

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ОСПЧУК ВЛАДИСЛАВ АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 636.2.034:636.2.083

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВОСКОВОЇ
СИРОВИНИ НА ПРИСАДИБНІЙ ПАСІЦІ**

204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Владислав ОСПЧУК

Керівник роботи:
Ольга ЛІСОГУРСЬКА,
кандидат с.-г. наук, доцент

Житомир – 2025

Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

за результатами попереднього захисту:

Протокол засідання кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури № ____
від « ____ » _____ 2025 р.

В. о. завідувача кафедри біоресурсів,
тваринництва та аквакультури _____ Діна ЛІСОГУРСЬКА

« ____ » _____ 2025 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Владислав ОСІПЧУК** захистив кваліфікаційну роботу
з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

Тетяна ПОПАДЮК

АНОТАЦІЯ

Осіпчук В.А. Удосконалення технології переробки воскової сировини на присадибній пасіці. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У роботі розглянуто технологічні особливості переробки воскової сировини на присадибній пасіці, розташованій у селі Стара Котельня Житомирського району. Досліджено ефективність двох основних методів – парового та сонячного витоплювання. Проведено порівняльний аналіз виходу продукції, її якісних показників, а також економічної доцільності використання відповідного обладнання залежно від сорту сировини. Встановлено, що оптимізація процесів переробки з урахуванням сортування сировини сприяє підвищенню якості воску, зниженню втрат і підвищенню рентабельності виробництва на рівні індивідуального господарства.

Ключові слова: воскосировина, технологія переробки, парова воскотопка, сонячна воскотопка, якість продукції.

ANNOTATION

Osipchuk V.A. Improving the technology of processing wax raw materials in a homestead apiary. – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree 204 – Technology of Producing and Processing Livestock Products. – Polissia National University, 2025.

The paper examines the technological features of wax raw material processing in a homestead apiary located in the village of Stara Kotelnya, Zhytomyr district. The effectiveness of two main methods – steam and solar heating – was investigated. A comparative analysis of the product yield, its quality indicators, as well as the economic feasibility of using appropriate equipment depending on the raw material grade was conducted. It was established that optimization of processing processes taking into account raw material sorting contributes to improving the quality of wax, reducing losses and increasing the profitability of production at the level of an individual farm.

Keywords: wax raw material, processing technology, steam wax furnace, solar wax furnace, product quality.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Бджолиний віск – продукт біологічного походження.	7
1.2. Класифікація воскової сировини	9
1.3. Показники якості бджолиного воску	11
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ	15
 ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Місце та умови проведення досліджень.....	15
2.2. Матеріал та методика проведення досліджень.....	17
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
3.1. Оцінка ефективності удосконаленої технології	22
переробки воскової сировини.....	
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38

ВСТУП

Бджолиний віск є одним із найважливіших продуктів бджільництва, який поряд із медом, прополісом і маточним молочком відіграє значну роль як у самій життєдіяльності бджолої сім'ї, так і в господарській діяльності людини [4]. Завдяки унікальному складу, пластичності, антисептичним властивостям та здатності до багаторазового використання, бджолиний віск знаходить широке застосування не лише у бджільництві, а й у косметичній, медичній, харчовій, електротехнічній, поліграфічній промисловості [12].

Переробка воскової сировини – це технологічно складний і відповідальний етап, від якого значною мірою залежить якість одержаного воску, його фізико-хімічні показники та можливість подальшого використання у вигляді вощини або товарної продукції. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах присадибних пасік, де технічне оснащення обмежене, а впровадження малозатратних, але ефективних технологій є вирішальним фактором сталості та рентабельності пасічного господарства [16].

Серед існуючих способів переробки воскової сировини найпоширенішими є парові та сонячні воскотопки, а також пресування. У кожного з цих методів є свої переваги й недоліки, які потрібно враховувати при виборі оптимальної технології для конкретного господарства з урахуванням обсягів сировини, кліматичних умов, наявних ресурсів та сорту воскової сировини [18].

Низький рівень механізації та стандартизації технологічних процесів на дрібних пасіках обумовлює потребу в науковому обґрунтуванні ефективних підходів до переробки сировини з метою зменшення втрат, покращення якості кінцевого продукту та підвищення економічної доцільності ведення бджолярства [22].

Тому ми поставили перед собою мету удосконалити технологічні підходи до переробки воскової сировини на присадибній пасіці шляхом

порівняння методів витоплювання та аналізу отриманих показників якості і виходу воску.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1. здійснити відбір по п'ять зразків воскової сировини першого, другого та третього сортів, а також зразка суміші другого та третього сортів наприкінці медозбору на присадибній пасіці;
2. провести переробку зразків: сировину першого сорту перетопити за допомогою сонячної воскотопки, а сировину другого, третього сортів та їхню суміш – за допомогою парової воскотопки;
3. визначити вихід воску з кожного виду сировини відповідно до застосованого способу переробки;
4. провести оцінку якості отриманого воску за такими показниками: вміст води, наявність механічних домішок, ефірне та йодне числа, температура плавлення і твердість;
5. на основі отриманих результатів здійснити розрахунок економічної доцільності застосування кожного з досліджуваних способів переробки.

Об'єкт дослідження – воскова сировина і бджолиний віск.

Предмет дослідження – вплив технологічних способів первинної переробки воскової сировини на вихід і якісні показники бджолиного воску.

Основні положення кваліфікаційної роботи викладені у двох тезах, які опубліковані у збірнику наукових праць IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва», 12 грудня 2024 р., м. Житомир.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Бджолиний віск – продукт біологічного походження

Бджолиний віск – це один із найцінніших продуктів, що виробляється бджолами, поряд із медом, пергою, маточним молочком та прополісом. Він виконує не лише конструктивну роль у гнізді, а й відіграє важливу функціональну й біологічну роль у підтриманні життєдіяльності бджолої сім'ї. Завдяки своїм хімічним, фізичним і технологічним властивостям бджолиний віск широко використовується в народному господарстві, медицині, харчовій, косметичній, текстильній та інших галузях промисловості [1].

Бджолиний віск має природне походження – він виділяється спеціальними восковими залозами робочих бджіл віком від 12 до 18 діб. У цей період залози мають найвищу секреторну активність, утворюючи воскові пластинки, які бджоли використовують для побудови стільників [13]. Для утворення одного грама воску бджола повинна спожити близько 3,5–4,0 г меду або іншого вуглеводного корму, що свідчить про надзвичайно високу енергетичну вартість цього продукту. З огляду на це, раціональне використання та переробка воскової сировини є важливою складовою ефективного пасічного господарства [9].

