

УДК 675.023

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗОЛІННЯ
ЗНАВОЛОШЕНОЇ СИРОВИНИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ**

В. І. ЛІЩУК

Київський національний університет технологій та дизайну

У статті розглянуто дослідження кінетики поглинання зольної рідини різними топографічними ділянками дерми. За допомогою сконструйованої термодифузійної установки розраховано коефіцієнти дифузії зольного розчину у дерму. У реальних технологічних умовах під час дії на голину значних механічних навантажень процес дифузії зольного розчину можна прискорити на 20–25 %

На основі дифузійної теорії масообміну [1] складено програму експериментальних досліджень процесу дифузії відмочувально-зольних розчинів у дерму та неволокнистих білків, інших неколагенових утворень із дерми у розчин. На першому етапі вона передбачає відбір по 6 шкур основного асортименту, а саме: виростка, бичка, бичини важкої, ялівки легкої і важкої мокро-соленого консервування. На другому етапі, після відмочування і механічного зневолошування відібраної сировини, – вирубку за допомогою різачка по 6 квадратів 100×100 мм із кожної ділянки отриманої голини: воротка, огузка, пол і пашин. Внаслідок кожного виду шкіри у експериментальних дослідженнях було представлено 144 зразками, а також 36 зразками з кожної ділянки певного виду шкіри. У процедурі відбору зразків було здійснено відповідно до мети дослідження – вивчення впливу топографічних ділянок різних видів шкур на процеси дифузії під час зоління отриманих зразків зі шкур мокро-соленого консервування. Після вирубки зразки зберігались у ексикаторі за заданою температурою 20 ± 2 °С і вологістю 80 ± 5 %.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є процес зоління шкур великої рогатої худоби, у процесі відмочування і зневолошування які були доведені до стану близького за обводненням до парного. Предметом дослідження є встановлення закономірностей поглинання зольного розчину різними структурними ділянками голини під час моделювання процесу зоління з використанням розробленої термодифузійної установки масообміну. При цьому концентрація реагентів технологічного розчину відповідає промисловій технології зоління [2].

Для цього було створено випробувальну термодифузійну установку масообміну (рис. 1) на основі аналітичних терезів ВЛА-200М. Принцип дії дослідної установки базується на реєстрації зміни маси зразка голини внаслідок обмінних дифузійних процесів «технологічний речовин у голину – неволокнисті структурні утворення з голини». Термодифузійна установка складається з аналітичних терезів 1, на основі яких замість однієї із чашок встановлений термостат 3 з регулятором температури 2. В середині термостата на термоізоляційних опорах 4 встановлено скляну ємкість 5 всередину якої заливається зольний розчин 6 і вміщується зразок 7 у підвішеному стані до коромисла аналітичних терезів. Для моделювання режимів перемішування зольної рідини використовується електрична мішалка 9, оберти якої регулюються. Температура зольного розчину під час випробування контролюється термометром 8 з ціною поділки $0,2$ °С. Комплект гирок вагових 11 (Г-4211,10 «ГОСТ 7328-82») слугує для попереднього зважування зразків після ретельного видалення поверхневої вологи фільтрувальним папером.

