених полімерних матеріалів, в тому числі і забарвлених волокон, є генерація синглетного Оксигену – особливої молекулярної форми, який є сильним окисником і теоретично здатний руйнувати волокна і барвники [20].

Для ефективного захисту волокон і барвників від дії радикалів необхідно знати природу цих радикальних частинок (пероксидні, алкільні тощо). У реальних умовах експлуатації матеріалів в атмосфері повітря, багатій на Оксиген, більш імовірним є вплив пероксидних радикалів, однак наявність алкільних радикалів  $-CH_2-$  в твердих полімерних волокнах є теж цілком імовірним через їх низьку дифузійну проникність [10, 18].

Найбільш вивченими є механізми інгібувальної дії ароматичних фенолів, амінів і стабільних нітросильних радикалів. Феноли є ефективними антиоксидантами, механізм дії яких обумовлений їх взаємодією з пероксидними радикалами і з синглетним киснем [10, 18, 20]. Феноли і ароматичні аміни здатні регенеруватись за рахунок реакції диспропорціонування утворених на їх основі радикалів за механізмом  $2\dot{R}\rightarrow 2R\cdot$ , тим самим підвищуючи ефективність дії цих стабілізаторів. Існує численна група інгібіторів, яка включає сірковмісні ефіри фосфористої кислоти, принцип дії яких заснований на розкладанні гідропероксидів з утворенням нерадикальних продуктів [21].

Нітросильні радикали є стабільними радикалами вибіркової дії. Їх стабільність обумовлена наявністю замісників поруч з нітросильною групою [10, 18, 20, 22, 23]. Стабільні нітросильні радикали, на відміну від фенолів і амінів, реагують не з пероксидними, а з алкільними радикалами за механізмом приєднання:  $=\dot{N}O + \dot{R} \rightarrow =NOR$ . Естер, що утворюється, здатний разом з пероксидними радикалами регенерувати нітросильний радикал, що підвищує їх світлостабілізуючу ефективність:  $=NOR + RO_2\dot{O} \rightarrow =\dot{N}O + \text{продукти}$ .

Просторово-затруднені піперидини (ПЗП) є ефективними світлостабілізаторами [10, 18, 22, 23]. Механізм їх дії заснований на принципі «депо». ПЗП самі не можуть захищати матеріали від дії світла ні за одним із відомих механізмів, оскільки не поглинають світло при довжині хвилі  $\lambda > 250$  нм, їх електронні рівні розташовані високо, і гасіння збудженого світлом стану при  $\lambda > 290$  нм виключено. Механізм інгібування ПЗП обумовлений дією не самого препарату, а продуктів його перетворення – нітросильних радикалів. При дії на ПЗП синглетного кисню  $^1O_2$  або пероксидних радикалів  $RO_2\cdot$ , які завжди утворюються в забарвлених матеріалах в реальних умовах, утворюється нітросильний радикал.

Не дивлячись на існування великої кількості речовин для світлостабілізації забарвлених волокнистих матеріалів із натуральних волокон, пошук нових і ефективних речовин та способів надання підвищеної світлостійкості є актуальним. При розробці шляхів світлозахисту забарвлених волокнистих матеріалів за допомогою світлостабілізаторів необхідно також вирішити проблему їх фіксації в структурі волокна, яка забезпечить їх стійкість до дії прання, хімічного чищення та інших видів впливу при експлуатації. Стійкість світлостабілізаторів повинна бути на рівні стійкості забарвлення до дії цих факторів. Крім цього, слід зазначити, що на сьогодні розробці технологій світлозахисту трикотажних матеріалів приділено мало уваги, і дослідження у цьому напрямі є актуальними.

Таким чином, метою роботи було дослідження впливу світлостабілізаторів на процес світлостійкості забарвлених бавовняного трикотажу.

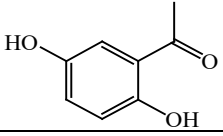
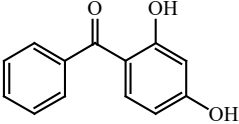
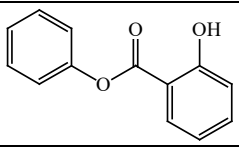
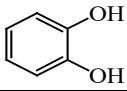
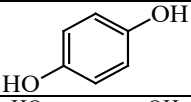
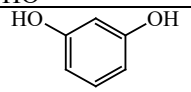
**Результати дослідження.** Світлозахист забарвленого бавовняного трикотажного полотна був досліджений для трикотажу переплетення ластик 1+1 з поверхневою густиною  $150 \text{ г/см}^2$ , підготовленого за суміщеною технологією відварювання і відбілювання [24] та пофарбованого активними барвниками марки Bezaktiv періодичним способом при

концентрації 0,3% від маси матеріалу. Були вибрані барвники саме цього класу, оскільки вони найчастіше застосовують для фарбування целюлозних волокнистих матеріалів завдяки формуванню забарвлень яскравих та чистих кольорів з багатою гаммою відтінків, які характеризуються високою стійкістю до прання і тертя [25, 26].