Фізико-хімічні властивості бджолиного воску забезпечують йому універсальність у застосуванні. Віск є твердою, але пластичною речовиною жовтого або світло-коричневого кольору з характерним медовим запахом. Його температура плавлення становить у межах 62–65 °С, що дає змогу легко перетоплювати його навіть за низької витрати енергії. Віск практично нерозчинний у воді, але добре розчиняється в ефірі, хлороформі, бензині та інших органічних розчинниках. Основними компонентами бджолиного воску є складні ефіри (70–75 %), вільні жирні кислоти, насичені вуглеводні (до 15 %),

ароматичні речовини, пігменти, прополіс, ферменти, механічні домішки. Співвідношення компонентів може варіювати залежно від кормової бази, породи бджіл, кліматичних умов, віку сировини, умов зберігання [23, 26].

Біологічне значення воску для бджіл полягає у створенні герметичного середовища для вирощування розплоду та зберігання меду й перги. Стільники, побудовані з воску, забезпечують терморегуляцію у вулику, беруть участь у мікрокліматичному балансі бджолиної сім'ї. Крім того, віск є природним захисним бар'єром, завдяки наявності антимікробних компонентів, зокрема прополісу та флавоноїдів [25].

У сільському господарстві та промисловості бджолиний віск відіграє не менш важливу роль. Він використовується для виготовлення вощини, яка є основним інструментом у формуванні правильного гнізда та забезпеченні енергоощадності при будівництві нових стільників. У харчовій промисловості бджолиний віск застосовується як покривна речовина для плодів, як добавка у жувальні гумки, глазури, а також як емульгатор у кондитерських виробках. У медицині він слугує основою для мазей, кремів, бальзамів, у стоматології – для формувальних мас. У косметології віск цінується за пом'якшувальні та бактерицидні властивості. Крім того, бджолиний віск є складовою фармакологічних форм, що призначені для лікування дерматологічних, суглобових і респіраторних захворювань [29, 40].

Із технологічної точки зору, важливим є розподіл воскової сировини на сорти: I сорт (світлий, з чистого забрусу), II сорт (з суші без розплоду), III сорт (темна суш, стара з осередками виведеного розплоду). Залежно від сорту змінюються показники кольору, пластичності, домішок і хімічного складу. Переробка сировини кожного сорту потребує індивідуального підходу для збереження якості кінцевого продукту [35, 38].

У процесі переробки важливо контролювати такі показники, як вихід воску (у відсотках до маси сировини), вміст механічних домішок, ефірне число (вміст складних ефірів), кислотне число (вміст вільних кислот), йодне число (рівень ненасичених сполук), температуру плавлення та твердість. Ці

параметри визначаються нормативними документами і слугують критерієм придатності воску для виготовлення вощини чи інших виробів [2, 6].

З огляду на постійне зростання попиту на натуральні продукти та тенденції до екологізації виробництва, бджолиний віск дедалі більше цінується як біологічно чиста, безпечна та універсальна сировина. Це створює передумови для розвитку технологій переробки воскової сировини як у промислових масштабах, так і на рівні індивідуальних пасік. Водночас, на присадибних пасіках часто спостерігається низький рівень механізації цього процесу, що обумовлює підвищені втрати воску, недостатнє очищення та відхилення від нормативів якості. Саме тому оптимізація способів переробки, з урахуванням біологічної природи воску, залишається актуальним завданням у сфері бджільництва [3, 8].

Застосування сонячних і парових воскотопок, а також пошук нових методів переробки з мінімальними енерговитратами і максимальним збереженням біологічної активності продукту, є предметом численних досліджень. Інтеграція традиційного досвіду пасічників з науковими підходами дозволяє підвищити якість воскової продукції та забезпечити її відповідність сучасним вимогам ринку [10].

Таким чином, бджолиний віск як продукт біологічного походження поєднує в собі високу цінність для бджолої сім'ї, людинозалежні параметри якості й широкі можливості застосування. Його переробка є не лише технологічним процесом, а й ланкою між природними ресурсами та потребами споживача, що потребує грамотного науково-практичного підходу на кожному етапі [7].

1.2. Класифікація воскової сировини

Воскова сировина є вторинним, але надзвичайно важливим продуктом бджільництва, який утворюється в процесі життєдіяльності бджолої сім'ї та діяльності пасічника. Саме з воскової сировини отримують бджолиний віск –

природну речовину, що має надзвичайно широке застосування у харчовій, косметичній, фармацевтичній, текстильній та інших галузях. Разом із тим, віск відіграє першочергову роль у самому бджільництві – з нього будуються стільники, основу гнізда, на якому зберігається мед, перга, вирощується розплід і функціонує бджолина сім'я [5].

Сировина, з якої отримується віск, є неоднорідною за своїм походженням, складом, вмістом домішок, структурою й кольором. Для забезпечення ефективної переробки та отримання якісного воску необхідна її чітка систематизація. Класифікація воскової сировини дозволяє: вибрати відповідну технологію витоплювання; оцінити економічну доцільність її переробки; прогнозувати якість отриманого воску; підвищити рентабельність пасіки в цілому [15].

У практиці бджільництва використовуються декілька підходів до класифікації воскової сировини. За походженням її поділяють на первинну (пасічну) та вторинну (промислову, після переробки). За сортністю виділяють I сорт (забрусна сировина), II сорт (суш без розплоду), III сорт (стара суш із розплодом). За фізичним станом розрізняють тверду (суху або вологовмісну), розм'якшену (змочену, розпарену) та розплавлену (у рідкому стані після витоплювання). За стадією обробки – сиру (неперероблену), оброблену (після термічної обробки) та відходи (залишки після витоплення) [19].

Найбільш поширеною є класифікація за сортами, яка ґрунтується на походженні, кольорі, структурі, вмісті домішок і решток розплоду. Сировина I сорту (забрус) утворюється шляхом зрізання кришечок із комірок перед відкачуванням меду. Вона має світло-жовтий або золотистий колір, приємний аромат, м'яку консистенцію й мінімальну кількість домішок. Вихід воску з такої сировини може сягати 60 %, а отриманий віск характеризується високою якістю й придатністю для виготовлення вощини, косметичних і медичних засобів [24].

Сировина II сорту охоплює стільники, які використовувалися для зберігання меду чи перги, але в яких не виводився розплід. Вона має світло-

коричневий або сіруватий колір, містить залишки корму, пилку, прополісу. Вихід воску становить 40–50 %, потребує додаткової фільтрації. Якість воску з такої сировини нижча, ніж із забрусу, але він придатний для виготовлення вощини [27].

Сировина III сорту – найзабрудненіша. Це стара суш, у якій багаторазово виводився розплід. Вона має темно-коричневий або чорний колір, щільну структуру, багато коконів, хітинових оболонок, залишків екскрементів, спор грибів. Вихід воску низький (30–35 %), він непридатний для виготовлення вощини та використовується в технічних цілях [34].

