

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-349-19>

УДК 675.023.2

**ДАНИЛКОВИЧ АНАТОЛІЙ**

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-5707-0419>e-mail: [ag101@ukr.net](mailto:ag101@ukr.net)**РОМАНЮК ОКСАНА**

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

<https://orcid.org/0000-0001-9774-9875>e-mail: [knutdromanuk@gmail.com](mailto:knutdromanuk@gmail.com)**МЕРЕЖКО НІНА**

Державний торговельно-економічний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3077-9636>e-mail: [n.merezhko@knu.edu.ua](mailto:n.merezhko@knu.edu.ua)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДМОЧУВАЛЬНО-ЗОЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРІДНОЇ ШКІРЯНОЇ СИРОВИНИ

Розроблена технологія процесів відмочування і зоління сировини коней з використанням електрохімічно активованої води. Використання оптимальних співвідношень католіту з анолітом при відмочуванні консервованої сировини коней дало можливість виключити ПАР та лужні реагенти, що використовуються у контрольній технології. При цьому тривалість процесу відмочування була скорочена у 2,3 рази порівняно з діючою технологією. Використання католіту при золінні забезпечує суттєве скорочення витрат небезпечних хімічних реагентів. При цьому досягається підвищена рівномірність властивостей напівфабрикату за топографічними ділянками дослідної технології, що свідчить про отримання більш структурно однорідного напівфабрикату, придатного для ефективного проведення наступних технологічних оброблень.

Ключові слова: кінська шкура, електрохімічно активована вода, активовані розчини реагентів, технологія відмочування-зоління, властивості зеленої голини.

**DANYLKOYCH ANATOLII**

Kyiv National University of Technologies and Design

**ROMANIUK OKSANA**

Open International University of Human Development «Ukraine»

**MEREZHKO NINA**

Kyiv National University of Trade and Economics

## RESEARCH ON THE SOAK-ASHING PROCESSES OF STRUCTURALLY INHOMOGENEOUS LEATHER RAW MATERIAL

The aim of the work is to study the action of chemical reagents based on electrochemically activated water in the soaking-ashing processes of processing horse hide raw materials when forming leather material for a wide range of products.

The work used horse hide weighing 13.2 kg, which was processed in halves using experimental and control technologies in a laboratory drum with an internal diameter of 3 dm and a volume of 18 dm<sup>3</sup> at a mixing speed of the reaction system of 16–18 min<sup>-1</sup>.

The technology of soaking and salting processes of horse raw materials using electrochemically activated water has been developed. The use of optimal ratios of catholyte to anolyte 5/1–3/1 at pH 8.3–7.5 and temperature 26–28 °C when soaking canned raw materials made it possible to exclude from the technology the surfactant and alkaline reagents – sodium carbonate and sodium sulfide, which are used in the control technology. At the same time, the duration of the soaking process was reduced by 2.3 times compared to the current technology. The process of salting of the semi-finished product, as well as soaking, using the experimental technology using only the catholyte, occurs more effectively with defibrillation of the collagen structure. According to the results of the study of the physicochemical properties of the semi-finished product using the experimental and control technologies of salting using the catholyte, a significant reduction in the consumption of hazardous chemical reagents is ensured with a more efficient implementation of this process. At the same time, increased uniformity of the properties of the semi-finished product was achieved along the topographic sections of the experimental technology, which indicates the production of a more structurally homogeneous semi-finished product suitable for effective subsequent technological processing.