У якості світлостабілізаторів обрані УФ-абсорбери: 2,5-дигідроксиацетофенон (ДГАФ), 2,4-дигідроксибензофенон (ДГБФ) та фенілсаліцилат (ФС) – та антиоксиданти: двохатомні феноли – гідрохінон, пірокатехін та резорцин. Будова та основні характеристики досліджуваних світлостабілізаторів представлені у табл. 1.

Таблиця 1

**Основні властивості досліджуваних УФ-абсорберів та антиоксидантів**

Назва	Номер CAS	Хімічна формула	Зовнішній вигляд	Розчинність у воді / спирті, г/л
УФ-абсорбери				
2,5-дигідроксиацетофенон (ДГАФ)	490-78-8		жовтуватий порошок	нерозчинний / добре розчинний
2,4-дигідроксибензофенон (ДГБФ)	131-56-6		жовтуватий порошок	4,1 / добре розчинний
фенілсаліцилат (ФС)	118-55-8		білі кристали	нерозчинний / добре розчинний
Антиоксиданти				
пірокатехін	120-80-9		безбарвні кристали зі слабким запахом	461 / добре розчинний
гідрохінон	123-31-9		безбарвні кристали	6,72 / 46,4
резорцин	108-463		білі кристали зі слабким запахом	добре розчинний / добре розчинний

Приготування розчинів УФ-абсорберів полягало у використанні співрозчинника – етилового спирту – у співвідношенні з водою 1:9.

Відомо, що найефективніше застосування світлостабілізаторів для забарвлених волокнистих матеріалів відбувається після фарбування і передбачає послідовне просочення, сушіння і термофіксацію [14, 27, 28]. У роботі світлостабілізацію бавовняного трикотажу запропоновано проводити після фарбування активними барвниками та промивання забарвленого трикотажного матеріалу. Технологічний режим застосування досліджуваних світлостабілізаторів наведений на рис. 1.

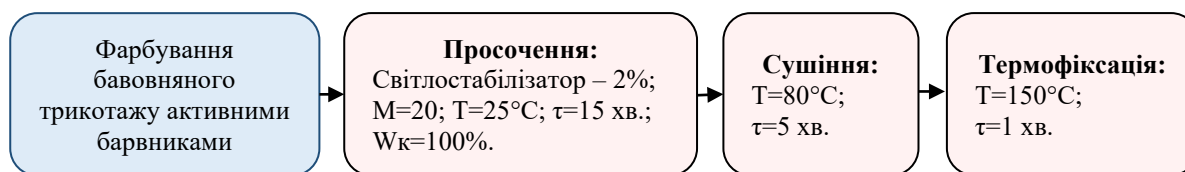


Рис. 1. Технологічний режим застосування світлостабілізаторів у технології фарбування бавовняного трикотажу активними барвниками

Таким чином, застосування світлостабілізаторів не вимагає додаткового обладнання, обробка трикотажного полотна вказаними речовинами передбачається на фарбувальному обладнанні.

Речовини, що забезпечують світлостабілізацію забарвлених трикотажних полотен, повинні, в першу чергу, не впливати на їх колір. Тому спочатку було перевірено індивідуальний вплив досліджуваних світлостабілізаторів на зміну кольору забарвленого трикотажного полотна після обробки шляхом визначення загальних колірних відмінностей  $dE$  зразків трикотажу у порівнянні з необробленим матеріалом за допомогою колориметра TCR-200 («PCE Instruments», Німеччина). Результати дослідження наведені на рис. 2.

