

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОВАРІВ

DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2025\(56\)02](https://doi.org/10.31617/2.2025(56)02)
УДК 677.027.622:675.02



ДАНИЛКОВИЧ Анатолій

<https://orcid.org/0000-0002-5707-0419>

д. т. н., професор, професор кафедри
біотехнології, шкіри та хутра
Київського національного університету
технологій та дизайну

вул. Мала Шияновська, 2, Київ,
01011, Україна
ag101@ukr.net

МЕРЕЖКО Ніна

<https://orcid.org/0000-0003-3077-9636>

д. т. н., професор, завідувач кафедри
товарознавства та митної справи
Державного торговельно-економічного
університету

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
n.merezhko@knute.edu.ua

МИХАЙЛОВА Галина

<https://orcid.org/0000-0002-1083-5875>

д. т. н., доцент, професор кафедри
товарознавства та митної справи
Державного торговельно-економічного
університету

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
h.mykhaylova@knute.edu.ua

ФОРМУВАННЯ ГІДРОФОБНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР

Досліджено фізико-хімічні властивості різних топографічних ділянок гідрофобізованої шкіри, отриманої з напівфабрикату хромового дублення кінської сировини. Визначено залежність хімічного складу, величини водопоглинання гідрофобізованої алкенмалеїною композицією шкіри, отриманої з різних топографічних ділянок сировини, від швидкості деформування. Встановлено комплекс сорбційно-

DANYLKOYCH Anatolii

<https://orcid.org/0000-0002-5707-0419>

Doctor of Sciences (Technical), Professor,
Professor of the Department
of Biotechnology, Leather and Fur
Kyiv National University
of Technologies and Design

2, Mala Shyianovska St., Kyiv,
01011, Ukraine
ag101@ukr.net

MEREZHKO Nina

<https://orcid.org/0000-0003-3077-9636>

Doctor of Sciences (Technical), Professor,
Head of the Department of Commodity
Science and Customs Affairs
State University of Trade and Economics

19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
n.merezhko@knute.edu.ua

MYKHAILOVA Halyna

<https://orcid.org/0000-0002-1083-5875>

Doctor of Sciences (Technical), Associate
Professor, Professor of the Department of
Commodity Science and Customs Affairs
State University of Trade and Economics

19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
h.mykhaylova@knute.edu.ua

FORMATION OF HYDROPHOBIC PROPERTIES OF NATURAL LEATHERS

Study of the physicochemical properties of different topographic sections of hydrophobized leather obtained from the semi-finished product of chrome tanning of horse raw materials. Determination of the dependence of the chemical composition, the amount of water soaking of the leather hydrophobized with the alkene-maleic composition obtained from different topographic sections of the raw materials on



Copyright © 2025. Автор(и). Це стаття відкритого доступу, яка розповсюджується на умовах ліцензії [Creative Commons Attribution License 4.0 \(CC-BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) Міжнародна ліцензія

дифузійних та фізико-механічних властивостей гідрофобізованої шкіри різних топографічних ділянок при обводненні-висушуванні. Дослідження базується на гіпотезі, що алкенмалеїнова композиція з кінської сировини дасть змогу використовувати шкіру для виготовлення широкого асортименту взуттєвих виробів, які витримують екстремальні умови. Для дослідження властивостей шкіри з кінської сировини використано зразки напівфабрикату хромового дублення, отримані з топографічних ділянок крупону і спини товщиною 2.4 мм, шиї – 1.8 мм. Гідрофобізацію шкіри проводили алкенмалеїновою композицією з витратами від маси напівфабрикату, мас. %: алкенмалеїнового полімеру (АМП). Контрольні зразки оброблено тільки АМП. Показано більший у 2.3–2.9 рази вміст зв'язаних жиркових речовин у гідрофобізованій шкірі порівняно з контрольними зразками. При цьому зразки шкіри, отримані з ділянки шиї, характеризуються вищою пористістю на 9.8 % порівняно з ділянкою крупону. Встановлено залежність міцності гідрофобізованої шкіри від топографічної ділянки, що збільшується від ділянки шиї до крупону на 43.0% за підвищення подовження. Аналогічно змінюються фізико-механічні показники шкіри при її сферичному деформуванні. Циклічне обводнення-висушування свідчить про відновлення фізико-механічних показників гідрофобізованої шкіри. Встановлено залежності фізико-хімічних показників гідрофобізованої шкіри від товщини і топографічної ділянки та умов деформування при її обводненні-висушуванні. Абсолютні значення і залежності показників гідрофобізованої шкіри від умов випробовування дають підстави вважати можливим її використання для виготовлення водостійких взуттєвих виробів, які експлуатуватимуться в екстремальних умовах, що підтверджує гіпотезу дослідження.