Keywords: horsehide, electrochemically activated water, activated reagent solutions, soaking-soling technology, properties of ashed hide.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

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

При розробленні нових та удосконаленні існуючих технологій виробництва натуральних матеріалів використовується шкіряна сировина різних видів тварин. При цьому практичний інтерес має сировина підвищеної структурної неоднорідності та отримання з неї якісного шкіряного матеріалу. У зв'язку з цим суттєве значення може мати використання нових хімічних реагентів у технології її перероблення. Зокрема це стосується кінської сировини. У цьому відношенні особливий науковий і практичний інтерес може мати активована вода [1, 2] завдяки значній хімічній і біологічній реакційної здатності. Така вода є середовищем у якому відбуваються біотехнологічні процеси формування шкіряних матеріалів. При цьому технологічні розчини хімічних реагентів на основі активованої води відзначаються високим окисно-відновним потенціалом, є термодинамічно нерівноважними щодо наявності активних радикалів та йонів. Перевагою електроактивованих водних розчинів хімічних

реагентів є можливість ефективно регулювати їх хімічну активність при інтенсифікації технологічних процесів формування шкіряних матеріалів широкого асортименту.

#### Аналіз попередніх досліджень і публікацій

Відомо ефективне використання електрохімічно активованої води (ЕХА) у різних сферах промислового виробництва, у тому числі в медицині [3]. Водночас, автори багатьох робіт досліджують різні складові ЕХА води – аноліту і католіту, що виявляють специфічні властивості залежно від рН середовища, наявності хімічно активних йонів та оксно-відновного потенціалу [4]. Авторами робіт [5, 6] досліджено вплив аноліту на життєдіяльність патогенних мікроорганізмів. Встановлено його високу ефективність за відсутності звикання мікроорганізмів та екологічну безпечність. Високий ступінь бактерицидних властивостей аноліту автори [7] встановлено у на тест організмах. У роботі [8] при розробленні синтезу фурфуролу автори використали аноліт як каталізатор, що дало можливість виключити з технології кислотні реагенти. Авторі роботи [9] досліджували взаємодію ЕХА води з структурою колагену дерми. При цьому з білкової структури сировини інтенсивно видалялися глюкозаміноглікани і ліпіди. У роботі [10] авторами досліджено структурні перетворення колагену дерми кроля під дією водних розчинів ЕХА. Встановлено суттєве підвищення ефективності формування об'єму і деформаційних властивостей напівфабрикату. Отже, аналіз наведених літературних джерел дає підстави вважати, що електроактивована вода може використовуватись в технології виготовлення шкіряних матеріалів на стадіях відмочування та зоління шкіряної сировини завдяки її високим бактерицидним і фізико-хімічним властивостям.

#### Формулювання цілей статті

**Метою роботи** є дослідження дії хімічних реагентів на основі електрохімічно активованої води у відмочувально-зольних процесах оброблення сировини шкур коней при формуванні шкіряного матеріалу для виробів широкого асортименту.

#### Виклад основного матеріалу

У роботі використано шкіру коня масою 13,2 кг. Оброблення шкіряної сировини за дослідною і контрольною технологіями, відповідно ліва і права половина шкіри, проведено в лабораторних умовах кафедри біотехнології, шкіри та хутра Київського національного університету технологій та дизайну. При цьому використано барабан з внутрішнім діаметром 3 дм і об'ємом 18 дм<sup>3</sup> при швидкості перемішування реакційної системи 16–18 хв<sup>-1</sup>. При дослідженні відмочувально-зольних процесів формування голини використано фракції ЕХА води – аноліт і католіт та низку хімічних реагентів, що звичайно застосовуються у технології зоління великої рогатої худоби [11]. Фракції ЕХА води отримано на установці Ізмурд КФТО потужністю 60–70 дм<sup>3</sup>/год Національного університету харчових технологій. При цьому аноліт та католіт мали відповідно рН 2,7–3,6 і 9,0–10,8 та окисновідновний потенціал 300–1500 і –100...–700 мВ, що набували практично стабільного стану через дві доби [12].