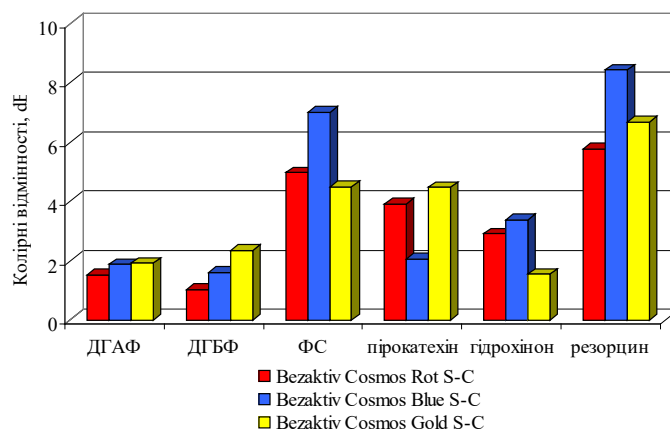


Рис. 2. Вплив світлостабілізаторів на зміну кольору бавовняного трикотажу, забарвленого активними барвниками марки Bezaktiv

Наведені на рис. 2 результати свідчать, що зміна початкових забарвлень після обробки світлостабілізаторами залежить від кольору барвника та від типу світлостабілізатора. Найбільші зміни кольору спостерігаються при використанні ФС, пірокатехіну та резорцину. ДГАФ, ДГБФ і гідрохінон викликають менші зміни досліджуваного показника для забарвлених зразків трикотажного полотна.

Далі для оброблених індивідуальними світлостабілізаторами зразків трикотажу було досліджено кінетику фотодеструкції забарвлень шляхом визначення показників загальних колірних відмінностей  $dE$  зразків трикотажу після інсоляції на приладі із ртутно-вольфрамовою лампою RF 1201 BS («REFOND», Китай). Отримані результати представлені на рис. 3.