Ключові слова: сировина шкір коней, алкенмалеїнова композиція, гідрофобізована шкіра, топографічні ділянки, фізико-хімічні властивості.

the deformation rate. Establishment of the complex of sorption-diffusion and physicochemical properties of the hydrophobized leather of different topographic sections during watering-drying. The study is based on the hypothesis that the alkenemaleic composition of horse raw materials will allow using the leather for the manufacture of a wide range of footwear products that will withstand extreme conditions. To study the properties of the leather from horse raw materials, samples of the semi-finished product of chrome tanning obtained from the topographic sections of the croup and back with a thickness of 2.4 mm, and the neck - 1.8 mm were used. Hydrophobization of the skin was carried out with an alkenemaleic composition with a consumption of the semi-finished product mass, wt. %: alkenemaleic polymer (AMP). Control samples were treated only with AMP. It was shown that the content of bound fatty substances in the hydrophobized skin was 2.3–2.9 times higher than in the control samples. At the same time, skin samples obtained from the neck area are characterized by a higher porosity by 9.8% compared to the rump area. The dependence of the strength of the hydrophobized skin on the topographic area was established, which increases from the neck area to the rump area by 43.0% with increasing elongation. The physical and mechanical indicators of the skin change in a similar way during its spherical deformation. Cyclic watering-drying indicates the restoration of the physical and mechanical indicators of the hydrophobized skin. The dependences of the physicochemical parameters of hydrophobized leather on the thickness and topographic area and deformation conditions during its watering-drying have been established. The absolute values and dependences of the parameters of hydrophobized leather on the test conditions give reason to consider its use possible for the manufacture of waterproof footwear that will be operated in extreme conditions, which confirms the hypothesis of the study.

Keywords: raw horse hides, alkenemaleic composition, hydrophobized leather, topographic areas, physicochemical properties.

Вступ

У технологіях виготовлення шкіряних матеріалів для підвищення їх стійкості до води використовується широкий асортимент хімічних реагентів при поверхневій та об'ємній модифікації дубленого шкіряного напівфабрикату. При цьому в більшості варіантів для захисту колагенового матеріалу від дії води застосовується традиційне багатошарове покриття. Захисна плівка містить синтетичні полімери, пластифікатор, пігментні концентрати та інші допоміжні реагенти (Бондарєва & Мокроусова, 2020). На відміну від традиційних процесів формування

покриття на шкірі більш ресурсоефективними є плазмові технології, що передбачають зменшення витрат небезпечних хімічних реагентів, споживання води та енергії (*Sánchez Navarro et al.*, 2016). Зокрема, при реалізації технології плазмової полімеризації мономері реагентів вводяться в плазму. При цьому на поверхні шкіряних волокон утворюються надтонкі шари завдяки вільним радикалам у газовій фазі, що забезпечує формування стабільних структур. Для підвищення ефективності процесу гідрофобізації шкіряного матеріалу використовують метод плазмової полімеризації низького тиску (*Silvestre et al.*, 2021). Використання гексаметилдисилоксану (ГМДСО) дає змогу сформувати надтонкий покривний шар полісилоксану. Отриманий модифікований матеріал забезпечує високі водовідштовхувальні властивості при збереженні зовнішнього виду і тактильних властивостей. Ефективність використання ГМДСО суттєво залежить від складу плазми (*Ma et al.*, 2015), умов полімеризації реагенту, зокрема потужності плазми і потоку мономеру з використанням аргону (*Dakroub et al.*, 2021). Аналогічний ефект досягається при врахуванні таких особливостей структури напівфабрикату та хімічного складу реагентів, як фторвуглецеві, воскові емульсії, металеві мила тощо (*Luo et al.*, 2008). Більш тривалий гідрофобний ефект досягається при застосуванні таких галогенвуглецевих сполук: хлорфторвуглеці, перфторвуглеці, гідрофторвуглеці та гідрохлорфторвуглеці; при нанесенні на поверхню шкіряного напівфабрикату методом поливу чи розпилення реагентів: полідиметилсилоксанового каучуку, фторкарбонового полімеру, фтормісткого силану, комбінації солей алюмінію з парафіном чи воском та ін. При гідрофобізації напівфабрикату безхромового дублення застосовують поліорганосилоксан з поліакрилатами чи амідами жирних кислот та подальшою фіксацією сполуками алюмінію чи цирконію (*Renate & Heinz-Peter*, 2007). Значне підвищення гідрофобності та еластичності шкіри (*Kovacevic & Babic*, 1993) досягається застосуванням композиції естеру малеїнової кислоти і α -оксипропілдиметилсилоксану за співвідношення 2:1, акрилової кислоти та 1-октадекану. Підвищена ефективність гідрофобізації досягається при використанні фторвуглецевої сполуки (*Silva et al.*, 2018) після додублювання напівфабрикату синтетичними полімерами і танідами. У праці *Manich et al.* (2016) наведено результати дослідження впливу емульсій олії рапсу та риб'ячого жиру на механізм взаємодії води зі шкіряним волокном напівфабрикату. Показано зниження величини енергії зв'язку води при збільшенні відносної вологості. За низької її активності вода зі шкіряними волокнами зв'язується як первинна. Для підвищення водовідштовхувальних властивостей шкіри використовують хімічні реагенти *Lubritan XB* і *Lubritan XS* (*An innovative solution for waterproofing*, 2007). Встановлено, що молекули цих реагентів покривають шкіряні волокна. При цьому шкіра характеризується підвищеною паропроникністю, що забезпечує комфортні умови експлуатації виробів.