Також існують суміші II та III сортів, які мають нестабільні показники якості, потребують сортування та попереднього очищення. Серед інших видів сировини слід відзначити опалений забрус, підморозивний віск (з дна вулика), дезінфіковану сировину (після хвороб), що не використовується для вощини [32].

Під час класифікації враховують колір, запах, механічну чистоту, прозорість, термін зберігання. Стандартизація класифікації спирається на вимоги ДСТУ 4221:2003, де наведено фізико-хімічні показники, якісні й кількісні критерії оцінки сировини. До таких належать ефірне, кислотне, йодне число, температура плавлення, вміст механічних домішок і води [11].

Рациональне сортування воскової сировини дозволяє підвищити якість воску, знизити витрати на очищення, уникнути втрат при переробці. Воно необхідне для контролю якості та рентабельності виробництва, дотримання вимог державних і міжнародних стандартів. Таким чином, класифікація воскової сировини є фундаментальною ланкою технологічного процесу, що визначає ефективність усієї системи переробки воску на пасіці [21].

1.3. Показники якості бджолиного воску

Бджолиний віск є унікальним продуктом біологічного походження, який виробляється восковими залозами робочих бджіл. Він відіграє ключову роль у

життєдіяльності бджолої сім'ї, формуючи матеріальну основу гнізда, забезпечуючи збереження кормових запасів, розвиток розплоду та здійснення багатьох інших функцій. У господарстві людини бджолиний віск має велике значення як цінна сировина для виробництва вощини, косметичних засобів, медичних препаратів, харчової продукції та різноманітних технічних виробів. Саме тому питання якості воску є надзвичайно актуальним, а його стандартизація і контроль вимагають чітко визначених показників [37].

Якість бджолиного воску визначається сукупністю фізичних, хімічних, органолептичних і мікробіологічних властивостей, які регламентуються державними та міжнародними стандартами. В Україні основним нормативним документом, що визначає вимоги до воску, є ДСТУ 4221:2003 "Віск бджолиний. Технічні умови" [11, 36].

Серед фізико-хімічних показників якості бджолиного воску найважливішими є такі: вміст механічних домішок, вміст води, ефірне число, кислотне число, йодне число, температура плавлення, твердість, колір, запах та наявність сторонніх домішок, таких як парафін, стеарин, жири або смоли. Кожен із цих параметрів є критично важливим для визначення придатності воску до подальшого використання, зокрема для виготовлення вощини [39].

Один із найперших показників, який оцінюється при прийманні сировини, – це вміст механічних домішок. До таких домішок належать залишки коконів, частинки деревини, пил, залишки перги або меду, а також інші неорганічні чи органічні включення. Відповідно до ДСТУ 4221:2003, вміст механічних домішок у воску не повинен перевищувати 0,5 %. Їх наявність знижує товарну цінність продукції, ускладнює технологічний процес та погіршує властивості вощини [11, 33].

Наступним важливим показником є вміст води. Теоретично, чистий бджолиний віск не повинен містити води, але у практиці допускається її незначна кількість – не більше 0,5 %. Підвищений вміст води може бути ознакою порушення умов зберігання, що сприяє розвитку мікрофлори та зменшує термін придатності продукту [11, 30].

Температура плавлення є ключовим показником, що дозволяє ідентифікувати справжній віск та виявити фальсифікацію. У якісного воску температура плавлення становить 61–65 °С. При додаванні парафіну, стеарину або інших домішок цей показник змінюється. Віск з надмірною кількістю домішок плавиться при нижчій температурі, що є неприйнятним для виготовлення якісної вощини [31].

Ефірне число визначає кількість ефірних масел і летких речовин, що містяться у воску. Для натурального воску цей показник має бути не менше 80 мг КОН/г. Воно свідчить про ступінь складноефірного зв'язування жирних кислот у складі воску. Зниження ефірного числа вказує на старіння або фальсифікацію воску жирами [28].

Кислотне число характеризує кількість вільних жирних кислот, які містяться у воску, і вимірюється в міліграмах КОН, необхідних для нейтралізації кислот, що містяться в 1 г продукту. Для бджолиного воску нормальним вважається значення від 17 до 24 мг КОН/г. Занадто високе кислотне число свідчить про псування воску або домішки органічного походження, що не властиві натуральному воску [17].

Йодне число визначає ступінь ненасиченості жирних кислот. У якісному воску воно коливається в межах 8–11. Зниження або підвищення цього показника також вказує на фальсифікацію або значне окислення продукту [14].

Твердість воску пов'язана з вмістом вуглеводнів та ефірів. Вимірюється в умовних одиницях – чим вище значення, тим твердіший віск. Від цього показника залежить придатність воску до формування листів вощини, адже надмірно м'який або крихкий віск ускладнює технологічний процес [20].

Органолептичні показники – колір, запах, структура – є не менш важливими. Натуральний бджолиний віск має світло-жовтий до бурштинового кольору, запах – приємний, з медовим або прополісовим відтінком. Якщо запах різко виражений, з нотками гнилизни, плісняви або хімічних речовин – це ознака псування або фальсифікації [11].

Наявність домішок синтетичних речовин, таких як парафін або стеарин, є серйозним порушенням стандарту. Визначити такі домішки можна за допомогою хімічного аналізу або за допомогою мікроскопії (візуалізація структури кристалів), а також аналізу температури плавлення. Крім того, зменшене ефірне та йодне число, підвищена ламкість і неприродний блиск воску також свідчать про підробку [32].

Відповідно до ДСТУ 4221:2003, існує три сорти бджолиного воску: вищий, перший і другий. Віск вищого сорту повинен бути без домішок, мати світлий колір, відмінні фізико-хімічні показники та повну відповідність вимогам стандарту. Віск першого сорту може мати незначні відхилення в кольорі або запаху, тоді як другий сорт допускає більші відхилення, але все ще залишається придатним для технічних або господарських цілей [11].

Для забезпечення контролю якості в умовах пасіки використовують як лабораторні методи (титрування, температурний аналіз, спектроскопія), так і експрес-методи: тест на плавлення, проба на запах і колір, проба з розчиненням у лужному середовищі. У разі промислової переробки контроль здійснюється в акредитованих лабораторіях [36].

Таким чином, якість бджолиного воску є комплексною характеристикою, що залежить від низки параметрів. Для забезпечення належного рівня якості необхідно дотримуватися вимог до сортування сировини, переробки, очищення, зберігання і транспортування. Віск, що відповідає державним стандартам, є гарантією високої ефективності виробництва вощини, довговічності продукції, безпеки використання в медичних і харчових цілях та конкурентоспроможності на внутрішньому й міжнародному ринку [38].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень

Дослідження проводилися на базі присадибної пасіки, розташованої в селі Стара Котельня Житомирського району Житомирської області (рис. 1, 2). Це мальовниче село знаходиться у центральній частині Полісся, яке характеризується сприятливими умовами для розвитку бджільництва: наявністю великої кількості медоносної рослинності, зручною транспортною інфраструктурою та віддаленістю від великих промислових об'єктів.