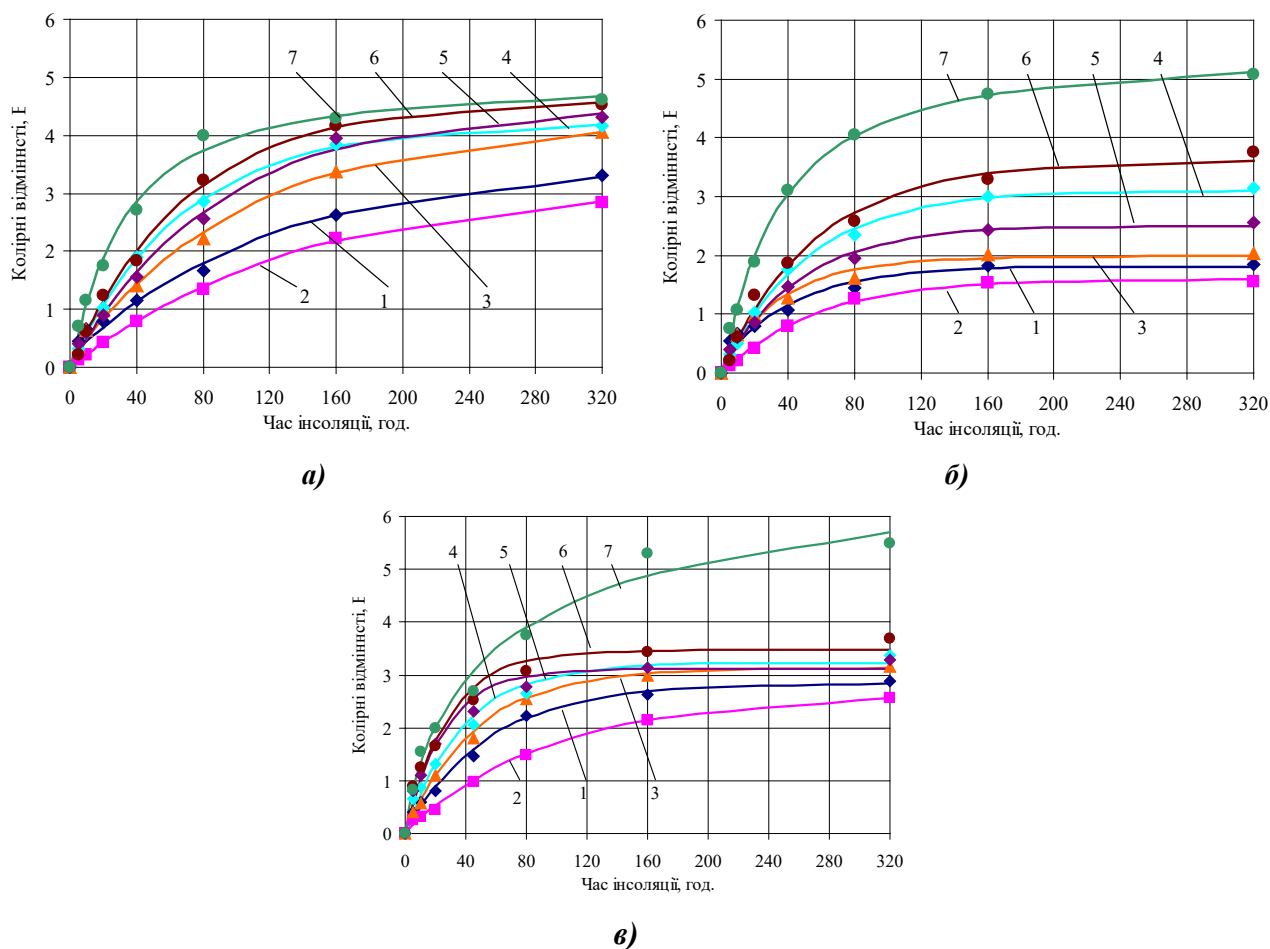


Рис. 3. Вплив обробки світлостабілізаторами на кінетику фотодеструкції забарвлень активними барвниками бавовняного трикотажу: а) Bezaktiv Cosmos Rot S-C; б) Bezaktiv Cosmos Blue S-C; в) Bezaktiv Cosmos Gold S-C: 1) ДГАΦ; 2) ДГБΦ; 3) ΦC; 4) пірокатехін; 5) гідрохінон; 6) резорцин; 7) без обробки

Аналіз отриманих кінетичних кривих фотодеструкції забарвлень (рис. 3) показує, що досліджувані світлостабілізатори забезпечують зниження швидкості руйнування активних барвників під дією світла у порівнянні з необробленими зразками, про що свідчить різний характер кривих фотодеструкції. Необхідно зазначити, що УФ-абсорбери проявляють світлозахисний ефект в більшій мірі, ніж антиоксиданти. Це можна пояснити тим, що антиоксиданти не перешкоджають дії УФ-випромінювання на барвник і трикотажне полотно на I стадії фотодеструкції, а запобігають реакціям збуджених молекул барвника з вільними радикалами субстрату та іншими активними частинками на I стадії цього процесу.