Отже, результати аналізу наукових джерел з гідрофобізації шкіри свідчать про практичну відсутність впливу сорбційно-дифузійних особливостей шкіряного напівфабрикату на цей процес. Це може бути суттєвим чинником при дослідженні гідрофобізації шкіряного напівфабрикату з кінської сировини, враховуючи її значну неоднорідність за товщиною і структурою в різних топографічних ділянках для взуттєвих виробів, що експлуатуються в екстремальних умовах.

Мета роботи – дослідження фізико-хімічних властивостей різних топографічних ділянок гідрофобізованої шкіри, отриманої з напівфабрикату хромового дублення кінської сировини. Визначено залежність хімічного складу, величини водопомокання гідрофобізованої алкенмалеїновою композицією шкіри, отриманої з різних топографічних ділянок сировини зі шкур коней, від швидкості деформування. Встановлено комплекс сорбційно-дифузійних та фізико-механічних властивостей гідрофобізованої шкіри різних топографічних ділянок при обводненні-висушуванні.

Дослідження ґрунтуються на гіпотезі, що застосування алкенмалеїнової композиції для шкіри з кінської сировини дасть змогу використувати її для виготовлення широкого асортименту взуттєвих виробів, придатних для експлуатації в екстремальних умовах.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні ефективного впливу алкенмалеїнової композиції на формування гідрофобних властивостей структурно-неоднорідної кінської сировини.

Для дослідження використано зразки площею 25 дм², отримані з ділянок крупону, спини та шиї напівфабрикату шкур коней хромового дублення підприємства з виробництва шкір ТОВ "Торговий дім "Річмен", смт Баришівка Броварського району Київської області (Україна). Дослідні зразки крупону і спини стругані на товщину 2.4 мм, а з ділянки шиї – 1.8 мм. Симетрично хребтовій лінії вирізано контрольні зразки. Зразки після подублювання сполуками хрому наповнювали сумішшю органічних дубителів – екстракту квебрахо і синтану БНС у співвідношенні 3:7 при їх витраті 5% маси напівфабрикату за методикою, описаною Данилковичем (2016). Зразки напівфабрикату оброблено в барабані об'ємом 10 дм³ та при обертанні 12–14 хв⁻¹. Гідрофобізацію шкіри проведено алкенмалеїновою композицією (АМК) з оптимальними витратами (Danylovych & Romaniuk, 2020) від маси напівфабрикату, мас. %: алкенмалеїнового полімеру (АМП) – 4.25, олеїнової кислоти (ОК) – 1.2, риб'ячого жиру (РЖ) – 4.5, води – 100. Тривалість процесу – 50–60 хв за температури 55–60 °С, далі проведено фіксацію реагентів алюмокалієвим галуном, модифікованим форміатом натрію. Контрольні зразки оброблено тільки АМП. Отримані зразки знаходились під поліетиленовою плівкою протягом 48 год, потім проведено сушильно-зволожувальні операції та кондиціонування ексікаторним методом протягом 24 год.

