

УДК 648.28: 677.027.18

О.І. КУЛАКОВ, Л.І. ТЕБЛЯШКІНА, І.Г. БРЮХОВА

Хмельницький національний університет

**ФІЗИКО-ХІМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПІДБОРУ КОМПОНЕНТІВ  
ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ВИВЕДЕННЯ ТАНІНОВІСНИХ ПЛЯМ**

*В статті надана характеристика і хімічна будова забарвлених речовин, які характерні для таніновмісних плям. Описано стадії хіміко-технологічного процесу виведення таніновмісних плям з текстильних матеріалів. На основі фізико-хімічного підходу описана природа явищ, які визначають процес плямовиведення таніновмісних плям, що дозволило визначити необхідні компоненти плямовивідного препарату. У якості окисника для знебарвлення кольорових речовин таніновмісних плям вибраний пероксид водню. Експериментальні дослідження з розробки складу плямовивідного засобу проведені за допомогою D-оптимального плану другого порядку. Розрахована математична модель "склад – властивості", оптимізація якої дозволила визначити оптимальний склад препарату для виведення таніновмісних плям.*

*Ключові слова: таніновмісна пляма, окисник пероксид водню, модель "склад – властивості"*

O. I. KULAKOV, L. I. TEBLIASHKINA, I. H. BRUCHOVA

Khmelnitsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

**PHYSICAL AND CHEMICAL TO THE CHOICE OF COMPONENTS  
OF PREPARATIONS FOR REMOVING TANNINS STAINS**

*Abstract – In the article the results of researches are description and chemical structure of coloured matters is given in the article, what characteristic for tannins of spots. The stages of chemical technological process of leading out of tannins of spots are described from textile materials. On the basis of physical and chemical approach nature of the phenomena which determine the process of removing tannins stains of spots is described, that allowed to define the necessary components of preparation. In quality of oxidant for discolouring of the colour matters of tannins of spots peroxide of hydrogen is chosen. Experimental researches from development of composition of preparation are conducted by the D-optimum plan of the second order. The mathematical model of "property" of composition, optimization of which allowed defining optimum composition of preparation for the leading out of tannins of spots, is expected.*

*Keywords: tannins stains, peroxide of hydrogen, model "composition is properties".*

**Постановка проблеми.** До побутових плям умовно можна віднести усі види плям, які виникають в процесі праці або відпочинку людини. Найбільш поширеними є плями від фарб, лаків, жирів, білків, іржі, взуттєвого крему, фруктів та овочів тощо. Плями від фруктових та ягідних соків, вин, напоїв називають таніновмісними, однак, крім таніну, соки містять різні кольорові речовини (антоціани, хлорофіл, каротин, ксантофіл), вітаміни, цукор, пектинові речовини, органічні кислоти, білки тощо [1]. У Європі фруктові соки дуже популярні, дієтологи визначають скільки і в якому сполученні необхідно їх приймати у лікувальних цілях. Особливо популярність соків зросла після виходу книги доктора Н. В. Уокера "Лікування сирими овочевими соками" [2]. Відомо, що сира їжа і особливо сік живлять наші клітини і тканини найбільш ефективно, так як ми поставляємо організму ті самі речовини, із яких складаємося. Треба відмітити, що споживання фруктів і овочів та соків із них на Україні від 4 до 5 разів менше ніж у Європі. Залучення українців до здорового способу життя має умово збільшення споживання овочів та фруктів у різній формі, і як наслідок – зростання кількості таніновмісних забруднень на одязі та інших текстильних матеріалах. Тому актуальною задачею є розробка складів ефективних препаратів для виведення таніновмісних плям з текстильних матеріалів на основі сучасних, екологічно безпечних компонентів. Препарати для виведення таніновмісних плям можуть застосовуватись у різних формах – рідкій, аерозольній або у вигляді гелю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для виведення таніновмісних плям з текстильних матеріалів застосовують ряд плямовивідних препаратів та індивідуальних речовин, таких як "Танідін", "Катанол", "МТБО", суміші ПАР, розчини оцтової кислоти, окисникми [1]. Для ефективного видалення таніновмісних плям плямовивідний препарат повинен містити необхідну кількість окисника, поверхнево-активних речовин і корисних добавок. Наприклад, препарат "Танідін" містить (мас. відсоток, %): лецитин – 10; ОП-7 або ОП-10 – 5; монохлороцтову кислоту – 3; етанол – 4; натрію хлорид – 1; натрію сульфат – 1; вода до 100. Як видно, у якості окисника забарвлених речовин застосовується монохлороцтова кислота, яка є екологічно небезпечною, ГДК=1 мг/м<sup>3</sup>. У якості ПАР застосовується суміш аніонної і неіонної речовин у співвідношенні 2:1. Лецитин є аніонною ПАР і представляє собою складний естер гліцерину, фосфорної і жирної кислот [4]. Він застосовується в якості змочувача, диспергатора і емульгатора та мийного компонента. Неіонні ПАР ОП-7 або ОП-10 виконують у препараті підпорядковану, допоміжну роль – вони посилюють властивості аніонного ПАР. Корисними добавками є етанол і солі натрію. Етанол використовується у якості розчинника знебарвлених речовин у процесі плямовиведення. Подібні компоненти містять інші, вищезазвані препарати. Характерною особливістю є те, що вони містять ряд небезпечних реагентів. Для виведення таніновмісних плям застосовується також ряд імпорتنних препаратів. Так фірма "Dr. Wtckmann" (Німеччина) для виведення плям від соку ягід і фруктів та вина пропонує препарат, який містить від 5 до 15 % відбілювача на кисневій основі. Для виведення плям із овочів і трави пропонується препарат, який містить (мас. відсоток, %): іонні тензиди (ПАР) та мила – 5; неіонні тензиди – від 5 до 15; метилзитиазолін – 1; метилхлорізотиазолін – 1; вода – до 100 [5]. Можна також відмітити такі препарати,