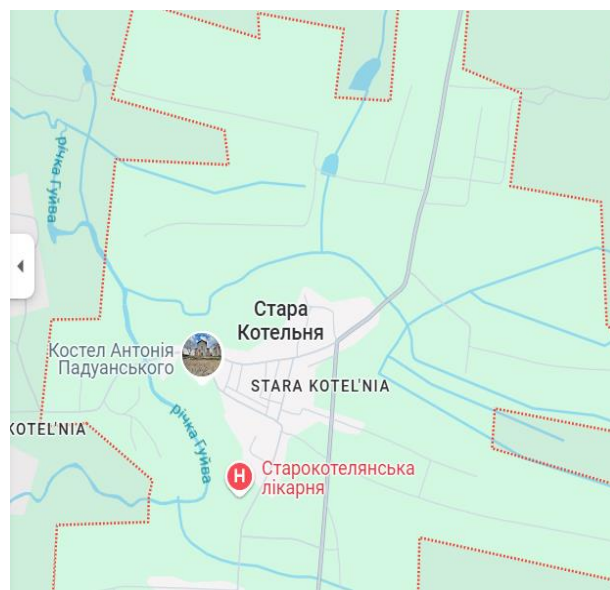


Рис. 1-2. Географічне розташування с. Стара Котельня

Присадибна пасіка (рис. 3) функціонує як сімейне господарство з багаторічною традицією пасічницької справи, що передається з покоління в покоління. Господарство спеціалізується на виробництві натурального меду, перги, воску, прополісу та інших бджолопродуктів. Особливу увагу приділено переробці воскової сировини – одному з найважливіших напрямів діяльності

пасіки. В умовах підвищених вимог до якості вощини та чистоти воску вдосконалення технологічних процесів набуває особливої актуальності.



Рис. 3. Присадибна пасіка в с. Стара Котельня

Територія присадибної пасіки займає площу близько 0,5 га та розміщена на околиці села, поблизу лісосмуги. Пасіка огорожена дерев'яним парканом заввишки 2 метри, що забезпечує безпеку як для бджолиних сімей, так і для місцевих жителів. На території облаштовані вулики, складські приміщення для зберігання сировини, майстерня, де встановлено обладнання для переробки воску, а також тимчасові укриття для відкачки меду.

Кліматичні умови регіону належать до помірно-континентального типу. Середньорічна температура становить $+8,2^{\circ}\text{C}$. Улітку повітря прогрівається до $+19...+22^{\circ}\text{C}$, а взимку температура опускається до $-5...-7^{\circ}\text{C}$. Середньорічна кількість опадів коливається в межах 550–600 мм. Погодні умови сприятливі для вирощування медоносів та забезпечення тривалого медозбору. Ґрунти – дерново-підзолисті, супіщані, з помірною вологістю, що

добре підходить для вирощування багаторічних квітучих культур і деревних медоносів.

Особливістю даної пасіки є те, що всі етапи переробки воску проводяться в одному господарстві – від збирання та очищення до формування зливків і виготовлення вощини. Це дозволяє забезпечити повний контроль якості на кожному етапі виробництва.

Крім того, на базі пасіки створено умови для аналітичного контролю показників воскової сировини (вологість, температура плавлення, наявність механічних домішок, вміст забруднень), що дозволяє об'єктивно оцінювати результати технологічних процесів. Частина досліджень проводилася у співпраці з кафедрою біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліського національного університету, де було здійснено лабораторні аналізи відібраних зразків.

2.2. Матеріали та методика проведення досліджень

Дослідження за темою кваліфікаційної роботи проведено за розробленою схемою (рис. 4) на базі присадибної пасіки, що знаходиться в селі Стара Котельня Житомирського району Житомирської області.

Мета проведених досліджень – удосконалити технологічні підходи до переробки воскової сировини на присадибній пасіці шляхом порівняння методів витоплювання та аналізу отриманих показників якості і виходу воску.

Об'єкт дослідження – воскова сировина і бджолиний віск.

Предмет дослідження – вплив технологічних способів первинної переробки воскової сировини на вихід і якісні показники бджолиного воску.

Дослідження, спрямоване на удосконалення технології переробки воскової сировини, є актуальним та має вагоме практичне значення для розвитку галузі бджільництва в умовах малого сімейного господарювання. У даній кваліфікаційній роботі буде здійснено аналіз існуючих технологічних підходів до переробки воску, а також розроблено пропозиції щодо їх оптимізації на прикладі присадибної пасіки, що функціонує в селі Стара

Котельня Житомирського району.