Хімічний склад та фізико-хімічні властивості отриманих зразків визначено за методиками, описаними Данилковичем (2006). Зокрема, вологовміст і зольність зразків встановлено гравіметричним методом за

температур 100–105 °С і 600–750 °С відповідно. Для визначення жирових незв'язаних речовин (ЖНР) у шкірі застосовано їх екстрагування тетрахлорметаном в апараті Зайченка з наступним висушуванням за 128–130 °С. Жирові зв'язані речовини (ЖЗР) встановлено шляхом гідролітичного руйнування наважки шкіри гідроксидом натрію в спиртовому розчині після видалення з неї ЖНР. Голину речовину виявлено методом К'ельдаля після руйнування білка сірчаною кислотою, сполуки хрому – йодометричним титруванням.

Пористість зразків шкіри розраховано за відношенням визначеного об'єму пор до уявного об'єму відповідного зразка, %. Об'ємний вихід – за відсотковим відношенням об'ємів зразка шкіри в сухому стані до добутку його маси на уявну питому масу. Паропроникність – ексікаторним методом з використанням сірчаної кислоти. Повітропроникність – за об'ємом повітря, що пройшов через зразок при різниці тисків 1 кПа з обох боків шкіри. Гігроскопічність – ексікаторним методом за відношенням приросту маси зразка шкіри в сухому стані при його зволоженні над водою до маси цього зразка в сухому стані. Вологовіддачу – за втратою маси зволоженим зразком шкіри за 8 год за нормальних умов.

Водопромокання шкіри в динамічних умовах (ВДУ), хв, встановлено на приладах ПВД-2 і IG/IUP 10 фірми *Giuliani* при деформуванні зразків зі швидкістю, хв⁻¹: 24, 70, 120 та 52 відповідно. Фізико-механічні властивості шкіри оцінено при одновісному деформуванні на машині РТ-250М зі швидкістю 90 мм/хв. Вихідні зразки шкіри, обводнені протягом 24 год за температури 20–22 °С, висушено у вільному стані з наступним кондиціонуванням. При цьому визначено такі показники: межа міцності при розтягуванні σ_p , МПа; подовження при навантаженні 9.1 МПа ($L_{9.8}$), %, та ін. Сферичним деформуванням оцінено фізико-механічні зразки шкіри на приладі ПОВШ (Україна) з радіусом півсфери пуансона 5 мм. Жорсткість (Ж), сН і пружність (П), % шкіри визначено на приладі "ПЖУ-12М" для зразків розміром 20×160 мм. Відносна похибка сорбційно-дифузійних показників становила 3–4%, фізико-механічних – 5–7%.

1. Результати дослідження та їх обговорення

Проведено комплекс фізико-хімічних досліджень властивостей гідрофобізованої шкіри з використанням алкенмалеїнової композиції, що містить алкенмалеїновий полімер, олеїнову кислоту та риб'ячий жир. Результати визначення хімічного складу гідрофобізованої шкіри різних топографічних ділянок дослідних зразків шкіри: крупон, спина, шия, – позначені відповідно: Д-1, Д-2, Д-3 (табл. 1), а контрольні – літерою К аналогічним чином. Максимальний вміст зв'язаних жирових речовин спостерігається в ділянці Д-3, мінімальний – Д-1. Аналогічно змінюється вміст незв'язаних жирових речовин та інших складових шкіри, за винятком оксиду хрому (III) та голинної речовини, вміст яких відповідно є мінімальним і максимальним у Д-1. Порівняно з контрольним

варіантом гідрофобізовані шкіри містять ЖЗР більше в 2.3–2.9 раза. Більші значення як ЖЗР, так і ЖЗН у Д-3 свідчать про підвищену її пористу структуру порівняно з ділянками Д-1 і Д-2.

Таблиця 1

Хімічний склад гідрофобізованої шкіри

Показник	Шкіра					
	дослідна			контрольна		
	Д-1	Д-2	Д-3	К-1	К-2	К-3
Масовий вміст, %, вологи	11.36	11.60	11.92	11.72	11.98	12.23
– оксиду хрому (III)	4.29	4.48	4.67	4.18	4.32	4.59
– золи	6.73	6.20	6.43	6.91	6.36	6.77
– ЖНР	8.12	8.83	9.38	8.96	8.27	8.84
– ЖЗР	4.03	4.39	4.53	1.72	1.98	1.55
– голиної речовини	62.75	61.92	61.45	64.97	64.69	65.27

Примітка. Масовий вміст інгредієнтів шкіри наведено в перерахунку на абсолютно суху речовину.

Джерело: власні дослідження авторів.