як "Пренет-А", "Депрїт-3" фірми "Крайслер", "Секафікс-2" фірми "Бюфа", "Франкозол" і "Кавесол ТН" фірми Зейц (Німеччина), "Смакчаторе бета" фірми "Альберті Анжело" (Італія) та інші [5]. Основним недоліком цих препаратів є їх висока вартість. До того ж склад їх невідомий і, як правило, рекламна ефективність цих препаратів завищена, тобто ми зустрічаємось із, так званою, "недостовірною рекламою". Таким чином, у роботі була поставлена задача перевірки ефективності сучасних препаратів для виведення таніновмісних плям та розробки складу препарату із застосуванням сучасних, високоефективних реагентів у зручній формі використання: рідкій, аерозольній, у вигляді гелю.

Об'єктом дослідження є процес виведення таніновмісних плям із текстильних матеріалів.

Предметом дослідження є склади препаратів для виведення таніновмісних плям.

**Виклад основного матеріалу.** Таніновмісні плями мають коричневий колір різної світлості і утворюються забарвленими органічними сполуками, які є невід'ємною частиною фруктів і овочів. У цьому полягає складність їх виведення з текстильних матеріалів. Таніни – це речовини, в яких переважає пентадігалойлглюкоза (рис. 1а), де *D* – залишок галлової кислоти (рис. 1б), або м-галойлгаллової кислоти (рис. 1в), мають молекулярну масу від 500 до 3000 і, як видно із рис. 1б – 1в, містять велику кількість *OH* – гідроксильних (фенольних) груп, які спроможні утворювати міцні зв'язки з білками та деякими природними полімерами, наприклад, целюлозою або пектиновими речовинами. Таніни мають кислотні властивості.

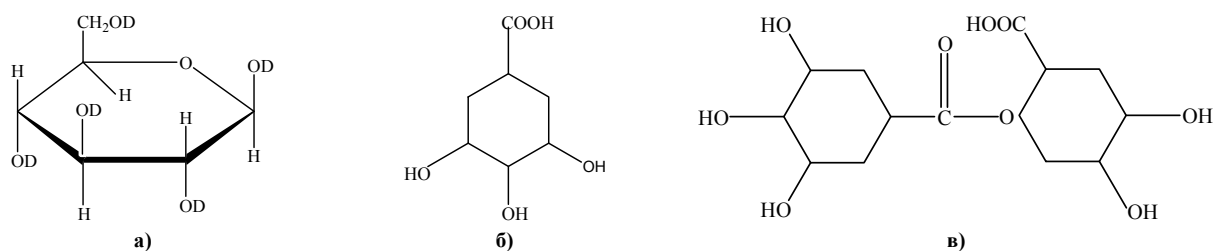


Рис. 1. Структурні уявлення про будову танінів:  
а) пентадігалойлглюкоза; б) галова кислота; в) м-галойлгалова кислота

Крім танінів, плями містять також кольорові речовини фруктів і овочів, які є похідними 2-фенілхромону або флавону (рис. 2а). Оксипохідні флавону забарвлені у жовтий колір і містяться, наприклад, у вині у кількості від 50 мг/л до 300 мг/л. Похідними флавону є кварцетин і лутеолін рис. 2б – 2в. Лутеолін – жовтий пігмент фруктів. Кварцетин (3,5,7,3',4'-пентаоксифлавонол) міститься у листах рослин, наприклад, чаю та інших у вигляді глікозидів, наприклад, рутину (3-рамноглюкозид кварцетину) [1, 2].

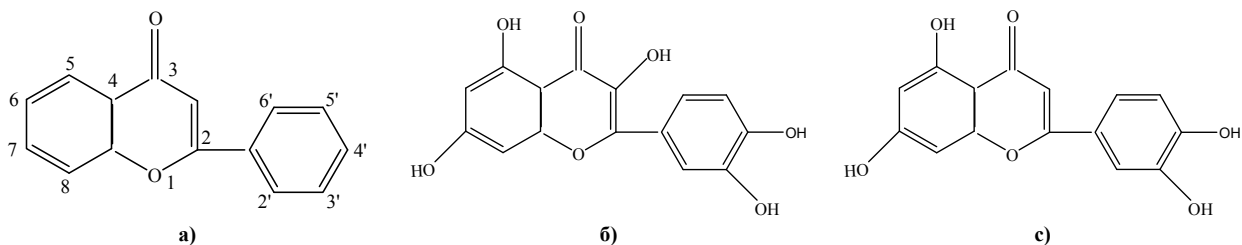


Рис. 2. Хімічна будова речовин, які надають колір фруктам та овочам:  
а) 2-фенїлхромон (флавоно); б) кварцетин; в) лутеолїн

Рутин нерозчинний в естері, бензолі, толуолі, хлороформі. Добре розчинний у метанолі і етанолі, ізопропанолі. При нагріванні розчинний у воді. Для флавононів характерні хімічні перетворення, кінцевими речовинами яких є катехіни. При окисленні вони перетворюються у дубильні речовини. Полімеризація прискорюється під дією сонячних променів, нагрівання та кислот. Для природних кольорових речовин характерні також антоціани. Різнобарв'я відтінків фруктів і квітів пов'язано з ізомеризацією антоціанів, які є похідними поліоксифлавонола-2 (рис. 3а) [1, 2]. В результаті гідролізу антоціанів утворюються цукри і антоціанідини, які існують у формі солей бензопирилїя (рис. 3б). Їм приписують будову карбо- або оксокатіонів (рис. 3в). Антоціани дають з ферумом комплекси, які пофарбовані у червоний колір, з молібденом – у синій та фіолетовий кольори.