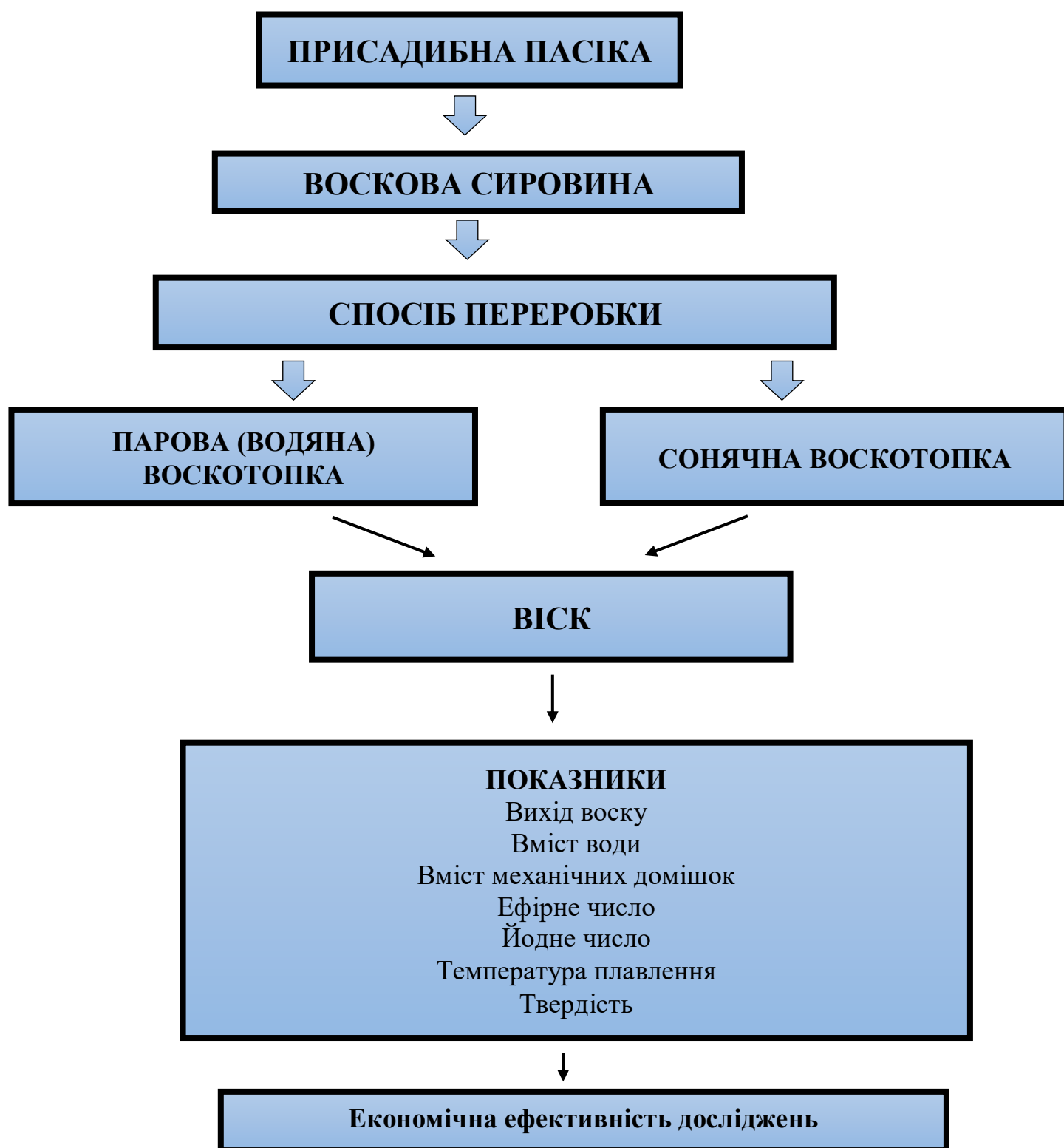


Рис. 4. Схема дослідження

Завдання дослідження:

1. здійснити відбір по п'ять зразків воскової сировини першого, другого та третього сортів, а також зразка суміші другого та третього сортів наприкінці медозбору на присадибній пасіці;
2. провести переробку зразків: сировину першого сорту перетопити за допомогою сонячної воскотопки, а сировину другого, третього сортів та їхню суміш – за допомогою парової воскотопки;
3. визначити вихід воску з кожного виду сировини відповідно до застосованого способу переробки;
4. провести оцінку якості отриманого воску за такими показниками: вміст води, наявність механічних домішок, ефірне та йодне числа, температура плавлення і твердість;
5. на основі отриманих результатів здійснити розрахунок економічної доцільності застосування кожного з досліджуваних способів переробки.

Наприкінці медоносного сезону на пасіці було відібрано по п'ять зразків воскової сировини, класифікованої за якістю на три сорти: вищий (перший сорт), середній (другий сорт) та низький (третій сорт), а також зразок змішаної сировини, утвореної з компонентів другого та третього сортів. Зразки вищої якості переробляли із використанням сонячної воскотопки, тоді як сировину середньої, низької якості та змішану – у паровій воскотопці. Для кожного типу сировини визначали вихід воску залежно від застосованого способу переробки. У відібраних зразках воску оцінювали основні якісні показники: вміст вологи, кількість механічних домішок, ефірне та йодне числа, температуру плавлення і твердість. На підставі отриманих результатів було проведено аналіз економічної ефективності застосованих технологічних варіантів.

Воскову сировину відбирали відповідно до загальноприйнятої класифікації за якістю стільників.

До першої категорії належали світлі стільники білого або жовтого кольору, які добре просвічуються, не містять залишків меду чи перги, та не мають слідів забруднення.

Другу категорію становили сухі темно-коричневі та темні стільники, що зберігають здатність до просвічування і не містять залишків меду й перги, а також світлі стільники із вмістом перги не більше 15%.

Третя категорія включала сухі темно-бурі та чорні стільники, які не просвічуються, не уражені восковою міллю чи пліснявою, не містять залишків меду, а також світлі стільники зі значною кількістю перги.

Вміст вологи є важливим показником якості бджолиного воску, оскільки надмірна кількість води може призводити до зниження його термічної стабільності, погіршення фізико-хімічних властивостей, а також до утворення дефектів під час виготовлення вощини. Для визначення вмісту води у зразку воскової сировини проводили лабораторне зважування. Спочатку зважували чисту фарфорову чашку, після чого в неї поміщали 5–10 г подрібненого воску. Чашку з воском нагрівали на водяній бані до повного розплавлення та прозорості воску, що свідчило про завершення процесу виділення вологи. Після охолодження зразок знову зважували. Різниця між масою воску до і після нагрівання дозволяла розрахувати кількість втраченої вологи, тобто визначити масову частку води у воску. Такий метод є простим і ефективним для попередньої оцінки вологості.

Для визначення вмісту механічних домішок у зразках воску проводили його розчинення у бензині, використовуючи співвідношення 1:10 (віск:бензин) за об'ємом. Суміш нагрівали на водяній бані до повного розчинення воску. Отриманий гарячий розчин ретельно фільтрували через попередньо зважений фільтр із фільтрувального паперу. Для повного вилучення залишків воску фільтр додатково промивали невеликою кількістю петролейного ефіру. Після цього фільтр висушували до постійної маси та повторно зважували. Збільшення маси фільтра відповідало кількості механічних домішок у восковій сировині.

Визначення ефірного числа бджолиного воску здійснювали згідно з методикою, що базується на омиленні зразка воску спиртовим розчином лугу та наступному титруванні надлишку лугу. Для проведення аналізу зважували точну навіску воску масою приблизно 2 г, яку поміщали у колбу з довгим горлом об'ємом 250 мл. До колби додавали 25 мл 0,5 н розчину гідроксиду калію в спирті. Суміш кип'ятили під зворотним холодильником протягом 1 години, забезпечуючи повне омилення ефірів, що входять до складу воску. Після охолодження вмісту колби надлишок лугу титрували 0,5 н розчином хлоридної кислоти у присутності фенолфталеїну як індикатора до знебарвлення розчину. Одночасно проводили контрольний дослід без зразка воску, щоб врахувати точну кількість лугу, що вступила в реакцію. Різниця між об'ємами хлоридної кислоти, витраченими на титрування контрольного та дослідного зразків, дозволяла обчислити кількість лугу, що витратилася на омилення ефірів. На основі цих даних розраховували ефірне число – кількість міліграмів гідроксиду калію, що витрачається на омилення ефірів у 1 г воску.