На рис. 4 наведені результати визначення колірних відмінностей пофарбованих активними барвниками зразків бавовняного трикотажу після обробки досліджуваними світлостабілізаторами та інсоляції протягом 320 год.

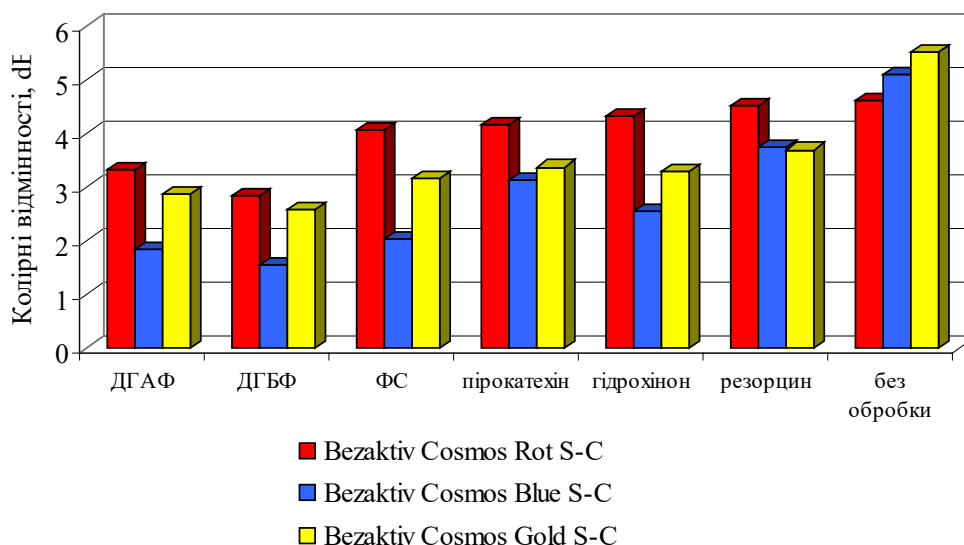


Рис. 4. Вплив обробки світлостабілізаторами на фотодеструкцію забарвлень активними барвниками марки Bezaktiv після інсоляції протягом 320 год

Представлені на діаграмі рис. 5.11 дані дозволяють зробити висновок, що найменше піддаються фотодеструкції забарвлення бавовняного трикотажу після його обробки ДГАФ та ДГБФ, які є УФ-абсорберами. Серед антиоксидантів слід відмітити гідрохінон. Невисокий ступінь світлозахисту при цьому можна пояснити, виходячи з двохстадійного механізму фотодеструкції забарвлених трикотажних полотен. Індивідуальні світлостабілізатори перешкоджають протіканню тільки однієї зі стадій, що є неефективним.