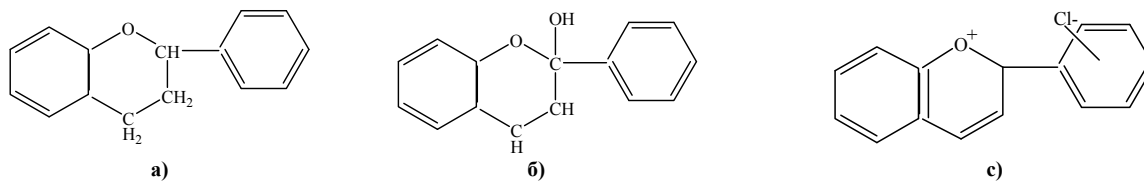


Рис. 3. Хімічна будова антоціанів: а) антоціан; б) бензопирилїї; в) антоціанідини у формі оксокатіона

Антоціанідини поділяють на три групи: пеларгонидин (рис. 4а), ціанідин (рис. 3б) і дельфінидин (рис. 3в). Вільні антоціанідини мають фіолетовий колір, а їх оксонїєві солі – червоний. На колір також впливають змішування різних антоціанів, з'єднання їх з дубильними речовинами.

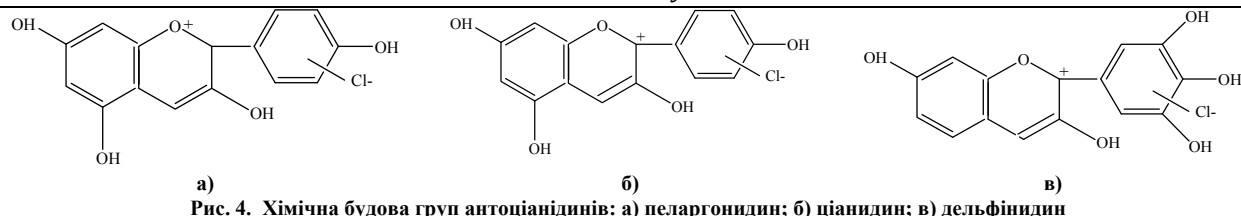


Рис. 4. Хімічна будова груп антоціанідинів: а) пеларгонидин; б) ціанидин; в) дельфінидин

Таким чином, таніновмісні плями поряд із танінами містять велику кількість органічних речовин різної будови, які мають хромофорну складову, що надає їм кольору. Для виведення таніновмісних плям необхідно знебарвити кольорові речовини та вивести їх із плями. Процес виведення таніновмісних плям можна уявити як тристадійний процес (рис. 5). На першій стадії відбувається нанесення плямовивідного препарату на пляму і компоненти доставляються у зону виведення за рахунок молекулярної дифузії [7]. Друга стадія – це хімічні перетворення, при яких проходить знебарвлення кольорових речовин таніновмісних плям. Третя стадія – це відведення речовин із зони плямовиведення, яке відбувається також за рахунок молекулярної дифузії. Прискорення процесу виведення надає механічний фактор. Можна припустити, що процес видалення таніновмісних плям лежить у кінетичній області, тобто швидкість знебарвлення кольорових речовин є лімітуючою. Це означає, що для інтенсифікації плямовиведення необхідно підвищувати температуру, тобто потрібно ввести операцію пропарювання, тоді процес протікає швидко, а при кімнатній температурі для виведення плями необхідно не менш десяти хвилин.

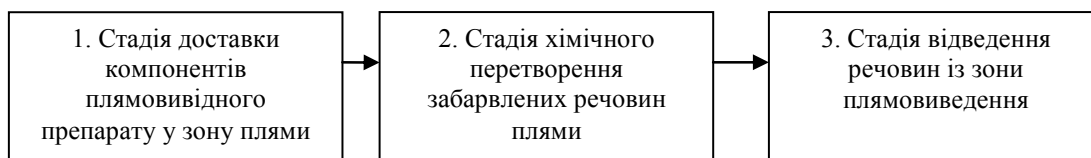


Рис. 5. Стадії процесу виведення таніновмісних плям

Кожний компонент плямовивідного препарату повинен виконувати свою задачу. На першій стадії дуже важливим є процес змочування плями. Швидкість і повнота змочування приводить до прискорення дифузії компонентів у зону реакції і забезпечує повноту плямовиведення. Присутність у препараті аніонних ПАР збільшує змочувальність волокон. На третій стадії проходять процеси розчинення, емульгування, диспергування та солюбілізація забруднень. Ці процеси можливі в присутності як аніонних так неіонних ПАР. Найкращі результати дають суміші із аніонних і неіонних ПАР з невеликими значеннями гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) від 15 до 25 одиниць [4]. На другій стадії проходять хімічні перетворення органічних речовин у безбарвну форму, які не помітні на тканині, або у розчинну форму, яка дає можливість легко вимити їх з тканини. Причому утворюються як водорозчинні так і спирторозчинні речовини, тому у складі препарату повинен бути присутній будь-який спирт. Для проведення другої стадії виведення можна застосовувати різні окисники, однак за вартістю, економічністю і екологічністю неперевершеною речовиною є пероксид водню. У процесі знебарвлення він розриває аліфатичні або ароматичні подвійні зв'язки хромофорних систем і руйнує забарвлюючі речовини. Для пероксиду водню характерні два типи реакцій розпаду: гомолітичні (симетричні) – 1 та гетеролітичні (асиметричні) – 2 (рис. 6).