Під час аналізу впливу щільності топографічних ділянок шкіри на взаємодію її волокнистої структури з водою досліджено комплекс сорбційно-дифузійних властивостей топографічних ділянок отриманої шкіри (табл. 2). З наведених даних видно, що гідрофобізована шкіра характеризується максимальною пористістю в ділянці Д-3, а мінімальною – в Д-1. Про це свідчать отримані вищі значення повітропроникності в ділянці Д-3 з бахтарм'яного боку і мінімальні – з лицьового боку ділянки Д-1. Аналогічно змінюється паропроникність зразків шкіри, яка у 56.0 і 206.0 раза є меншою порівняно з повітропроникністю при максимальних та мінімальних значеннях цих показників. Більші значення показників повітро- і паропроникності з боку бахтарми порівняно з лицьовим боком зумовлені відкритою формою пор бахтарм'яного боку. Утворення відкритих пор з бахтарм'яного боку напівфабрикату зумовлено особливостями операцій його двоїння та стругання.

Таблиця 2

Сорбційно-дифузійні властивості гідрофобізованої шкіри

Показник	Шкіра					
	дослідна			контрольна		
	Д-1	Д-2	Д-3	К-1	К-2	К-3
Пористість, %	51.0	53.0	56.0	52.0	54.5	57.0
Об'ємний вихід, %	217.0	240.0	356.0	203.5	230.0	347.5
Паропроникність, мг/(см ² ·год)						
– з бахтарм'яного боку	6.7	8.3	12.4	7.4	8.6	13.7
– з лицьового боку	1.6	2.3	3.8	1.8	2.1	4.1
Повітропроникність, см ³ /(см ² ·год)						
– з бахтарм'яного боку	440.0	475.0	690.0	530.0	610.0	770.0
– з лицьового боку	330.0	380.0	536.0	420.0	470.0	590.0
Гігроскопічність, %	10.2	11.6	12.9	13.0	15.4	14.7
Вологовіддача, %	5.0	5.9	7.6	3.3	5.6	4.9

Джерело: власні дослідження авторів.

Гігроскопічність і вологовіддача гідрофобізованих зразків шкіри змінюються аналогічно паропроникності. При цьому максимальні значення цих показників є вищими в ділянці Д-3 порівняно з ділянкою Д-1 відповідно на 26.0 і 52.0%. Водночас пористість гідрофобізованої шкіри є нижчою порівняно з контрольними зразками. Це стосується також інших показників гідрофобізованої шкіри. Слід зазначити, що гідрофобізована шкіра різних ділянок за об'ємним виходом характеризується дещо вищими показниками порівняно з контрольною шкірою.

Отже, встановлений характер залежностей комплексу сорбційно-дифузійних властивостей гідрофобізованої шкіри від різних її топографічних ділянок свідчить про їх неоднорідну структуру.

Стійкість шкіри до дії води з лицьового боку визначали при різному впливі швидкості деформування зразків на їх водопромокання (табл. 3). З наведених даних видно, що зі збільшенням швидкості впливу деформування від 24 до 120 хв^{-1} тривалість промокання знижується. Зокрема, для ділянок Д-1 і Д-3 цей показник зменшується в 1.5 раза. При зменшенні товщини ділянки Д-3 щодо Д-1 на 0.6 мм тривалість водопромокання знижується на 20.0 і 22.0% відповідно при мінімальній та максимальній швидкостях деформування зразків. Причому за цих умов гідрофобізована шкіра має вищу тривалість водопромокання порівняно з відповідними контрольними зразками в усьому інтервалі їх деформування на 35.0–46.0 і 48.0–51.0%.

Таблиця 3

Водопромокання гідрофобізованої шкіри
при різних швидкостях її деформування

Швидкість деформування зразків, хв^{-1}	Водопромокання шкіри, хв					
	дослідної			контрольної		
	Д-1	Д-2	Д-3	К-1	К-2	К-3
24	348.0	320.0	290.0	238.0	226.0	215.0
52	308.0	284.0	272.0	220.0	212.0	196.0
70	274.0	266.0	250.0	204.0	198.0	180.0
120	238.0	224.0	195.0	158.0	156.0	132.0

Джерело: власні дослідження авторів.

Отримана гідрофобізована шкіра характеризується підвищенням тривалості водопромокання в динамічних умовах при збільшенні товщини ділянки від 1.8 до 2.4 мм на 20–22% за різних швидкостей деформування зразків у межах 24–120 хв^{-1} . Водночас дослідні зразки шкіри порівняно з контрольними в динамічних умовах вирізняються вищою тривалістю водопромокання на 35–51%. Дослідна шкіра характеризується вищим ступенем гідрофобізації й, відповідно, вищим опором до дії водного середовища.