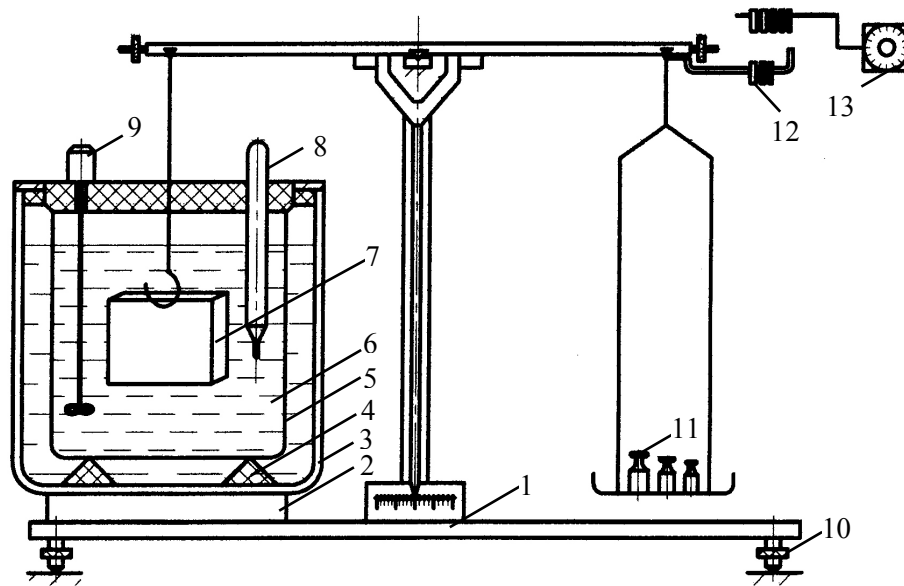


Рис. 1. Термодифузійна установка масообміну

Зразок 7 закріплюється спеціальним затискачем, який встановлено на коромислі аналітичних терезів 1 та опускається у скляну ємкість 5, що знаходиться у термостаті, температура якого відповідає температурі зольного розчину. Після зважування зразка 7 з точністю до $0,001 \cdot 10^{-3}$ кг у посуд заливається зольний розчин заданої концентрації і температури. Після цього аналітичні терези урівноважуються. Під час дослідження зміна маси зразка контролюється з періодичністю 1 год за допомогою механізму точного зважування 13, який використовуючи калібрувальні міри 12 урівноважує терези.

У випадку занурювання квадратних зразків у ємкість із зольним розчином об'ємом 3 л рідинний коефіцієнт G_v при масі зразка $V_0 = (15 \dots 60) \cdot 10^{-3}$ кг збільшиться до $G_v = (0,5 \dots 2,0) \cdot 10^2$ л/кг відповідно до такого рівняння :

$$\operatorname{tg} \beta_n = -G_v \beta_n \quad (1)$$

та перетворює таке рівняння

$$\beta_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) \pi \quad \text{при } G_v \rightarrow \infty.$$

Тоді рівняння матиме такий вид:

$$M(t) = M_\infty \left[1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2G_v(1+G_v)}{1+G_v+(G_v \cdot \beta_n)^2} \exp \left(-\frac{\beta_n \cdot D_1 \cdot t}{\left(\frac{H}{2} \right)^2} \right) \right]$$

та з урахуванням рівняння 1 перетвориться у таке рівняння:

$$M(t) = M_\infty \left\{ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_1 t}{(H)^2} \right] \right\} \quad (2)$$

Коефіцієнти дифузії визначаються шляхом встановлення зміни маси зразка за рахунок дифузії зольного розчину у зразок за певні проміжки часу.

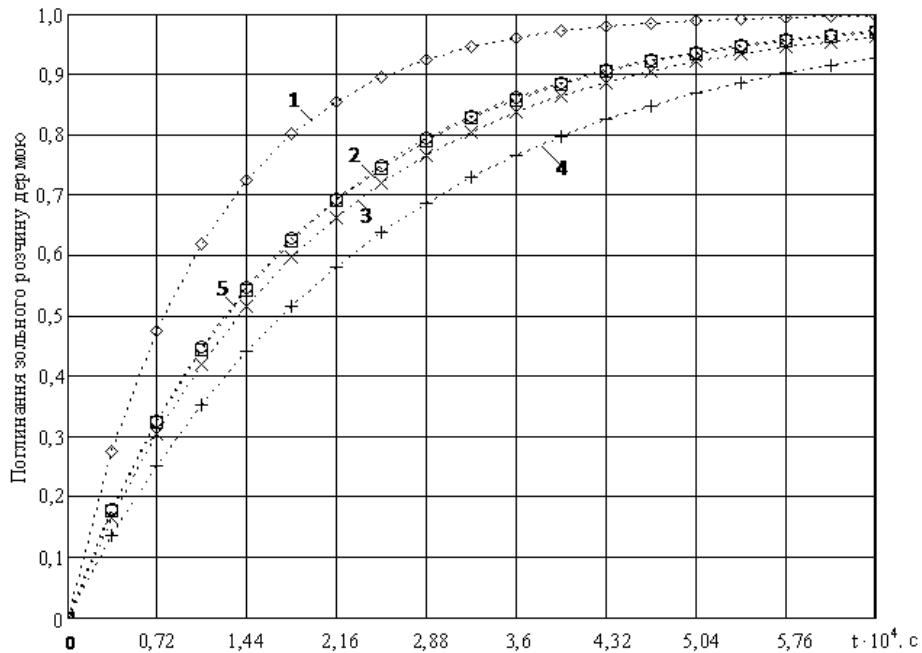


Рис. 2. Криві відносного поглинання зольного розчину топографічними ділянками бичини важкої: 1 – пашина; 2 – пола; 3 – вороток; 4 – огузок; 5 – середнє за всіма ділянками