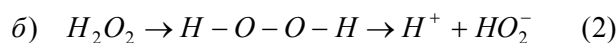
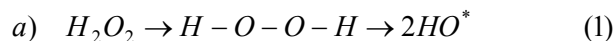


Рис. 6. Реакції розпаду пероксиду водню: а) гомолітичний (1) та б) гетеролітичний (2);

Внаслідок симетрії молекули  $H_2O_2$  та стійкості зв'язку  $-O-O-$  гомолітична реакція з утворенням двох гідроксил радикалів менш переважна, ніж гетеролітична реакція. Першою стадією реакції 2 є утворення  $HO_2^-$  (пергідроксил іон). Саме утворення  $HO_2^-$  іона забезпечує знебарвлення сполук, що мають колір, а гомолітична реакція з утворенням радикалів  $HO^*$  призводить до руйнування волокнистого матеріалу [6]. Оскільки лужне середовище сприяє іонізації (реакція б), то лужні агенти можна розглядати як активатори перетворення  $H_2O_2$  за гетеролітичним механізмом. Отже, для знебарвлення кольорових сполук таніновмісних плям пероксидом водню водневий показник розчину повинен бути лужним.

Таким чином, застосування фізико-хімічного підходу до пояснення ролі кожного компоненту препарату для видалення таніновмісних плям дозволяє визначити конкретні компоненти препарату і його водневий показник. З точки зору розробки складу препарату, перед нами стояла задача вибору не тільки якісного складу, але й визначення кількісного співвідношення між компонентами. Тобто, перед нами стояла типова задача хімічної технології "склад-властивості", коли кількісні співвідношення між компонентами визначають властивості препарату. Подібні задачі ефективно розв'язуються за допомогою методів математичного моделювання експерименту із застосуванням центральних некомпозиційних планів другого порядку типу "В", які найбільш близькі до  $D$ -оптимальних, які достатньо економічні за числом дослідів.

Для оцінки ефективності препаратів, які видаляють забруднення з природними і синтетичними

барвниками застосовують оптичний метод, який оснований на забрудненні зразків тканини штучним забруднювачем, обробка препаратом і визначення відсотку освітлення зразків. Склад забруднювача (мас. відсоток, %): барвник кислотний яскраво-блакитний – 0,4; барвник кислотний фіолетовий С – 0,4; вода дистильована – 99,2. У роботі додатково перевіряли ефективність препарату при виведенні плям від кави і соку смородини, які найбільш важко виводяться із текстильних матеріалів. У якості зразків брали білу бавовняну та вовняну тканини, які нарізали стрічками шириною 9,5 см. Забруднення зразків проводили за допомогою плюсовки при однократній проводці стрічок тканини. При цьому слідкували, щоб тканина була рівномірно пофарбована з обох сторін. Сушіння проводили у горизонтальному положенні протягом від 10 до 12 год. Потім проводили старіння зразків витриманням у термостаті при 80 °С протягом 5 год. Далі стрічки розрізали на зразки шириною 6 см. Забруднені зразки досліджували за допомогою оптичного приладу ФОУ на червоному світлофільтрі. Коефіцієнти відбиття забрудненої бавовняної тканини повинні бути в межах від 6 до 8, для вовняної – від 3 до 5. Для дослідження процесу плямовиведення два зразки тканини поміщали у колбу, заливали 100 мл препарату і обробляли протягом 10 хв, потім споліскували водою протягом 2 хв і вимірювали на ФОУ. Розрахунок освітлення зразків тканин проводили за формулою:

$$M = \frac{R_o - R_z}{R_g - R_z} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $R_o$ ,  $R_g$ ,  $R_z$  – відсоток відбитого світла тканиною після обробки, вихідною і забрудненою.

Освітлення забрудненої тканини після обробки (плямовиведення) препаратом повинно бути не менш 65 % для бавовняної і 27 % вовняної тканин [1]. У процесі розробки складу препарату для виведення таніновмісних плям досліджували також в'язкість композицій.

Метою нашої роботи було вивчення впливу хімічного складу реагентів на освітлення забруднених тканин препаратом для виведення таніновмісних плям.