У подальшому досліджено комплекс фізико-механічних властивостей гідрофобізованої шкіри з різних топографічних ділянок до і після дії води (табл. 4–6). У табл. 4 наведено результати дослідження властивостей шкіри при одновісному деформуванні. Отримані дані

свідчать про найвищу міцність зразків шкіри з ділянки Д-1 при найменшому значенні показників подовження при 9.81 МПа та розриванні порівняно з ділянкою Д-3. Водночас спостерігаються вищі значення залишкового і пружного подовження для шкіри ділянки Д-3. Зразки шкіри в мокрому стані характеризуються нижчими значеннями міцності та більшими значеннями деформаційних показників на всіх ділянках. Гідрофобізована шкіра має вищі значення міцності порівняно з контрольними зразками при різних значеннях деформаційних показників. Слід зазначити вищі значення міцності гідрофобізованої шкіри з різних ділянок щодо контрольних зразків за винятком деформаційних показників. Отже, гідрофобізована шкіра характеризується вищою стійкістю до дії води при одновісному деформуванні її зразків.

Таблиця 4

Фізико-механічні властивості шкіри при одновісному деформуванні

Показник	Шкіра					
	дослідна			контрольна		
	Д-1	Д-2	Д-3	К-1	К-2	К-3
Межа міцності, МПа	27.0/26.0	23.0/22.3	19.0/18.2	24.0/22.0	21.0/19.0	17.9/ 16.0
Подовження, %, при 9.81 МПа	19.0/22.0	29.0/32.5	36.0/39.8	21.0/27.0	31.0/36.8	35.0/43.0
– розривне	38.0/47.0	42.0/53.0	52.0/62.0	36.0/46.0	39.0/54.0	51.0/64.0
– залишкове	6.0/10.0	6.0/10.0	8.0/11.0	7.0/12.0	8.0/12.0	9.0/15.0
– пружне	32.0/37.0	36.0/43.0	44.0/53.0	29.0/34.0	31.0/42.0	42.0/49.0

Примітка. Чисельник і знаменник відповідають показникам шкіри в сухому і мокрому стані.

Джерело: власні дослідження авторів.

Враховуючи більш важливу інформацію щодо фізико-механічних властивостей шкіри при сферичному деформуванні, що є важливим показником під час виготовлення взуттєвих виробів при затягуванні заготовки на колодці, проведено відповідні дослідження (табл. 5). З наведених даних видно, що гідрофобізована шкіра з ділянки Д-1 характеризується вищими фізико-механічними показниками при сферичному її деформуванні порівняно з ділянкою Д-3, а також при циклічному обводненні-висушуванні. При цьому зразки шкіри з ділянки Д-1 мають менші значення подовження при тріщині лицьового шару та прориві шкіри в 1.7 раза порівняно з ділянкою Д-3. При обводненні зразків шкіри спостерігається незначне зниження їх міцності та підвищення деформаційної здатності на 44.0 і 21.0% відповідно для ділянок Д-1 та Д-3. Гідрофобізована шкіра порівняно з контрольними зразками вирізняється вищою міцністю й еластичністю. Після зневоднювання гідрофобізована шкіра відновлює свої фізико-механічні показники, тоді як контрольні зразки дещо підвищують свою міцність при зменшенні меридіонального подовження. Отже, гідрофобізована шкіра характеризується вищою стабільністю фізико-механічних показників порівняно з контрольними зразками при циклічному обводненні-висушуванні.

Таблиця 5

Фізико-механічні властивості шкіри при сферичному деформуванні

Показник	Шкіра							
	вихідна				після висушування			
	Д-1	Д-3	К-1	К-3	Д-1	Д-3	К-1	К-3
Межа міцності шкіри, Н	780/745	560/545	730/640	510/465	770	555	760	540
Межа міцності лицьового шару шкіри, Н	765/745	560/545	710/640	460/370	760	555	750	450
Подовження, %, при								
– тріщини лицьового шару	34.0/49.0	57.0/69.0	32.0/36.0	33.0/35.0	35.0	58.0	30.0	32.0
– прориві шкіри	Те саме	Те саме	44.0/48.0	44.0/49.0	35.0	58.0	41.0	43.0

Примітка. Чисельник і знаменник відповідають показникам зразків шкіри в сухому і мокрому стані.

Джерело: власні дослідження авторів.