Розрахунок коефіцієнтів дифузії безпосередньо за формулою (2) складний через складність експериментального визначення M_∞ . Для цього необхідно проводити експерименти кілька місяців, а іноді і кілька років [1]. Беремо до уваги, що весь процес дифузії зольного розчину у дерму відбувається у часі постійно зі зростанням маси $M(t)$ і обмежуємося першим наближенням розкладання (2), що дає відносну похибку $\varepsilon \leq 1,7\%$, отримуємо такий вираз:

$$1 - \frac{M(t)}{M_\infty} = \frac{8}{9\pi^2} \exp\left[-\frac{\pi^2 D \cdot t}{H^2}\right] \tag{3}$$

Логарифмуємо рівняння 3 та використовуємо цілком елементарні математичні перетворення та отримуємо таке рівняння для визначення коефіцієнту дифузії D_j на j -му інтервалі під час експериментального i -го вимірювання маси зразка M_i на початку j -го інтервалу та $(i+1)$ вимірювання маси зразка в кінці j -го інтервалу

$$D_j = \frac{H^2}{\pi^2 t_j} \ln \left[\frac{M_{i+1}}{(M_{i+1} - M_i)} \right], \tag{4}$$

де D_j – експериментальне значення коефіцієнта дифузії на j -му інтервалі кривої поглинання зразком голини зольного розчину, m^2/s ; H – середнє значення товщини зразка, яке було виміряне у 10 точках по всій площі зразка, м; t_j – тривалість інтервалу між двома послідовними вимірюваннями маси зразка, який було занурено у зольний розчин, с; M_i – масу зразка було виміряно у початковій точці (точка i) j -го інтервалу визначення інтервалу коефіцієнта дифузії, кг; M_{i+1} – масу зразка виміряно у кінцевій точці (точка $i+1$) j -го інтервалу визначення коефіцієнта дифузії, кг.

Рівняння (1.4) описує двоточковий метод вимірювання коефіцієнта дифузії, але як показали експериментальні дослідження більш стабільні результати у вимірюванні коефіцієнта дифузії отримуються, коли вимірювання проводяться у трьох точках кривої поглинання зразком голини зольного розчину. Тоді рівняння 3 після перетворення матиме такий вид:

$$D_i = \frac{H^2}{\pi^2 (t_{i+1} - t_i)} \ln \left[\frac{M_i - M_{i+1}}{(M_{i+1} - M_i)} \right], \quad (5)$$

де D_i – значення коефіцієнта дифузії у точці кінця інтервалу j і початку інтервалу $j+1$, тобто у точці виміру i , м²/с; $t_{i+1} - t_i$ – інтервал часу між третім і другим вимірами маси зразка, при цьому обов'язково має виконуватись умова $(t_i - t_{i-1}) = (t_{i+1} - t_i)$; M_{i-1} , M_i , M_{i+1} – маси зразка при першому, другому та третьому вимірах, кг.

Постановка завдання

Метою роботи є дослідження кінетики дифузії технологічного розчину у різних топографічних ділянках шкур під час зоління попередньо зневолошеної сировини.

Результати та їх обговорення

Внаслідок проведених досліджень встановлено, що найшвидший процес дифузії складових технологічного розчину у структуру зневолошеної дерми спостерігається у найпухкіших топографічних ділянках – пашинах (рис. 2), а найменша швидкість процесу дифузії – у самих щільних ділянках, до яких належить огузок. При цьому процес безперервного поглинання зольного розчину у першому випадку досягає 50 % через 2 год, а у другому – лише через 5 год. Причому дифузія технологічного розчину продовжує активно зростати в пашинах і за 5 год досягає 80 %. Проміжне положення за швидкістю дифузії займають топографічні ділянки ворота і пол. У подальшому процес дифузії зольного розчину помітно уповільнюється у самій щільній ділянці шкіри і досягає 85 % через 13 год. У цей же час крива дифузії зольного розчину в пашинах досягає майже рівноважного стану, що складає не менше 98 %.