Для оцінювання структурної нерівномірності сировини визначали товщину і вміст вологи у різних топографічних ділянках свіжої і консервованої шкіри. Товщини свіжої й консервованої сировини вимірювали після міздріння за допомогою товщиноміру індикаторного типу з ціною поділок 0,01 мм [13]. Вміст вологи в шкірі визначали гравіметричним методом при температурі наважки 102 ± 2 °С. Поверхневу вологу видаляли фільтрувальним папером перед зважуванням зразків на електронних вагах AXIS, AD200 (Польща). Результати дослідження товщини і вмісту вологи у зразках наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

#### Особливості структурованої неоднорідної кінської сировини

| Назва топографічної ділянки | Волога шкіри, % маси дерми |               | Товщина, мм |
|-----------------------------|----------------------------|---------------|-------------|
|                             | свіжої                     | консервованої |             |
| Голова                      | 68,1                       | 49,9          | 1,7         |
| Шия                         | 66,7                       | 48,6          | 1,9         |
| Спина                       | 63,9                       | 45,3          | 4,1         |
| Поперекова частина спини    | 64,7                       | 46,8          | 5,4         |
| Бік живота                  | 69,2                       | 50,1          | 3,3         |
| Маклак                      | 64,6                       | 46,4          | 6,1         |
| Крупон                      | 65,3                       | 46,9          | 5,7         |
| Ноги                        | 70,1                       | 50,8          | 2,8         |
| Стегно                      | 66,4                       | 47,2          | 3,7         |
| Черев                       | 71,3                       | 51,8          | 2,3         |
| Середнє                     | 67,03                      | 48,38         | 3,7         |

З таблиці 1 видно, що кінська шкіра відзначається значною неоднорідністю по топографічним ділянкам. Із 10 анатомічних ділянок найвищу товщину має ділянка маклака і найменшу – ділянка голови. При цьому в парній шкірі коня максимальний вміст вологи міститься в ділянці черева товщиною 2,3 мм, а мінімальний – в ділянці спини при товщині 4,1 мм. Слід відзначити, що нерівномірність вмісту вологи у топографічних ділянках шкіри зафіксовано і після її консервування методом тузлукування. Отже, досліджена шкіра характеризується високим ступенем структурної неоднорідності.

На основі результатів попередньо проведених досліджень [14] розроблена технологія відмочувально-зольних процесів з використанням фракцій ЕХА води (таблиця 2). Значення рН водних розчинів вимірювали рН-метром марки рН-340. Розроблена технологія відмочування порівняно з існуючою – контрольною характеризується відсутністю ПАР, карбонату натрію і сульфід натрію, а технологічними реагентами є тільки католіто-анолітна суміш. При чому ступінь обводнення сировини встановлювали за топографічною ділянкою крупон, що обумовлено її підвищеною щільністю і товщиною.

Таблиця 2

**Технологія формування голини з кінської сировини**

| Процес           | Реагент / витрата, % маси сировини                                                                                                                     | Режим                                                                                                            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Промивання       | Вода 26–28 °С – 150                                                                                                                                    | обертання 60 хв; зливання                                                                                        |
| Відмочування     | Католіт / аноліт = 5/1–3/1 26–28 °С – 130                                                                                                              | рН 8.3–7.5, обертання (об.) 2 год; далі кожну год об. 5 хв протягом 4 год, зливання                              |
| Зоління          | Католіт 26–28 °С – 30<br>Гідроксид кальцію – 0,7<br>Гідросульфід натрію – 0,6<br>Сульфід натрію – 0,6<br>Гідроксид кальцію – 0,4<br>Католіт 28 °С – 80 | 40 хв об. / 20 хв спокій / 30 хв об.<br>30 хв об., рН ~ 12<br><br>30 хв<br>об. 10 хв/год, 7,5–8,0 год, рН ~ 12,2 |
| Промивання       | Вода 24–26 °С – 2×150                                                                                                                                  | 2 рази по 15 хв                                                                                                  |
| Міздріння голини | Міздрильна машина                                                                                                                                      |                                                                                                                  |
| Обрядка          | Стіл                                                                                                                                                   | Видалення непридатних ділянок голини                                                                             |
| Двоїння          |                                                                                                                                                        | Товщина голини 2,2–2,3 мм                                                                                        |
| Визначення маси  |                                                                                                                                                        | Зважується вся партія                                                                                            |

При збільшенні співвідношення католіт / аноліт початковий рН робочого розчину підвищується (таблиця 3). Водночас кінцеве значення рН знижується, а тривалість процесу відмочування скорочується і досягає мінімального значення протягом 5,0 год за співвідношення католіт / аноліт 5/1 та рН 7,1. Однак враховуючи бактерицидні властивості аноліту процес відмочування бажано проводити за співвідношення католіт / аноліт 5/1–3/1. Закінчення процесу відмочування контролюється за станом поперечного розрізу в ділянці крупона.