Для більш детального дослідження взаємодії шкіри з водою визначено показники її пластичності – жорсткість і пружність зразків гідрофобізованої шкіри при їх обводненні-висушуванні. Жорсткість зразків гідрофобізованої шкіри з ділянки Д-1 відповідає вищому на 58.0% значенню цього показника порівняно з ділянкою Д-3. Водночас пружність зразків змінюється у протилежному напрямі. При обводненні зразків шкіри ці показники знижуються відповідно на 24.0–41.0 і 78.0–84.0%. Після висушування гідрофобізована шкіра відновлює свої пружно-пластичні властивості. Отримані результати свідчать про нижчі показники жорсткості (Ж) і пружності (П) гідрофобізованої шкіри порівняно з контрольними зразками. Висушені зразки контрольної шкіри характеризуються підвищеними значеннями цих показників. Отже, гідрофобізована шкіра вирізняється вищою пластичністю та відновлюваністю пружно-пластичних властивостей порівняно з контрольною після її взаємодії з водою (табл. 6).

Таблиця 6

Жорсткість і пружність шкіри після циклічного обводнення-висушування

Шкіра	Шкіра			
	вихідна		після висушування	
	Ж, сН	П, %	Ж, сН	П, %
Д-1	38.0 / 27.0	57.0 / 32.0	38.0	58.0
Д-2	29.0 / 23.0	54.0 / 30.0	29.0	55.0
Д-3	24.0 / 19.0	48.0 / 26.0	24.0	50.0
К-1	41.0 / 28.0	59.0 / 22.0	43.0	63.0
К-2	31.0 / 24.0	52.0 / 24.0	34.0	55.0
К-3	27.0 / 18.0	49.0 / 21.0	29.0	52.0

Примітка. Чисельник і знаменник відповідають показникам зразків шкіри у сухому і мокрому стані.

Джерело: власні дослідження авторів.

Відтак, комплекс проведених досліджень хімічного складу, сорбційно-дифузійних та фізико-механічних властивостей в широкому діапазоні умов випробовування дає підстави вважати, що гідрофобізована алкенмалеїною композицією шкіра з кінської сировини може ефективно використовуватись при виготовленні взуттєвих виробів широкого асортименту.

Висновки

Проведено комплекс досліджень властивостей гідрофобізованої алкенмалеїною композицією шкіри з кінської сировини. Встановлено хімічний склад гідрофобізованої шкіри за топографічними ділянками. Зокрема, вміст зв'язаних жирових речовин у топографічних ділянках гідрофобізованої шкіри перевищує контрольні зразки у 2.3–2.9 раза. Гідрофобізована шкіра характеризується пористістю в інтервалі 51.0–56.0% та симбатною залежністю від неї сорбційно-дифузійних показників. Зокрема, повітропроникність гідрофобізованої шкіри досягає $690 \text{ см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$ в ділянці шиї за меншої паропроникності у 56.0 раза. При цьому в ділянці крупону ці показники є меншими в 1.6–1.8 раза. За вологовіддачею гідрофобізована дослідна шкіра за тривалістю водопромокання перевищує контрольні зразки в 1.5–1.6 раза. Водночас гідрофобізована шкіра має вищу тривалість водопромокання зразків, оброблених тільки алкенмалеїновим полімером на 35–51% залежно від швидкості їх деформування в інтервалі $24\text{--}120 \text{ хв}^{-1}$. Встановлено залежність міцності гідрофобізованої шкіри від топографічної ділянки, яка збільшується від ділянки шиї до крупону на 42.0% за підвищення подовження при навантаженні 9.81 МПа і розривного подовження – відповідно на 89.0 і 37.0%. При обводненні гідрофобізованої шкіри її міцність дещо знижується за підвищення подовження при навантаженні 9.81 МПа на 11–16%. Аналогічно змінюються фізико-механічні показники шкіри при сферичному її деформуванні. Циклічне обводнення-висушування свідчить про відновлення фізико-механічних показників гідрофобізованої шкіри. Відновлення властивостей гідрофобізованої шкіри відбувається також при дослідженні пластичних властивостей – жорсткості та пружності в процесі циклічного обводнення-висушування. Встановлено високу водостійкість у динамічних умовах гідрофобізованої дослідної шкіри з кінської сировини. За комплексом сорбційно-дифузійних і фізико-механічних властивостей отримана шкіра з використанням алкенмалеїнової композиції може бути використана для виготовлення широкого асортименту взуттєвих виробів, придатних для експлуатації в екстремальних умовах, що підтверджує гіпотезу дослідження. У подальших дослідженнях властивостей гідрофобізованих шкіряних матеріалів з кінської сировини необхідно розширювати асортимент хімічних реагентів, багатокритеріально оптимізувати процес гідрофобізації для виготовлення виробів з підвищеним комплексом споживних властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCE

Бондарева, А., & Мокроусова, О. (2020). Формування фізико-механічних властивостей полімер-мінерального покриття для оздоблення шкір. *Міжнародний науково-практичний журнал "Товари і ринки"*, (2), 97–109.