Таким чином процес поглинання компонентів зольного розчину дермою шкур великої рогатої худоби проходить нерівномірно у різних топографічних ділянках. Цей процес значно переважає зворотну дифузію неволокнутих білків та інших неколагенових утворень у технологічний розчин, що спонукає набубнявлення голини. Це свідчить про необхідність оптимізації процесу зоління. У випадку надмірної бубняви і, відповідно, надмірного видалення неколагенових компонентів, можливе відшарування сосочкового шару дерми від сітчастого. У зв'язку з цим виникає потреба контролю тривалості процесу зоління з урахуванням особливостей кінетики дифузії, саме у найчутливіших ділянках з максимальною поглинальною ємністю.

Розраховані коефіцієнти дифузії за рівнянням 5 наведені на рис. 3. Отримані дані добре корелюють з кінетичними залежностями наведеними на рис. 2. Як і в попередньому випадку найменший коефіцієнт дифузії стосується ділянки з найбільшою щільністю структури і, відповідно, найменшою поглинальною здатністю зольного розчину. При цьому коефіцієнт дифузії підвищується до 4,6 м/с. Необхідно відзначити, що найбільша неоднорідність значень коефіцієнта дифузії виявлена у найменш щільних ділянках. Найбільш однорідними за щільністю є топографічні ділянки огузка. Це підтверджує найбільшу схильність пашин до поглинання ними зольного розчину.

Висновки

1. Досліджено кінетику процесу поглинання зольного розчину різними топографічними ділянками дерми і встановлено максимальну неоднорідність у найменш щільних ділянках – пашинах.

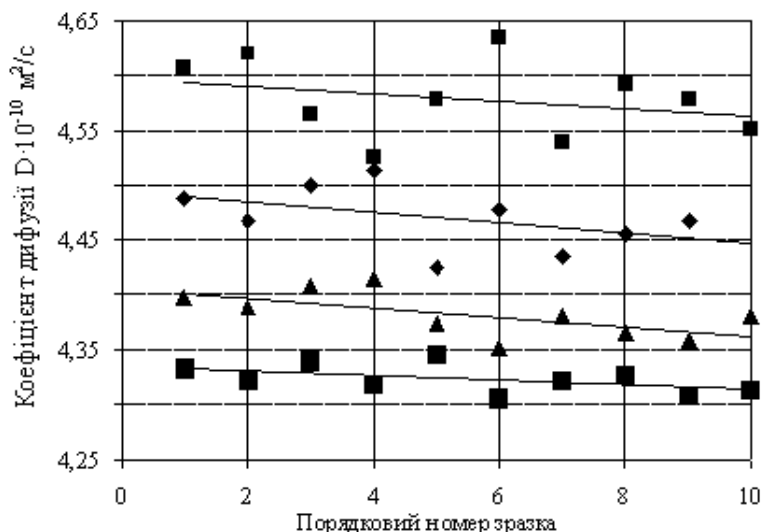


Рис. 3 Розподіл експериментальних значень коефіцієнта дифузії за топографічними ділянками бичини важкої:

1 – пашина; 2 – поля; 3 – вороток; 4 – огузок

2. Запропоновано експериментальний метод визначення коефіцієнтів дифузії зольного розчину у дерму та експериментально доведена його відповідність.

3. На основі одержаної математичної залежності коефіцієнта дифузії від параметрів зразків різних топографічних ділянок і експериментальних даних, отриманих за допомогою термодифузійної установки розраховано коефіцієнти дифузії зольного розчину у дерму шкіри хромового дублення.

4. На основі аналізу кінетики поглинання зольного розчину різними топографічними ділянками у реальному технологічному процесі під час дії на шкіри значних механічних навантажень, які значно прискорюють процес дифузії технологічного розчину, у тому числі й у найщільніших топографічних ділянках, і виходячи з кінетики його дифузії у пухкі ділянки, можна прогнозувати скорочення тривалості технологічної обробки на 20–25 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ліщук В. І., Кострицький В. В., Данилкович А. Г. Дифузійна теорія масообміну у виробництві шкіри. Моделювання процесу зоління шкіряної сировини . К.: Вісник КНУТД. – 2010. – № 1. – с.201–209.
2. Данилкович А. Г., Мокроусова О. Р., Охмат О.А. Технологія і матеріали виробництва шкіри. – К. : Фенікс, – 2009. – 578 с.
3. Ликов А. В., Михайлов Ю. Н. Теория тепло- и массопереноса . – М.–Л. : Госэнергоиздат, –1963. – 535 с.

Надійшла 17.05.2010