Таблиця 3

**Зміна рН технологічного розчину при відмочуванні кінської сировини**

| Робочий розчин       | Значення рН від початку відмочування, год |      |     |     |     |
|----------------------|-------------------------------------------|------|-----|-----|-----|
|                      | 0                                         | 0,15 | 1,0 | 5   | 14  |
| Католіт / аноліт 1/0 | 10,6                                      | 8,4  | 7,6 | 7,2 | 7,2 |
| 1/1                  | 6,7                                       | 7,1  | 7,1 | 7,1 | 7,1 |
| 5/1                  | 8,3                                       | 7,7  | 7,3 | 7,1 | 7,1 |
| 7/1                  | 9,5                                       | 8,2  | 7,4 | 7,2 | 7,2 |
| Дистильована вода    | 6,6                                       | 7,0  | 7,1 | 7,1 | 7,1 |
| Діюча технологія     | 10,7                                      | 8,5  | 7,7 | 7,4 | 7,3 |

У подальшому проводиться зоління відмоченої шкіряної сировини. При цьому технологічний розчин включає тільки католіт, що забезпечує необхідний рН середовища при його витраті спочатку 30 % маси сировини з додаванням через 2,5 год ще 80 % при загальній тривалості процесу 10,0–10,5 год. Слід зауважити, що в процесі зоління згідно з розробленою технологією порівняно з існуючою зменшені витрати гідроксиду кальцію та сульфід натрію відповідно у 4,0 і 2,0 рази. Після промивання отриманого зеленого напівфабрикату і механічних операцій – міздріння, обрядка та двоїння встановлюється його маса.

Для визначення структурної однорідності зеленого напівфабрикату встановлюються його фізико-хімічні властивості (таблиця 4). Це стосується, насамперед, гідротермічної стійкості та ступеня бубняви. Гідротермічну стійкість ( $G_c$ ) зелених зразків шкіряного напівфабрикату визначали за початковим їх скороченням при денатурації за певної температури при нагріванні зразка зі швидкістю 2–3 °С/хв. Ступінь бубняви зелених зразків – гравіметричним методом. Щільність напівфабрикату – за відношенням маси зразка до його об'єму. Мінеральні речовини – шляхом прожарювання зеленого зразка напівфабрикату. Вибір ділянок – спина, крупон, черево обумовлений особливостями їх структури: товщиною, щільністю та вмістом в них вологи.

Таблиця 4

**Фізико-хімічні властивості зеленого шкіряного напівфабрикату**

| Показник зеленого<br>Напівфабрикату | Дослідна технологія |        |        | Контрольна технологія |        |        |
|-------------------------------------|---------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
|                                     | спина               | крупон | череву | спина                 | крупон | череву |
| Г <sub>c</sub> дерми, °C            | 51,0                | 54,0   | 49,0   | 52,0                  | 59,0   | 53,0   |
| Ступінь бубняви, %                  | 21,0                | 19,5   | 22,5   | 23,5                  | 20,5   | 25,0   |
| Щільність, г/см <sup>3</sup>        | 1,019               | 1,113  | 1,010  | 1,032                 | 1,125  | 1,013  |
| Мінеральні речовини, %              | 1,26                | 1,12   | 1,32   | 1,17                  | 0,89   | 1,28   |