**Висновки.** Таким чином, експериментально доведено необхідність одночасного використання УФ-абсорберів та антиоксидантів з метою результативної світлостабілізації забарвленого бавовняного трикотажу. Найефективніший тип світлостабілізаторів та оптимальне їх співвідношення у композиції доцільно визначити шляхом математичного планування експерименту.

#### Література

1. Uddin F. Introductory Chapter: Textile Manufacturing Processes. Режим доступу <https://www.intechopen.com/books/textile-manufacturing-processes/introductory-chapter-textile-manufacturing-processes>.
2. Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Report. Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Weft-knit, Warp-knit), By Application (Technical, Household), By Region, And Segment Forecasts, 2019-2025. Режим доступу <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/knitted-fabric-market>.
3. Аналітичні матеріали галузі легкої промисловості. Режим доступу <https://ukrlegprom.org/ua/analytics>.

#### References

1. Uddin, F. Introductory Chapter: Textile Manufacturing Processes. Retrieved from <https://www.intechopen.com/books/textile-manufacturing-processes/introductory-chapter-textile-manufacturing-processes> [in English].
2. Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Report. Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Weft-knit, Warp-knit), By Application (Technical, Household), By Region, And Segment Forecasts, 2019-2025. Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/knitted-fabric-market> [in English].
3. Analytical materials of light industry [Analytical materials of light industry]. Retrieved from <https://ukrlegprom.org/ua/analytics> [in Ukrainian].



4. Пугачевський Г.Ф. Товарознавство непродовольчих товарів. Частина 1. Текстильне товарознавство / Г.Ф. Пугачевський, Б.Д. Семак. – К.: НМЦ «Укоопосвіта», 1999. – 596.
5. Галик І.С. Товарознавство непродовольчих товарів : Підруч. для студ. вищ. закл. освіти. Ч. 2. Товарознавство трикотажних товарів / І.С. Галик, Б.Д. Семак. – К.: НМЦ «Укоопосвіта», 2001. – 292 с.
6. Зіміна Н.К. Товарознавство трикотажних товарів / Н.К. Зіміна, Н.О. Дзюбак, Л.В. Черняк. – К.: КНТЕУ, 2002. – 159 с.
7. Солнечная энергия. Режим доступу: <http://www.rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html>.
8. Кліматичні та рекреаційні ресурси України. Режим доступу: [https://pidruchniki.com/15100827/ekologiya/klimatichni\\_rekreatsiyini\\_resursi\\_ukrayini](https://pidruchniki.com/15100827/ekologiya/klimatichni_rekreatsiyini_resursi_ukrayini).
9. Карта солнечной инсоляции Украины. Режим доступу: <http://www.artenergy.com.ua/novosti/karta-solnechnoy-insoliatsii-ukrainy>.
10. Рэнби Б. Фотодеструкция, фотоокисление, фотостабилизация полимеров / Б. Рэнби, Я. Рабек. – М.: Мир, 1978. – 676 с.
11. Saravanan D. UV Protection textile material / D. Saravanan // Autex Research Journal. – 2007. – Vol. 7. – P. 53-62.
12. Holme I. UV absorbers for protection and performance / I. Holme // International Dyer. – 2003. – Vol. 13. – P. 9-10.
13. Hustvedt D. The ultraviolet protection factor of naturally pigmented cotton / D. Hustvedt, P. Crews // The Journal of Cotton Science. – 2005. – Vol. 9. – P. 47-55.
14. Sekar N. UV absorbers in textiles / N. Sekar // Colourage. – 2000. – Vol. 11. – P. 27-28.
15. Rupp J. Textiles for protection against harmful ultraviolet radiation / J. Rupp, A. Bohringer, A. Yonenaga, J. Hilden // International Textile Bulletin. – 2001. – Vol. 6. – P. 8-20.
16. Achwal W.B. Use of UV absorbers for minimising photodegradation of disperse dyes as well as polyester fibres / W.B. Achwal // Colourage. – 1994. – Vol. 6. – P. 21-22.
17. Giles C.H. The Lightfastness of Dyes: a Review / C.H. Giles, R.B. McKay // Textile Research Journal. – 1963. – Vol. 33 (7). – P. 528-577.
18. Шляпинтох В.Я. Фотохимические превращения и стабилизация полимеров / В.Я. Шляпинтох. – М.: Химия, 1979. – 344 с.
19. Кричевский Г. Светостойкость окрашенных текстильных изделий / Г. Пухачевс'кyy, Н.Ф., Семак, В.Д. (1999). *Tovaroznnavstvo neprodovol'chykh tovariv. Chastyna 1. Tekstyl'ne tovaroznavstvo* [Commodity science of non-food products. Part 1. Textile commodity science]. Kyiv, Ukooposvita [in Ukrainian].
5. Halyk, I.S., Semak, B.D. (2001). *Tovaroznnavstvo neprodovol'chykh tovariv: Pidruch. dlya stud. vyshch. zakl. osvity. Chastyna 2. Tovaroznnavstvo trykotazhnykh tovariv* [Commodity science of non-food products: Textbook. for students. higher lock education. Part 2. Commodity of knitted goods]. Kyiv, Ukooposvita [in Ukrainian].
6. Zimina, N.K., Dzyubak, N.O., Chernyak, L.V. (2002). *Tovaroznnavstvo trykotazhnykh tovariv* [Commodity science of knitted goods]. Kyiv, KNTEU [in Ukrainian].
7. *Solnechnaya energiya* [Solar power]. Retrieved from <http://www.rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html> [in Russian].
8. *Klimatychni ta rekreatsinyi resursy Ukrayiny* [Climatic and recreational resources of Ukraine]. Retrieved from [https://pidruchniki.com/15100827/ekologiya/klimatichni\\_rekreatsiyini\\_resursi\\_ukrayini](https://pidruchniki.com/15100827/ekologiya/klimatichni_rekreatsiyini_resursi_ukrayini) [in Ukrainian].
9. *Karta solnechnoy insolyatsii Ukrainy* [Map of solar insolation of Ukraine]. Retrieved from <http://www.artenergy.com.ua/novosti/karta-solnechnoy-insoliatsii-ukrainy> [in Russian].
10. Renbi, B., Rabek, Ya. (1978). *Fotodestruktsiya, fotookisleniye, fotostabilizatsiya polimerov* [Photodestruction, photooxidation, photo stabilization of polymers]. Moscow, Mir [in Russian].
11. Saravanan, D. (2007). UV Protection textile material. *Autex Research Journal*, 7, 53-62.
12. Holme, I. (2003). UV absorbers for protection and performance. *International Dyer*, 13, 9-10.
13. Hustvedt, D., Crews, P. (2005). The ultraviolet protection factor of naturally pigmented cotton. *The Journal of Cotton Science*, 9, 47-55.
14. Sekar, N. (2000). UV absorbers in textiles. *Colourage*, 11, 27-28.
15. Rupp, J., Bohringer, A., Yonenaga, A., Hilden, J. (2001). Textiles for protection against harmful ultraviolet radiation. *International Textile Bulletin*, 6, 8-20.
16. Achwal, W.B. (1994). Use of UV absorbers for minimising photodegradation of disperse dyes as well as polyester fibres. *Colourage*, 6, 21-22.
17. Giles, C.H., McKay, R.B. (1963). The Lightfastness of Dyes: a Review. *Textile Research Journal*, 33 (7), 528-577.
18. Shlyapintokh, V.Ya. (1979). *Fotokhimicheskiye prevrashcheniya i stabilizatsiya polimerov*