У роботі [3] були проведені дослідження ряду ПАР іонного і неіонного характеру та препаратів для видалення таніновмісних плям з текстильних матеріалів. Дослідження показали, що суміші ПАР іонного і неіонного характеру мають переваги у поверхневих властивостях над індивідуальними ПАР. На рис. 7 показано залежність поверхневого натягу від логарифму концентрації ПАР. Як видно з рис. 7, з точки зору зниження поверхневого натягу водних розчинів найбільш ефективними ПАР є аніонний Фосфоксит-7 і неіонний Синтанол ДС-10. Тому у якості компонентів препарату для виведення плям була вибрана суміш Фосфоксита-7 із Синтанолом ДС-10. Нас також цікавило питання якими властивостями володіє суміш ПАР – адитивними чи синергетичними. Для цього було досліджено вплив масової частки ПАР у суміші на поверхневий натяг розчину концентрацією 2,5 г/л. Результати досліджень показані на рис. 8. Як видно з рис. 8, суміш ПАР Фосфоксит-7 із Синтанолом ДС-10 володіють синергетичними властивостями при співвідношенні компонентів 3:2. Таким чином, у склад препаратів для виведення таніновмісних плям були введені ПАР Фосфоксит-7 та Синтанол ДС-10 у співвідношенні 3:2. Фосфоксит-7 – це триетаноламінова сіль алкілфенілфосфату формули  $[C_nH_{2n+1}C_6H_4O(CH_2CH_2O)_8]_2PO(OH)N(CH_2CH_2O)_3$ , де  $n=10-13$ .

Синтанол ДС-10 – є моноалкіловими естерами поліетиленгліколю на основі первинних жирних спиртів формули  $C_nH_{2n+1}O(CH_2CH_2O)_mH$ , де  $n=10-13$ ,  $m=3$ . Розчини ПАР мають нейтральну або слабо лужну реакцію. Відносяться до речовин, які біологічно розкладаються. Мають властивості змочувача, диспергатора, емульгатора та мийної речовини. Наприклад, здатність до змочування Синтанолу ДС-10 при 25 °С для сурової бавовняної тканини складає 25 с. [4].

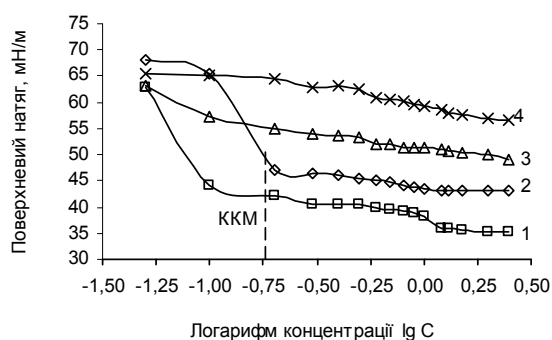


Рис. 7. Залежність поверхневого натягу від логарифму концентрації ПАР (г/л): 1 – Синтанол ДС-10; 2 – Фосфоксит-7; 3 – Твін-80; 4 – Стеарокс 920

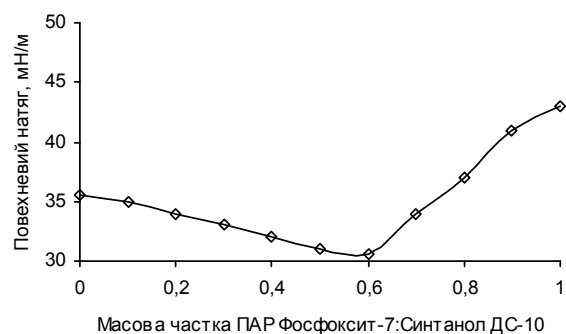


Рис. 8. Залежність поверхневого натягу розчину концентрацією 2,5 г/л від масової частки ПАР Фосфоксит-7 і Синтанол ДС-10 у суміші

Для визначення оптимального складу препарату для виведення таніновмісних плям необхідно було визначити обмеження на зміну концентрацій компонентів. Аналіз складів компонентів подібних препаратів показав, що концентрація ПАР у них коливається у межах від 5 до 15 %. У якості органічного розчинника в препараті вибрали етилцелозоль, який добре себе показав у складах плямовивідних препаратів. Концентрація етилцелозольу в препараті змінювалась від 10 % до 20 %. Для створення і підтримання слабо лужної реакції препарату у склад вводили різні лужні речовини, у даному випадку ми використали моноетаноламін, концентрація якого змінювалась в межах від 1 % до 2 %. Концентрація пероксиду водню у препараті дорівнювала

2,5 %. У якості основи препарату використовували дистильовану воду. Таким чином, отримали 4-х компонентну суміш із наступними обмеженнями на зміну концентрацій компонентів (долі од.):  $0,05 \leq x_1 \leq 0,15$ ;  $0,1 \leq x_2 \leq 0,20$ ;  $0,01 \leq x_3 \leq 0,02$ ;  $0 \leq x_4 \leq 1$ . Компонент  $x_4$  (вода) є основою суміші і розглядається як добудова композиції до 1 (змінюється від 0 до 1). У даному випадку перед нами стояла задача визначення складу препарату на локальній ділянці у вигляді багатокутника області дослідження. Оскільки на четвертий компонент не накладені обмеження, а верхні границі змін компонентів  $x_1 + x_2 + x_3 = 0,15 + 0,20 + 0,02 = 0,37 < 1$ , то багатокутник може бути перетворений у куб. Для цього кодували нижню і верхню границі через -1 і +1, та вибирали для планування експерименту план другого порядку  $B_3$ , який має всього 15 дослідів і близький  $D$ -оптимальному. Матриця планування та результати досліджень для плану  $B_3$  представлено у табл. 1. Переведення плану у натуральні одиниці (концентрації компонентів) надано у правій частині матриці. Вміст компоненту  $x_4$  розраховано як добавка концентрацій  $x_1$ ,  $x_2$  та  $x_3$  до 1. За даними табл. 1 були розраховані математичні залежності мийної здатності від вказаних вище факторів. Для бавовняної тканини, забрудненої відповідно стандартним забруднювачем, соком смородини та кавою математичні моделі мають наступний вигляд:

$$\widehat{M}_{ст.з}^{\beta\epsilon} = 39,39 + 11,07x_1 + 1,6x_2 + 13,61x_3 + 4,02x_1x_2 + 3,02x_1x_3 + 0,83x_2x_3 + 3,93x_1^2 - 3,61x_2^2 + 1,11x_3^2, \quad (2)$$

$$\widehat{M}_{см}^{\beta\epsilon} = 46,78 + 13,28x_1 + 1,89x_2 + 16,36x_3 + 4,76x_1x_2 + 3,56x_1x_3 + 0,99x_2x_3 + 4,59x_1^2 - 4,22x_2^2 + 1,44x_3^2, \quad (3)$$

$$\widehat{M}_{кав}^{\beta\epsilon} = 38,26 + 10,78x_1 + 1,56x_2 + 13,24x_3 + 3,91x_1x_2 + 2,94x_1x_3 + 0,81x_2x_3 + 3,83x_1^2 - 3,52x_2^2 + 1,08x_3^2, \quad (4)$$

Для вовняної тканини, забрудненої відповідно стандартним забруднювачем, соком смородини та кавою математичні моделі мають наступний вигляд:

$$\widehat{M}_{ст.з}^{\epsilon} = 14,75 + 4,13x_1 + 0,61x_2 + 5,06x_3 + 1,52x_1x_2 + 1,14x_1x_3 + 0,31x_2x_3 + 1,5x_1^2 - 1,38x_2^2 + 10,31x_3^2, \quad (5)$$

$$\widehat{M}_{см}^{\epsilon} = 17,62 + 4,94x_1 + 0,73x_2 + 6,06x_3 + 1,81x_1x_2 + 1,36x_1x_3 + 0,37x_2x_3 + 1,78x_1^2 - 1,64x_2^2 + 0,47x_3^2, \quad (6)$$

$$\widehat{M}_{кав}^{\epsilon} = 15,01 + 4,2x_1 + 0,62x_2 + 5,15x_3 + 1,54x_1x_2 + 1,16x_1x_3 + 0,31x_2x_3 + 1,52x_1^2 - 1,4x_2^2 + 0,39x_3^2, \quad (7)$$

Таблиця 1

Матриця планування за планом  $B_3$  та результати досліджень мийної здатності препарату

№	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	Бавовна			Вовна		
								$M_{ст.з}^{\beta\epsilon}$	$M_{см}^{\beta\epsilon}$	$M_{кав}^{\beta\epsilon}$	$M_{ст.з}^{\epsilon}$	$M_{см}^{\epsilon}$	$M_{кав}^{\epsilon}$
1	+1	+1	+1	0,15	0,20	0,02	0,63	79,4	89,5	72,9	28,0	33,5	28,5
2	+1	+1	-1	0,15	0,20	0,01	0,64	40,0	47,5	38,9	15,0	17,9	15,3
3	+1	-1	+1	0,15	0,10	0,02	0,78	62,0	74,1	60,3	23,2	27,7	23,8
4	-1	+1	+1	0,05	0,20	0,02	0,73	38,7	46,2	37,6	14,5	17,3	14,7
5	-1	-1	-1	0,05	0,10	0,01	0,84	22,3	23,3	21,7	8,5	10,1	8,6
6	-1	-1	+1	0,05	0,10	0,02	0,83	41,9	50,0	40,8	15,7	18,7	15,9
7	-1	+1	-1	0,05	0,20	0,01	0,74	15,8	18,6	15,4	6,0	7,2	6,1
8	+1	-1	-1	0,15	0,10	0,01	0,74	30,4	36,3	29,6	11,7	13,6	11,6
9	+1	0	0	0,15	0,15	0,015	0,685	54,3	64,6	52,8	20,4	24,4	20,7
10	-1	0	0	0,05	0,15	0,015	0,785	32,1	38,1	31,3	12,1	14,4	12,3
11	0	+1	0	0,10	0,20	0,015	0,685	37,3	44,3	36,3	14,0	16,7	14,2
12	0	-1	0	0,10	0,10	0,015	0,785	34,0	40,7	33,1	12,7	15,2	13,0
13	0	0	+1	0,10	0,15	0,02	0,73	54,0	64,5	52,5	20,2	24,2	20,6
14	0	0	-1	0,10	0,15	0,01	0,74	26,8	32,0	26,1	10,0	12,0	10,2
15	0	0	0	0,10	0,15	0,015	0,735	39,4	46,8	38,4	14,8	17,7	15,1

$X_1, X_2, X_3$  – натуральні значення факторів (компонентів препарату);  $M_{ст.з}^{\beta\epsilon}, M_{см}^{\beta\epsilon}, M_{кав}^{\beta\epsilon}$  – значення мийних здатностей зразків, забруднених відповідно стандартним забруднювачем, соком смородини та кавою.