Аналіз отриманих результатів свідчить про більш рівномірний перебіг процесу зоління шкіряної сировини за дослідною технологією. Про це свідчить зменшення різниці для Г<sub>c</sub> та ступеню бубняви в ділянках спини і крупона. Ця різниця зменшується для дослідної технології порівняно з контрольною відповідно у 2,3 і 2,0 рази. Зменшення величини Г<sub>c</sub> в ділянці черева зразка дослідної технології порівняно з контрольною зумовлене зниженням дифузії лужних реагентів у об'єм дерми в контрольних зразках внаслідок підвищеного бубнявіння їх зовнішніх шарів і сповільненням процесу дифузії під дією високої концентрації реагентів робочого розчину. Збільшення вмісту мінеральних речовин в дослідному напівфабрикаті порівняно з контрольним може свідчити про їх ефективну дифузію в об'єм дерми в присутності католіту за меншої витрати реагентів. Це стосується, насамперед, йонів кальцію. Отже процес зоління напівфабрикату, як і відмочування, за дослідною технологією при використанні тільки католіту відбувається більш ефективно з дефібрилізацію структури колагену і отриманням вищої структурної однорідності шкіряного напівфабрикату.

**Висновки**

Розроблена технологія процесів відмочування і зоління сировини коней з використанням електрохімічно активованої води. Використання оптимальних співвідношень католіту з анолітом 5/1–3/1 на стадії відмочування консервованої сировини дало можливість виключити з технологічного циклу поверхнево-активну речовину та лужні реагенти – карбонат натрію і сульфід натрію, що використовуються у контрольній технології. При цьому тривалість процесу відмочування була скорочена у 2,3 рази порівняно з діючою технологією. За результатами дослідження фізико-хімічних властивостей напівфабрикату за дослідною і контрольною технологіями зоління при використанні тільки католіту забезпечується суттєве скорочення витрат небезпечних хімічних реагентів за більш ефективного проведення цього процесу. При цьому підвищена рівномірність властивостей напівфабрикату за топографічними ділянками дослідної технології свідчить про отримання структурно більш однорідного напівфабрикату, придатного для ефективного проведення наступних технологічних оброблень.

**Перспективи подальших досліджень**

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на встановлення закономірностей впливу електрохімічно активованої води на переддубильно-дубильні процеси, зокрема знезолюванням'якшення, пікелювання м'якшеного напівфабрикату шкур коней та його дублення.

**Література**

1. Hsu S.Y., Kao H.Y. Effects of storage conditions on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water / S.Y. Hsu, H.Y. Kao // Journal of Food Engineering. – 2004. – Volume 65, Issue 3, December. – P. 465-471. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.009>.
2. Shirahata S., Hamasaki T., Teruya K. Advanced research on the health benefit of reduced water / S. Shirahata, T. Hamasaki, K. Teruya // Trends in Food Science & Technology. – 2012. – Volume 23, Issue 2. – P. 124-131. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.10.009>.
3. Голохваст К.С., Рыжаков Д.С., Чайка В.В., Гульков А.Н. Перспективы использования электрохимической активации растворов / К.С. Голохваст, Д.С. Рыжаков, В.В. Чайка, А.Н. Гульков // Вода: химия и экология. – 2011. – № 2. – С. 23-30.
4. Fidaleo M., Moresi M. Electrodialysis applications in the food industry / M. Fídaleo, M. Moresi // Advances in Food and Nutrition Research. – 2006. – Volume 51. – P. 265-360. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)51005-8](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)51005-8).
5. Cloete T.E., Thantsha M.S., Maluleke M.R., Kirkpatrick R. The antimicrobial mechanism of electrochemically activated water against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* as determined by SDS-PAGE analysis / T.E. Cloete, M.S. Thantsha, M.R. Maluleke, R. Kirkpatrick // Journal of Applied Microbiology. – 2009. – Volume 107, Issue 2. – P. 379-384. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04233.x>
6. Robinson G.M., Lee S.W.-H., Greenman J., Salisbury V.C., Reynolds D.M. Evaluation of the efficacy of electrochemically activated solutions against nosocomial pathogens and bacterial endospores / G.M. Robinson, S.W.-H. Lee, J. Greenman, V.C. Salisbury, D.M. Reynolds // Letters in Applied Microbiology. – 2010. – Volume 50, Issue 3. – P. 289-294. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02790.x>
7. Гончарук В.В., Бахрий В.А., Архипчук В.В., Чеботарев Р.Д. Биотестирование элетрохимически активированной воды / В.В. Гончарук, В.А. Бахрий, В.В. Архипчук, Р.Д. Чеботарев // Химия и технология воды. – 2005. – № 4. – С. 399–411.