- Кричевский, Я. Гомбкете. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 167 с.
20. Эмануэль Н.М. Физическая химия и старение полимеров / Н.М. Эмануэль, А.Л. Бучаченко. – М.: Наука, 1982. – 381 с.
21. Katoh K. Effects of Organic Sulfur and Phosphor Compounds Used as Antioxidants on the Thermal Behavior of Nitrocellulose and its Decomposition Mechanism / K. Katoh, S. Yoshino, S. Kubota, Y. Wada, Y. Ogata, M. Nakahama, S. Kawaguchi, M. Arai // *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. – 2007. – Vol. 32(5). – P. 406-410. doi:10.1002/prop.200700044.
22. Нонхибел Д. Радикалы / Д. Нонхибел, Дж. Теддер, Дж. Уолтон; под ред. В.А. Смита. – М.: Мир, 1982. – 266 с.
23. Эмануэль Н.М. Некоторые проблемы химической физики старения и стабилизация полимеров / Н.М. Эмануэль // *Успехи химии*. – 1979. – Т. 48, №12. – С. 2113-2163. doi: 10.1070/RC1979v048n12ABEH002434.
24. Semeshko O., Asauliyuk T., Saribyeikova Yu. Optimization of preparation technology of a cotton knitted fabric by the method of mathematical planning / *EastWest Chemistry Conference: Proceedigns of 2th International Conference (October 10-12, 2018)*. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2018. – P. 186.
25. Hassaan M.A. Health and Environmental Impacts of Dyes: Mini Review / M.A. Hassaan, A. El Nemr // *American Journal of Environmental Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 1(3). – P. 64-67. doi: 10.11648/j.ajese.20170103.11.
26. Textile Dyes Market Report – Global Forecast till 2025. Режим доступа: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/textile-dyes-market-3111>.
27. Gantz G.M. Stable ultraviolet light absorbers / G.M. Gantz, W.G. Sumner // *Textile Research Journal*. – 1957. – Vol. 27. – P. 244-251.
28. Thiagarajana P. Effect of combined application ultraviolet absorber and antioxidant on light fastness of reactive dyed cotton fabric / P. Thiagarajana, G. Nalankillib // *Science International (Lahore)*. – 2014. – Vol. 26(1). – P. 253-256.
- [Photochemical transformations and stabilization of polymers]. Moscow, Khimiya [in Russian].
19. Krichevskiy, G., Gombkete, Ya. (1975). *Svetostoykost' okrashennykh tekstil'nykh izdeliy* [Lightfastness of dyed textile products]. Moscow, Legkaya industriya [in Russian].
20. Emanuel', N.M., Buchachenko, A.L. (1982). *Fizicheskaya khimiya i starenije polimerov* [Physical chemistry and aging polymers]. Moscow, Nauka [in Russian].
21. Katoh, K., Yoshino, S., Kubota, S., Wada, Y., Ogata, Y., Nakahama, M., Kawaguchi, S., Arai, M. (2007). Effects of Organic Sulfur and Phosphor Compounds Used as Antioxidants on the Thermal Behavior of Nitrocellulose and its Decomposition Mechanism. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 32(5), 406-410. doi:10.1002/prop.200700044.
22. Nonkhibel, D., Tedder, Dzh. Uolton, Dzh. (1982). *Radikaly* [Radicals]. Moscow, Mir [in Russian].
23. Emanuel', N.M. (1979). *Nekotoryye problemy khimicheskoy fiziki stareniya i stabilizatsiya polimerov* [Some problems of the chemical physics of aging and stabilization of polymers]. *Uspekhi khimii*, 48, No12, 2113-2163. doi: 10.1070/RC1979v048n12ABEH002434.
24. Semeshko, O., Asauliyuk, T., Saribyeikova, Yu. (2018). Optimization of preparation technology of a cotton knitted fabric by the method of mathematical planning / *EastWest Chemistry Conference: Proceedigns of 2th International Conference (October 10-12, 2018)*. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2018. – P. 186.
25. Hassaan, M.A., El Nemr, A. (2017). Health and Environmental Impacts of Dyes: Mini Review. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 1(3), 64-67. doi: 10.11648/j.ajese.20170103.11.
26. Textile Dyes Market Report – Global Forecast till 2025. Retrieved from <https://www.marketresearchfuture.com/reports/textile-dyes-market-3111>.
27. Gantz, G.M., Sumner, W.G. (1957). Stable ultraviolet light absorbers. *Textile Research Journal*. 27. 244-251.
28. Thiagarajana P., Nalankillib, G. (2014). Effect of combined application ultraviolet absorber and antioxidant on light fastness of reactive dyed cotton fabric. *Science International (Lahore)*, 26(1), 253-256.