Йодне число характеризує вміст ненасичених жирних кислот, переважно олеїнового ряду, у складі бджолиного воску. Воно визначається як кількість міліграмів йоду, що здатна приєднатися до одного грама досліджуваного зразка воску.

Твердість бджолиного воску визначали за допомогою приладу Віка ОГЦ-1. Суть методу полягає у вимірюванні часу (в секундах), необхідного для занурення металевої голки з площею поперечного перерізу $1,5 \text{ мм}^2$ під навантаженням 1 кг на глибину 1 мм у зразок воску.

Отримані результати досліджень кваліфікаційної роботи опрацьовано із застосуванням методів варіаційної статистики для забезпечення їхньої наукової достовірності та об'єктивності.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Оцінка ефективності удосконаленої технології переробки воскової сировини

У процесі вдосконалення технології переробки воскової сировини на присадибній пасіці в с. Стара Котельня використовували як парову, так і сонячну воскотопку. Особливу увагу було приділено сонячному способу, який передбачає використання енергії сонця для витоплювання воску без застосування палива чи електроенергії. Такий підхід дозволяє забезпечити високу якість воску при мінімальних витратах ресурсів та ручної праці.

Сонячна воскотопка (*рис. 5*) складається з дерев'яного ящика, задня стінка якого вища за передню, що дозволяє встановити всередині лист під кутом 30–40°. На нього викладають підготовлену воскову сировину. Верхня частина воскотопки накривається рамою з подвійним склом, яке забезпечує ефективне проникнення сонячного випромінювання. Завдяки парниковому ефекту температура всередині конструкції досягає 70–95 °С, що достатньо для плавлення воску.

У нижній частині воскотопки розміщене металеве коритце з невеликою кількістю води, куди стікає розплавлений віск. Для збереження тепла внутрішні стінки ящика фарбують у чорний колір, а під листом розміщують шар теплоізоляційного матеріалу (наприклад, моху). Герметичність конструкції забезпечують щільне прилягання елементів і оббивка стиків сукном.

Для переробки використовували світлу суш, зрізи із будівельних рамок, воскову крихту, забрус та маточники. Сировину рівномірно розподіляли по листу тонким шаром. Після витоплення залишки (витопки) видаляли, лист очищали та завантажували нову порцію. Протягом одного сонячного дня

сонячна воскотопка дозволяла отримати 3–5 кг високоякісного воску-капанцю.

Одержаним побічним продуктом є пасічні витопки – сухі залишки після переробки, восковитість яких становить у середньому 49–50% (у межах від 43 до 58%). До їх складу входять невоскові домішки, розчинні й нерозчинні у воді, а також 6–8% вологи. У промислових умовах на воскозаводах із таких залишків можливо додатково отримати 20–30% воску, що свідчить про потенційну доцільність їх повторної переробки.



Рис. 5. Сонячна воскотопка

Для переробки воскової сировини другого і третього сортів, яка характеризується значним вмістом механічних домішок і залишків органічного походження, на пасіці використовують парову воскотопку. Цей спосіб дає змогу ефективно витопити віск із низькоякісної сировини, що не придатна для переробки в сонячній воскотопці.

Паровий пристрій складається з великої алюмінієвої посудини (корпусу), в яку через спеціальний отвір заливають воду. Всередину корпусу вставляється знімний контейнер – так званий «стакан», у який поміщають

мішок із мішківини, наповнений восковою сировиною. Верхню частину конструкції герметично закривають кришкою.

Під час роботи воскотопка встановлюється на джерело тепла – найчастіше на електроплиту. У процесі нагрівання вода закипає, а пара, що утворюється, проникає крізь отвори у внутрішній стінці корпусу і рівномірно нагріває воскову сировину. Під впливом температури віск розплавляється і стікає через спеціальну трубку у приймальну ємність. У міру зменшення об'єму сировини в мішку поступово додають нову порцію.

Низькосортну сировину – суш другого і третього сортів, витопки, забруднені забрусом чи залишками корму, переробляють вологим методом, який передбачає попереднє замочування, термічну обробку та пресування (рис. 6). Сухий метод у цьому випадку неефективний через підвищену вологість і вміст домішок у сировині.

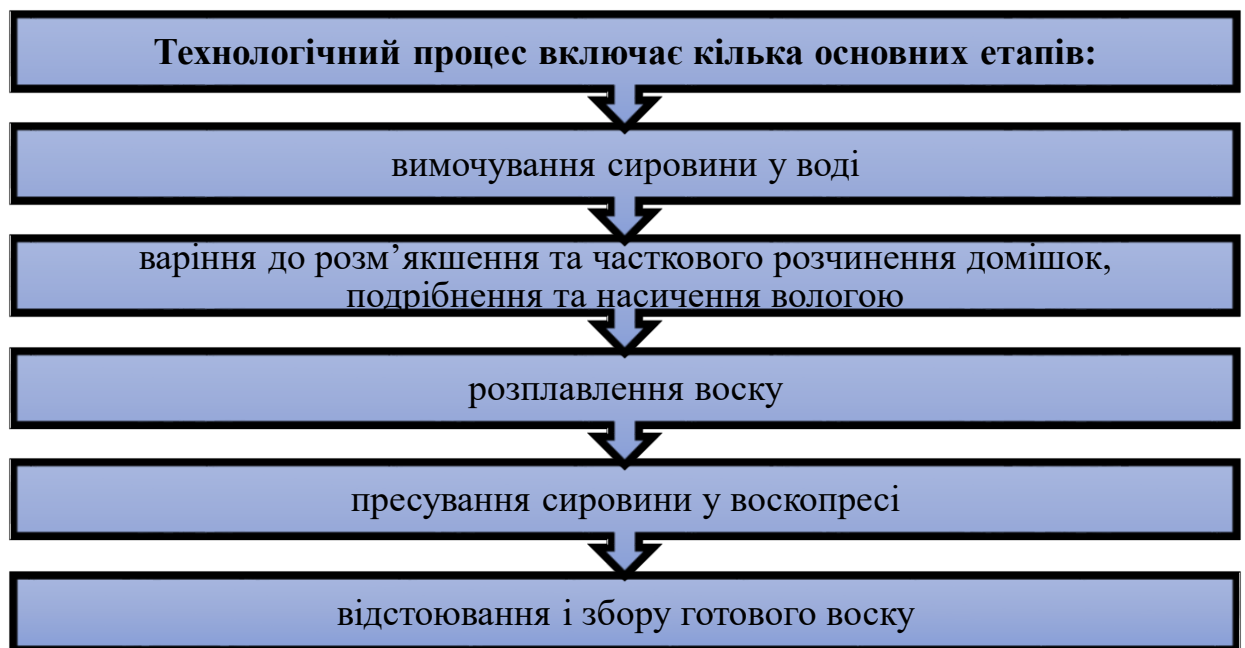


Рис. 6. Вологий метод переробки воскової сировини

Тривалість варіння залежить від виду та структури сировини й може коливатись від 15 хвилин до 3 годин. Варіння у воскопресі знижує його загальну продуктивність, однак дозволяє здійснити глибше витоплювання

воску. У результаті вологого методу переробки вдається отримати віск високої якості – так званий сирий або пасічний жовтий віск.