8. Кашковський В.І., Каменських Д.С. Застосування активованої води в процесі кислотного гідролізування рослинних відходів з високим умістом пентозанів [Електронний ресурс] / В.І. Кашковський, Д.С. Каменських // Доповіді, презентації 9-ої Міжнародної конференції WasteECo-2012 «Сотрудничество для решения проблемы отходов», м. Харків, 28–31 березня 2012 р. – Режим доступу: <http://waste.ua/eco/2012/biomass/hydrolysis/>. – (Дата звернення 13.12.2024 р.). – Назва з екрана.
9. Yefimchuk H., Skidan V., Nazarchuk M., Seleznev E., Yanovets A. Multicriteria compromise optimization for leather and fur skin materials tanning technology / H. Yefimchuk, V. Skidan, M. Nazarchuk, E. Seleznev, A. Yanovets // *Leather and Footwear Journal*. – 2020. – Volume 20, Issue 2. – P. 183-196. – DOI: <https://doi.org/10.24264/lfj.20.2.9>.
10. Lee M.Y., Kim Y.K., Ryoo K.K. et al. Electrolyzed-reduced water protects against oxidative damage to DNA, RNA, and protein / M.Y. Lee, Y.K. Kim, K.K. Ryoo et al. // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. – 2006. – Volume 135, Issue 2. – P. 133–144. – DOI: <https://doi.org/10.1385/ABAB:135:2:133>.
11. Данилкович А. Г. Основні матеріали і технології виробництва шкіри: навч. посібник. – Київ, 2016. – 175 с.
12. Бордун І.М., Пташник В.В. Вплив умов зберігання на процеси релаксації у електрохімічно активованій воді / І.М. Бордун, В.В. Пташник // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2012. – № 1/6(55). – С. 27–30.
13. Данилкович А. Г. Практикум з хімії і технології шкіри та хутра: 2 вид., перероб. і доп. – Київ, 2006. – 340 с.
14. Danylkovych A., Lishchuk V., Romanyuk O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials / A. Danylkovych, V. Lishchuk, O. Romanyuk // *SpringerPlus*. – 2016. – Volume 5, Issue 1. – P. 214-224 [E-resource]. – Access mode: <http://er.knutd.com.ua/handle/123456789/1766>.