Bondareva, A., & Mokrousova, O. (2020). Formation of physical and mechanical properties of polymer-mineral coating for finishing leather. *International scientific-practical journal "Commodities and markets"*, (2), 97–109.

An innovative solution for waterproofing. (2007, April 12). Leather international. <http://www.leathermag.com/features/featurean-innovative-solution-for-waterproofing-leather/>

Dakroub, G., Duguet, T., Esvan, J. et al. (2021). Comparative study of bulk and surface compositions of plasma polymerized organosilicon thin films. *Surf. Interfaces*, (25), 101256.

Danylkovych, A., & Romaniuk, O. (2020). Formation of hydrophobized leather of special purpose. *Fibres and Textiles (Vlákna a textil)*, 27(2), Vol. 27, 24–31. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/15971>

Kovacevic, V., & Babic, R. (1993). Postizavanje otpornosti na vodu kože za specijalne namjene. *Koza i obuca*, 42(11–12), 127–128.

Luo, Z., Fan, H., Lu, Ya., & Shi, B. (2008). Fluorine-containing aqueous copolymer emulsion for waterproof leather. *J. Soc. Leather Technol. Chem.*, (92), 107–113.

Ma, J., Zhang, X., Bao, Ya., & Liu, J. (2015). A facile spraying method for fabricating superhydrophobic leather coating. *Colloids Surf. APhysicochem. Eng. Asp.* (472), 21.

Manich, A. M., Barenys, J., Martínez, L. et al. (2016). Effect of fatliquoring and finishing on moisture absorption-desorption of leather. *Vlakna a textil (Fibres and Textiles)*, 23(3), 117–125.

Renate, M., & Heinz-Peter, G. (2007). The hydrophobing of chrome-free leather. *World Leather*, (8), 49–50.

Sánchez Navarro, M. M., Escoto Palacios, M. J., Arán Ais, F. et al. (2016). Leather functionalisation by means of MLSE technology. *J. AQEIC*, (67), 85.

Silva, V. F. M., Moncada, M., Crispim, A. et al. (2018). Studies on waterproofing wet-white leather. *Leather and Footwear Journal*, 18(2), 149–152. <https://doi.org/10.24264/lfj.18.2.10>

Silvestre, C. R., Blasco, M. P. C., López, S. R. et al. (2021). Hydrophobic Leather Coating for Footwear Applications by a Low-Pressure Plasma Polymerisation Process. *Polymers*, 13(20), 3549. <https://doi.org/10.3390/polym13203549>

Данилкович, А. Г. (2006). *Практикум з хімії і технології шкіри та хутра*. 2 вид., перероб. і доп. Фенікс.

Danylkovych, A. H. (2006). *Workshop on chemistry and technology of leather and fur: study guide*. 2nd ed. Feniks.

Данилкович, А. Г. (2016). *Основні матеріали і технології виробництва шкіри*. Фенікс.

Danylkovych, A. H. (2016). *Basic materials and technologies of leather production*. Feniks.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що не мають фінансових чи нефінансових конфліктів інтересів щодо цієї публікації; не мають відносин з державними органами, комерційними або некомерційними організаціями, які могли б бути зацікавлені у поданні цієї точки зору. З огляду на те, що двоє з авторів працюють в установі, яка є видавцем журналу, що може зумовити потенційний конфлікт або підозру в упередженості, остаточне рішення про публікацію цієї статті (включно з вибором рецензентів і редакторів) приймалося тими членами редколегії, які не пов'язані з цією установою.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Данилкович, А., Мережко, Н., & Михайлова, Г. (2025). Формування гідрофобних властивостей натуральних шкір. *Товарознавство. Технології. Інжиніринг*, 4(56), 21–31. [https://doi.org/10.31617/2.2025\(56\)02](https://doi.org/10.31617/2.2025(56)02)

Надійшла до редакції 07.10.2025.

Прийнято до друку 15.11.2025.

Публікація онлайн 16.12.2025.