Розварену воскову сировину пресують за допомогою спеціальних пристроїв – пресів (*рис. 7*). Прес складається з корпусу (рами або станини), на якому змонтована ступа для розміщення пакету з розвареною сировиною, а також пристрою для створення та подачі тиску. Ступа виготовляється з матеріалів, що не піддаються корозії, найчастіше дерева, і має вертикальні пази, сформовані дерев'яними рейками. У нижній частині конструкції розміщені отвори для відведення розплавленого воску та води. У процесі сухого пресування віск і вода стікають через ці отвори донизу, тоді як при мокрому пресуванні віск, завдяки меншій густині, спливає на поверхню води, яка заповнює ступу.



Рис. 7. Прес для воску

Побічним продуктом вологого способу переробки є пасічна мерва (*рис. 8*) – залишкова маса, яка не містить водорозчинних невоскових компонентів.

При витоплюванні воску в присутності води восковитість мерви становить у межах 18–30 %, а на воскозаводах із неї додатково отримують близько 18–20 % воску. Вміст води в мерві не повинен перевищувати 10 %, інакше погіршується якість отриманого продукту.



Рис. 8. Пасічна мерва

Для виробництва воску на пасіці використовують пасічну воскову сировину різної якості, яку оцінюють за вмістом воску, кількістю невоскових компонентів і домішок. До складу такої сировини входить суш – стільники, непридатні для вирощування розплоду або зберігання меду й перги, зокрема пошкоджені під час відкачування, зношені, уражені шкідниками, пліснявою, викривлені або старі (у яких вивелося понад 12 поколінь бджіл), а також стільники з будівельних рамок, неправильно збудовані (з комірками трутнів або видовженими комірками). Окрім суші, до сировини належать воскові язички, зрізані маточники, забрус, зчистки воску зі стінок вулика, планок рамок, нижньої частини воскових відливків після відстоювання, а також сміття з дна вулика.

Вміст воску у свіжовідбудованих стільниках становить 97–98 %, після одного циклу вирощування розплоду знижується до 75,3 %, після трьох – до 63,4 %, а після дев'яти – до 49,6 %. У забрусі та зрізках восковитість варіює від 80 до 95 %.

За якісними характеристиками суш поділяють на три сорти. Всі сорти мають бути сухими, без залишків меду, цвілі та слідів ураження восковою міллю, а суш першого та другого сортів – також без вмісту перги. Якщо суш за зовнішніми показниками відповідає першому сорту, але містить до 15 % перги за об'ємом, її відносять до другого сорту; при вищому вмісті перги та світлішій структурі стільника — до третього сорту. Суш, що не відповідає навіть третьому сорту, відноситься до пасічних витопок. На практиці сировину першого сорту перетоплюють на сонячній воскотопці, а сировину другого та третього сортів – разом у паровій воскотопці. За даними наукових джерел, така сумісна переробка призводить до зниження виходу воску, тому було запропоновано переробляти сировину першого та другого сортів окремо, що сприяє підвищенню ефективності процесу.

Як засвідчили результати досліджень (*рис. 9*), найвищий вихід воску – 98,7% – отримано з воскової сировини першого сорту при використанні сонячної воскотопки ($p \leq 0,001$). Цей спосіб переробки має низку переваг, зокрема мінімальні трудові витрати та використання безкоштовної сонячної енергії. Водночас, його ефективність обмежується можливістю переробки лише сировини найвищої якості.

У разі використання парової воскотопки спостерігається тенденція до зниження виходу воску зі зменшенням якості воскової сировини, при цьому різниця є статистично достовірною ($p \leq 0,001$). Крім того, встановлено, що переробка суміші сировини другого та третього сортів дає на 9 г менший вихід воску, ніж сумарний вихід при їх окремій переробці, що також підтверджено високим рівнем статистичної значущості ($p \leq 0,001$).

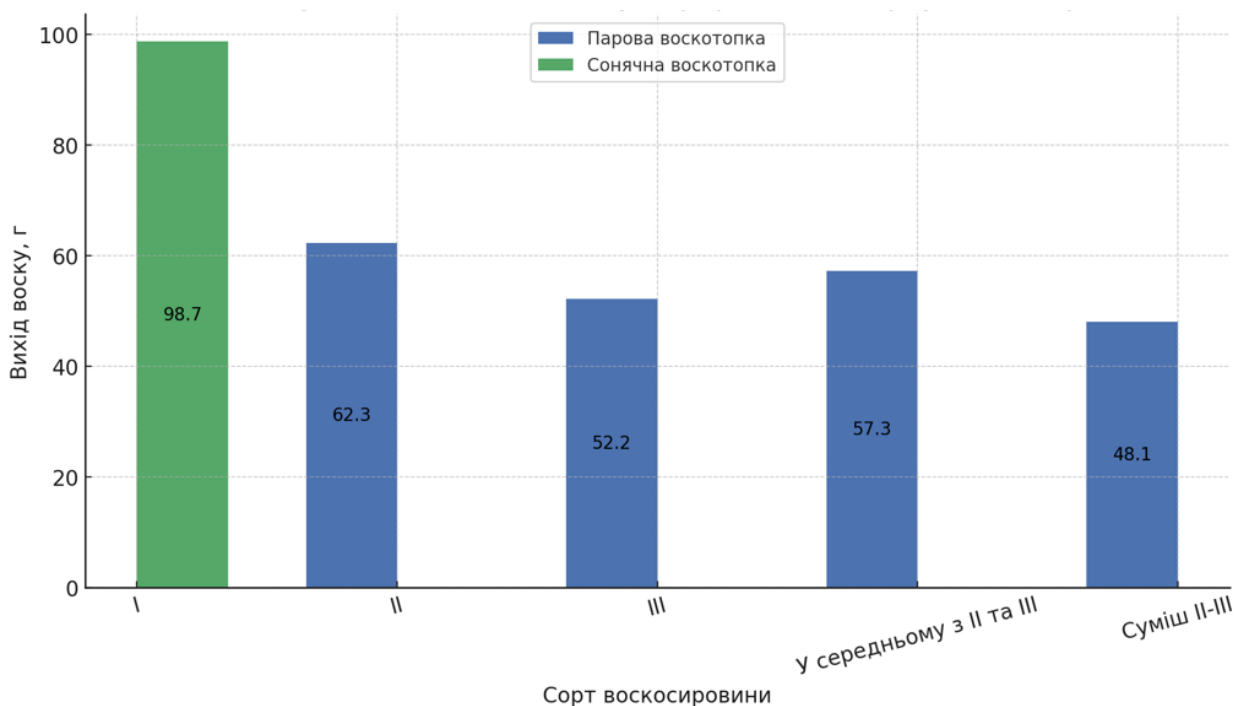


Рис. 9. Вихід воску, г ($M \pm m$, $n=5$)

Спосіб, яким переробляють воскову сировину, впливає не лише на те, скільки воску вдасться отримати, а й на його якість. Під час дослідження з'ясувалося, що незалежно від методу – парового чи сонячного – віск мав приємний природний запах і був однорідним на зламі. Це свідчить про збереження основних якостей бджолиного воску.