### References

1. Hsu S.Y., Kao H.Y. Effects of storage conditions on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water / S.Y. Hsu, H.Y. Kao // *Journal of Food Engineering*. – 2004. – Volume 65, Issue 3, December. – P. 465-471. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.009>.
2. Shirahata S., Hamasaki T., Teruya K. Advanced research on the health benefit of reduced water / S. Shirahata, T. Hamasaki, K. Teruya // *Trends in Food Science & Technology*. – 2012. – Volume 23, Issue 2. – P. 124-131. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.10.009>.
3. Golohvast K.S., Ryzhakov D.S., Chajka V.V., Gulkov A.N. Perspektivy ispolzovaniya elektrkhimicheskoy aktivatsii rastvorov [Application potential of solution electrochemical activation] / K.S. Golohvast, D.S. Ryzhakov, V.V. Chajka, A.N. Gulkov // *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. – 2011. № 2. – S. 23-30.
4. Fidaleo M., Moresi M. Electrodialysis applications in the food industry / M. Fidaleo, M. Moresi // *Advances in Food and Nutrition Research*. – 2006. – Volume 51. – P. 265-360. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)51005-8](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)51005-8).
5. Cloete T.E., Thantsha M.S., Maluleke M.R., Kirkpatrick R. The antimicrobial mechanism of electrochemically activated water against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* as determined by SDS-PAGE analysis / T.E. Cloete, M.S. Thantsha, M.R. Maluleke, R. Kirkpatrick // *Journal of Applied Microbiology*. – 2009. – Volume 107, Issue 2. – P. 379-384. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04233.x>.
6. Robinson G.M., Lee S.W.-H., Greenman J., Salisbury V.C., Reynolds D.M. Evaluation of the efficacy of electrochemically activated solutions against nosocomial pathogens and bacterial endospores / G.M. Robinson, S.W.-H. Lee, J. Greenman, V.C. Salisbury, D.M. Reynolds // *Letters in Applied Microbiology*. – 2010. – Volume 50, Issue 3. – P. 289-294. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02790.x>.
7. Goncharuk V.V., Bahryi V.A., Arkhipchuk V.V., Chebotarev R.D. Biotestirovanie elektrokhimicheskii aktivirovannoi vody / V.V. Goncharuk, V.A. Bahryi, V.V. Arkhipchuk, R.D. Chebotarev // *Khimiia i tekhnologiiia vody*. – 2005. – № 4. – S. 399-411.
8. Kashkovskiy V.I., Kamenskykh D.S. Zastosuvannia aktyvovanoi vody v protsesi kyslotnoho hidrolizuvannia roslynnykh vidkhodiv z vysokym umistom pentozaniv [Elektronnyi resurs] / V.I. Kashkovskiy, D.S. Kamenskykh // *Dopovidi, prezentatsii 9-oi Mizhnarodnoi konferentsii WasteECo-2012 «Sotrudnychestvo dlia resheniya problemy otkhodov»*, m. Kharkiv, 28–31 bereznia 2012 r. – Rezhym dostupu: <http://waste.ua/eco/2012/biomass/hydrolysis/>. – (Data zvernennia 13.12.2024 r.). – Nazva z ekrana.
9. Yefimchuk H., Skidan V., Nazarchuk M., Seleznev E., Yanovets A. Multicriteria compromise optimization for leather and fur skin materials tanning technology / H. Yefimchuk, V. Skidan, M. Nazarchuk, E. Seleznev, A. Yanovets // *Leather and Footwear Journal*. – 2020. – Volume 20, Issue 2. – P. 183-196. – DOI: <https://doi.org/10.24264/lfj.20.2.9>.
10. Lee M.Y., Kim Y.K., Ryoo K.K. et al. Electrolyzed-reduced water protects against oxidative damage to DNA, RNA, and protein / M.Y. Lee, Y.K. Kim, K.K. Ryoo et al. // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. – 2006. – Volume 135, Issue 2. – P. 133–144. – DOI: <https://doi.org/10.1385/ABAB:135:2:133>.
11. Danylkovych A. H. Osnovni materialy i tekhnologii vyrobnytstva shkiry: navch. posibnyk. – Kyiv, 2016. – 175 s.
12. Bordun I.M., Ptashnyk V.V. Vplyv umov zberihannia na protsesy relaksatsii u elektrokhimichno aktyvovanoi vodi / I.M. Bordun, V.V. Ptashnyk // *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnalпередovykh tekhnologii*. – 2012. – № 1/6(55). – S. 27–30.
13. Danylkovych A. H. Praktikum z khimii i tekhnologii shkiry ta khutra: 2 vyd., pererob. i dop. – Kyiv, 2006. – 340 s.
14. Danylkovych A., Lishchuk V., Romanyuk O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials / A. Danylkovych, V. Lishchuk, O. Romanyuk // *SpringerPlus*. – 2016. – Volume 5, Issue 1. – P. 214-224 [E-resource]. – Access mode: <http://er.knutd.com.ua/handle/123456789/1766>.