**SARIBYEKOVA YULIA**

Research sector

Scopus Author ID: 57189389867

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6430-6509>

Kherson National Technical University

**SEMESHKO OLGA**

Research sector  
solgaya@gmail.com  
Scopus Author ID: 56527168200  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8309-5273>  
Kherson National Technical University

**ASAULYUK TATYANA**

Research sector  
Scopus Author ID: 56572975800  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5961-6895>  
Kherson National Technical University

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТОСТАБИЛИЗАТОРОВ НА СВЕТОСТОЙКОСТЬ ОКРАШЕННОГО АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖА

СЕМЕШКО О. Я., АСАУЛЮК Т. С., САРИБЕКОВА Ю. Г.

*Херсонский национальный технический университет*

**Цель.** Цель работы заключается в исследовании влияния светостабилизаторов на светостойкость окрасок хлопчатобумажного трикотажа, окрашенного активными красителями.

**Методика.** Исследование осуществлялось с использованием хлопчатобумажного трикотажного полотна переплетения ластик 1+1 с поверхностной плотностью 150 г/см<sup>2</sup>, подготовленного по совмещенной технологии отваривания и отбеливания. Крашение волокнистого материала осуществлялось с использованием активных красителей марки Bezaktiv периодическим способом при их концентрации 0,3% от массы материала. В качестве светостабилизаторов выбраны УФ-абсорберы: 2,5-дигидроксиацетофенон, 2,4-дигидроксибензофенон и фенилсалицилат – и антиоксиданты: двухатомные фенолы – гидрохинон, пирокатехин и резорцин. В работе светостабилизацию хлопчатобумажного трикотажа проводили после крашения активными красителями и промывки окрашенного трикотажного материала. Технологический режим применения исследуемых светостабилизаторов заключался в пропитке трикотажного полотна, сушке и термофиксации материала. Для окрашенных образцов трикотажа были исследованы индивидуальное влияние светостабилизаторов на изменение цвета окрашенных образцов трикотажного полотна и кинетика фотодеструкции окрасок. Инсоляцию образцов осуществляли на приборе с ртутно-вольфрамовой лампой RF 1201 BS («REFOND»). После обработки и инсоляции определяли общие цветовые различия  $dE$  образцов трикотажа по сравнению с необработанным материалом с помощью колориметра TCR-200 («PCE Instruments»).

**Результаты.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменение начальных окрасок после обработки светостабилизаторами зависит от цвета красителя и от типа светостабилизатора. Наибольшие изменения цвета наблюдаются при использовании фенилсалицилата, пирокатехина и резорцина. Установлено, что УФ-абсорберы проявляют светозащитный эффект в большей степени, чем антиоксиданты. Полученные экспериментальные результаты также свидетельствуют о необходимости одновременного использования УФ-абсорберов и антиоксидантов с целью эффективной светостабилизации окрашенного хлопчатобумажного трикотажа.

**Научная новизна.** Исследовано индивидуальное влияние светостабилизаторов – УФ-абсорберов и антиоксидантов – на светостойкость окрасок хлопчатобумажного трикотажа активными красителями марки Bezaktiv.

**Практическая значимость.** Установлено, что для эффективной светозащиты окрасок хлопчатобумажного трикотажа активными красителями необходимо одновременное использование УФ-абсорберов и антиоксидантов.

**Ключевые слова:** хлопчатобумажный трикотаж, активные красители, общие цветовые различия, кинетика фотодеструкции, светостабилизаторы, УФ-абсорберы, антиоксиданты.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF LIGHT STABILIZERS ON THE  
LIGHTFASTNESS OF COTTON KNIT FABRIC DYED WITH REACTIVE DYES

SEMESHKO O. Ya., ASAULYUK T. S., SARIBYEKOVA Yu. G.

Kherson National Technical University

**Purpose.** The goal of the work is to study the effect of light stabilizers on the lightfastness of colours of cotton knit fabric dyed with reactive dyes.

**Methodology.** The study was carried out using a cotton 1+1 rib knit fabric with a surface weight of 150 g/cm<sup>2</sup>, prepared by the combined technology of boiling and bleaching. Dyeing of the fibrous material was carried out using Bezaktiv reactive dyes in a batch method at a concentration of 0.3% by weight of the material. UV absorbers 2,5-dihydroxyacetophenone, 2,4-dihydroxybenzophenone, phenyl salicylate and antioxidants – diatomic phenols – hydroquinone, pyrocatechol and resorcinol were chosen as light stabilizers. In the work, the light stabilization of cotton knit fabric was carried out after dyeing with reactive dyes and washing the dyed knit material. The technological mode of application of the studied light stabilizers was to impregnate a knit fabric, drying and curing the material. The individual effect of light stabilizers on the colour change of dyed knit fabric samples and the photodestruction kinetics of dyes were investigated. The insolation of the samples was carried out on a device with a mercury-tungsten lamp RF 1201 BS ("REFOND"). After treatment and insolation, the total colour difference dE of knit samples were determined compared to untreated material using a TCR-200 colorimeter ("PCE Instruments").

**Findings.** The results obtained indicate that the change in the initial colours after treatment with light stabilizers depends on the colour of the dye and on the type of light stabilizer. The greatest colour changes are observed with phenyl salicylate, pyrocatechol and resorcinol. It has been established that UV absorbers exhibit a light-shielding effect to a greater extent than antioxidants. The obtained experimental results also indicate the need for the simultaneous use of UV absorbers and antioxidants in order to efficiently stabilize dyed cotton knit fabric.

**Originality.** The individual effect of light stabilizers – UV absorbers and antioxidants – on the lightfastness of colours of cotton knit fabric dyed with Bezaktiv reactive dyes is investigated.

**Practical value.** It was established that for effective light protection of colours of cotton knit fabric dyed with reactive dyes, the simultaneous use of UV absorbers and antioxidants is necessary.

**Keywords:** cotton knit fabric, reactive dyes, total colour difference, photodestruction kinetics, light stabilizers, UV absorbers, antioxidants.