Математичні моделі (2)–(7) використали для оптимізації складу препарату. Умова оптимізації:

$$\begin{aligned} \widehat{M}_i &= f(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max \\ x_i &\in [-1; +1] \end{aligned} \quad (8)$$

Оцінка адекватності моделей включала перевірку однорідності дисперсій, перевірку значущості коефіцієнтів моделі та розрахунок критеріїв Фішера –  $F_p$ , значення яких порівнювали із табличним –  $F_T$  при рівні значущості 5 %. У випадку виконання умови  $F_p < F_T$  модель рахується адекватною. Результати перевірки математичних моделей на адекватність та результати оптимізації представлені у табл. 2. Із табл. 2 видно, що усі математичні моделі адекватні процесу. Дані мийної здатності, які отримані при оптимізації були підтверджені експериментально, різниця між теоретичними і експериментальними даними не перевищувала 5 %. Результати

роботи дозволяють визначити склад препарату для виведення таніновмісних плям з текстильних матеріалів.

Так, згідно табл. 2, вміст суміші ПАР у препараті ( $x_1$ ) коливається у межах від 0,96 до 1,0; етилцелозольву ( $x_2$ ) – від 0,88 до 0,90; моноетаноламіну ( $x_3$ ) – від 0,93 до 1,0, що відповідає масовим часткам компонентів: суміш ПАР – від 14,4 до 15 %; етилцелозольву – від 17,6 до 18 %; моноетаноламіну – від 1,8 до 2,0. Співвідношення фосфоксит-7 : синтанол ДС-10 у суміші ПАР дорівнює 3 : 2 (рис. 8).

Таблиця 2

Перевірка адекватності моделей та результати їх оптимізації

№ моделі	$F_p$	$F_T$	Бавовна				Вовна			
			$\widehat{M}_{onn}$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$\widehat{M}_{onn}$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
2	0,25	4,6	74,9	1,00	0,88	1,00	–	–	–	–
3	0,17	4,6	89,4	1,00	0,90	0,99	–	–	–	–
4	0,27	4,6	72,9	0,97	0,89	0,95	–	–	–	–
5	2,19	4,6	–	–	–	–	28,05	0,97	0,88	0,93
6	1,49	4,6	–	–	–	–	33,5	0,98	0,89	0,97
7	3,47	4,6	–	–	–	–	28,52	0,96	0,88	0,97

Проведені дослідження дозволили розробити склад препарату для виведення таніновмісних плям з текстильних матеріалів, який за своїми показниками знаходиться на рівні світових аналогів. При використанні середніх значень компонентів у препараті, його склад наступний [мас. частка, %]: фосфоксит-7 – 8,8; синтанол ДС-10 – 5,9; етилцелозольв – 17,8; моноетаноламін – 1,9; пероксид водню – 2,5; вода – до 100. Мийна здатність препарату для бавовняних тканин складає від 72 до 89 %, для вовняних тканин – від 28 до 33 %, що відповідає вимогам стандартів.

### Висновки

1. Проаналізовано сучасний стан асортименту препаратів для виведення таніновмісних плям із текстильних матеріалів, охарактеризовано вплив компонентів препаратів на процес плямовиведення, сформульовано задачу дослідження.

2. Охарактеризовано і проаналізовано хімічну будову танінів та їх похідних, які утворюють широку гаму кольорових речовин в овочах та фруктах і складають основу плям при забрудненні текстильних матеріалів. Це дозволило описати механізм виведення плям, запропонувати технологію плямовиведення та вибрати необхідні компоненти препарату для виведення таніновмісних плям, а саме: композиція ПАР, спеціальні розчинники, окисник і регулятор водневого показника.

3. Проведено експериментальні дослідження впливу компонентів препарату на його мийну здатність при виведенні таніновмісних плям з бавовняних і вовняних текстильних матеріалів за допомогою методів планування експерименту. За результатами експерименту розраховані математичні моделі, оптимізація яких дозволила визначити кількісні співвідношення між компонентами препарату. Лабораторні випробування розробленого складу препарату для виведення таніновмісних плям з текстильних матеріалів показали його високу ефективність, що дозволяє рекомендувати препарат для застосування на підприємствах служби побуту.

### Література

1. Федорова А. Ф. Технология химической чистки и крашения : учеб. [для студ. высш. учеб. завед.] / А. Ф. Федорова. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 336 с.
2. Уокер Н. В. Лечение сырыми овощными соками [Электронный ресурс] / Н. В. Уокер. – М. : Медицина, 108 с. – Режим доступа : <http://www.dhost.info/newbabilon/lifestyle/juices.html>.
3. Тебляшкіна Л. І. Дослідження видалення танінових забруднень з пофарбованих вовняних матеріалів / Л. І. Тебляшкіна, І. Г. Брюхова, О. І. Кулаков // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 1. – С. 66 – 69.
4. Поверхностно-активные вещества : справочник / [А. А. Абрамзон, В. В. Бочаров, Г. М. Гаевой и др.] : под ред. А. А. Абрамзона и Г. М. Гаевого. – Л. : Химия, 1979. – 376 с.
5. Брюхова І. Г. Технологія обробки виробів на підприємствах служби сервісу : навчальний посібник / І. Г. Брюхова, Л. С. Степанова, Г. І. Тарасова. – Львів : Новий Світ, 2008. – 230 с.
6. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учеб. для вузов / Г.Е.Кричевский М.: 2000. – 436 с.
7. Воробьев А. Ч. Диффузионные задачи в химической кинетики : учеб. пособие / А. Ч. Воробьев. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2003. – 98 с.

### References

1. Fedorova A. F. Tekhnologiya khimicheskoy chistki i krasheniya : ucheb. [dlya stud. vy'ssh. ucheb. zaved.]. Moscow, Legprombytizdat, 1990, 336 p.
2. Uoker N. V. Lechenie sy'ry'mi ovoshhny'mi sokami [elektronny'j resurs]. Moscow, Meditsina, 108 p. – Rezhim dostupu : <http://dhost.info/newbabilon/lifestyle/juices.html>.
3. Tebliashkina L. A., Brjuchova I. H., Kulakov O. I. Doslidzhennia vydalennia taninovykh zabrudnen z pofarbovnykh vovnyanykh materialiv, *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 2012, No 1, – pp. 66 – 69.

4. Poverkhnostno-aktivny'e veshhestva / Ed. by A. A. Abramzon and G. M. Gaevoj. Leningrad, Chimia, 1979, 376 p.  
5. Brjuchova I. H., Stepanova L. S., Tarasova G. I. Technologia obrobky vyrobiv na pidpriemstvakh sluzhby servisu : navchalnyi posibnyk. Lviv, Novyi Svit, 2008, 230 p.  
6. Krichevskiy G.E. Chemicheskaya tehnologiya tekstilnich materialov: ucheb. dlya vuzov. Moscow, 2000, 436 p.  
7. Vorob'yov A.Ch. Diffuzionny'e zadachi v ximicheskoy kinetike : ucheb. posobie. Moscow. Izd-vo Mosk. un-ta, 2003, 98 p.

Рецензія/Peer review : 13.9.2013 р. Надрукована/Printed :21.11.2013 р.

Рецензент:

УДК 677.014

Р.Ф. ГАТИЯТУЛЛИНА, Л.Н. АБУТАЛИПОВА

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Российская Федерация

## ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ И СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Улучшение потребительских свойств материалов путем модификации, за счет незначительного изменения или дополнения базовой технологии, требует значительно меньших материальных затрат и времени, чем создание принципиально новых видов материалов. Однако, в настоящее время отсутствуют универсальные методы модификации, обеспечивающие улучшение комплекса свойств материалов. Как правило, антистатическая обработка приводит к снижению прочностных свойств материалов. Кроме того, для достижения желаемого эффекта модификацию проводят из высококонцентрированных растворов, что представляет опасность для окружающей среды и ухудшает условия труда в целом. Решение данной проблемы возможно за счет использования в технологии антистатической модификации энергии лазерного излучения.*

*В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния электромагнитной энергии оптического диапазона частот на электростатические и сорбционные характеристики тканей из полиэфирных, смешанных и хлопчатобумажных тканей.*

*Выявлено, что лазерное воздействие в зависимости от выбранных режимов обработки и активных сред позволяет придавать гидрофильные свойства поверхности обрабатываемых материалов.*

*Ключевые слова: лазерное излучение, полимерные текстильные материалы, антистатики.*

R.F. GATIYATULLINA, L.N. ABUTALIPOVA

Kazan National Research Technological University, Russian Federation

## INFLUENCE OF THE LASER PROCESSING OF THE ELECTROSTATIC AND SORPTION CHARACTERISTICS OF POLYMER TEXTILE MATERIALS

*Abstract - Improvement of consumer properties of materials by modifying, at the expense of minor changes or additions to the underlying technology requires significantly less material costs and time than the creation of new types of materials. However, at present there are no universal methods of modification that improve the properties of complex materials. Typically, antistatic treatment reduces the strength properties of the materials. Furthermore, to achieve the desired effect of the modification is carried out highly concentrated solutions, which poses a risk to the environment and degrades working conditions in general. The solution to this problem is possible through the use of antistatic modification technology of laser energy.*

*The paper presents results of experimental studies of the effect of electromagnetic energy at optical frequencies, electrostatic characteristics of the fabrics made of polyester, cotton and mixed fabrics.*

*Found that laser irradiation depending on the selected mode of processing and active media allows you to attach hydrophilic surface properties of materials processed.*

*Key words: laser processing, polymer textiles, antistatic.*

### Введение

Электрические свойства тканей стали активно изучаться в связи с широким применением в текстильной промышленности синтетических волокон.

Электризация – процесс генерации и накопления зарядов статического электричества. Текстильные материалы приобретают статический заряд в процессе выработки или эксплуатации.

Основной причиной электризации текстильных материалов является их трение друг об друга и относительно других поверхностям.

Если при контакте или трении на волокнистом материале возникает электрический заряд, то он может более или менее быстро стекать в окружающее пространство или же нейтрализоваться эквивалентными противоположными зарядами благодаря электропроводности волокна, которая складывается из поверхностной проводимости самого вещества и объемной проводимости.

Электрическая проводимость волокнистых материалов отдельных видов различна. Это объясняется влиянием структуры волокон на их электрическую проводимость. В значительно большей степени на проводимость волокнистых материалов влияют влажность и различные посторонние вещества. В противоположность металлам и жидкостям-электролитам, которые, как известно, имеют очень хорошую проводимость, текстильные волокнистые материалы относятся к твердым электролитам, имеющим сложную ионную проводимость. Значения удельного поверхностного электростатического сопротивления волокнистых материалов лежат в пределах  $10^2 - 10^{14}$  Ом\*см.

Характерной особенностью электрического сопротивления волокнистых материалов является его зависимость от влажности окружающей среды. При изменении относительной влажности от 10 до 90% электрическое сопротивление может уменьшаться в миллионы раз. Для большинства волокон логарифм