Проте колір воску виявився різним і залежав від якості сировини (рис. 10). Віск, виготовлений із сировини першого та другого сорту, мав світло-жовтий відтінок – типовий для чистого продукту. Натомість із сировини третього сорту отримували темно-сірий віск, що може бути пов'язано з більшим вмістом забруднень та домішок.

Також важливо пам'ятати, що будь-який бджолиний віск, навіть після витоплення, містить залишки вологи та сторонні частинки. Це залежить як від якості початкової сировини, так і від того, наскільки ретельно проведено очищення. Наприклад, сонячна воскотопка працює делікатніше, але підходить переважно для якісної сировини, тоді як парова – універсальніша, але потребує додаткового очищення, щоб віск був справді якісним.

Сорт сировини	Колір отриманого воску	Можлива причина відмінності кольору
I сорт		Відсутність домішок і забруднень
II сорт		Все ще придатна до очищення, мінімальні домішки
III сорт		Велика кількість домішок, сторонніх речовин

Рис. 10. Залежність кольору воску від якості сировини

Результати визначення вмісту води (табл. 1) засвідчили, що віск, отриманий за допомогою сонячної воскотопки, мав достовірно нижчий вміст води ($p \leq 0,001$). Це пояснюється тим, що під час даного способу переробки вода не використовується, а отже, її наявність у воску є виключно природного походження. Натомість віск, отриманий на паровій воскотопці, містив стабільну кількість води, масова частка якої не перевищувала 0,5%, що відповідає гранично допустимому рівню згідно з державним стандартом.

Таблиця 1

Вміст води у воскових зразках залежно від способу їх переробки, %

($M \pm m$, $n=5$)

Сорт воскової сировини	Спосіб переробки	Вміст води, %
I сорт	Сонячна воскотопка	0,25±0,06
II сорт	Парова воскотопка	0,49±0,08
III сорт	Парова воскотопка	0,48±0,07
Суміш II та III сортів	Парова воскотопка	0,50±0,06

У таблиці 2 наведено дані щодо вмісту механічних домішок у воску залежно від способу переробки воскової сировини. Аналіз показує, що найбільш чистий віск (із найнижчим вмістом механічних домішок – $0,08 \pm 0,03$ %) отримано в результаті перетоплювання сировини I сорту за допомогою сонячної воскотопки. Це свідчить про високу ефективність цього методу для первинної, якісної сировини.

У випадку II та III сортів, які перетоплювались у паровій воскотопці, спостерігається вищий рівень домішок: відповідно $0,14 \pm 0,02$ % для II сорту та $0,28 \pm 0,01$ % для III сорту. Це можна пояснити гіршою якістю вихідної сировини, що містить більше залишків та сторонніх часток, а також можливо меншою селективністю парового способу в порівнянні з сонячним.

Найбільше значення домішок спостерігається у воску, отриманому зі змішаної сировини II та III сортів – $0,25 \pm 0,02$ %. Це підтверджує, що змішування сировини нижчого сорту не сприяє покращенню якості готового продукту.

Водночас, незалежно від способу переробки, масова частка механічних домішок у воску не перевищувала встановленого державним стандартом граничного рівня – 0,3%.

Таблиця 2

**Вміст механічних домішок у воску залежно від способу переробки
воскової сировини, %**

($M \pm m$, $n=5$)

Сорт воскової сировини	Спосіб переробки	Вміст води, %
I сорт	Сонячна воскотопка	$0,08 \pm 0,03$
II сорт	Парова воскотопка	$0,14 \pm 0,02$
III сорт	Парова воскотопка	$0,28 \pm 0,01$
Суміш II та III сортів	Парова воскотопка	$0,25 \pm 0,02$

Загалом, результати дослідження демонструють, що якість воску

значною мірою залежить як від початкового сорту сировини, так і від обраного способу переробки. Сонячна воскотопка виявилася найефективнішою у забезпеченні низького рівня механічних домішок, але її ефективність, ймовірно, обмежується лише при роботі з високоякісною сировиною.

Основними показниками, що визначають якість бджолиного воску, є кислотне число, ефірне число, число омилення, йодне число, температура плавлення та коефіцієнт твердості.

Хімічний склад бджолиного воску включає до 15 різних сполук. Найбільшу частку займають складні ефіри (70,4–74,7 %), вільні жирні кислоти (13,5–15,0 %) та насичені жирні кислоти (12,5–15,5 %). Окрім цього, у невеликих кількостях до складу воску входять барвники й ефірні олії, які обумовлюють характерний колір і запах продукту.

Серед вільних жирних кислот, присутніх у воску, переважають церотинова, мелісинова, а також кислоти олеїнового ряду. Ці сполуки є найбільш хімічно активними компонентами, здатними розчиняти деякі метали та реагувати з лугами. Кількісний вміст вільних жирних кислот визначають за кислотним числом, яке, відповідно до державного стандарту, має становити 16–20 мг КОН на 1 г воску.

Складні ефіри воску утворені комбінацією жирних кислот (пальмітинової, мелісинової, церотинової, кислот олеїнового ряду) і спиртів (мірицилового, церилового та ін.). При кип'ятінні з лугами ці сполуки омилуються, розщеплюючись із виділенням вільних жирних кислот і одноатомних спиртів. Ефірне число відображає кількість складних ефірів у воску і за вимогами державного стандарту також має становити 16–20 мг КОН на 1 г продукту.

Загальний вміст жирних кислот (вільних і у складі ефірів) визначається числом омилення, яке розраховується як сума кислотного та ефірного чисел і повинне знаходитись у межах 85,0–101,0 мг КОН на 1 г воску. Згідно з нормативами, допустиме значення становить 89–97.

Йодне число є важливим показником кількості ненасичених жирних

кислот, зокрема кислот олеїнового ряду, які мають подвійні зв'язки. Цей показник визначає масу йоду (в грамах), необхідну для повного насичення ненасичених зв'язків у 100 г жиру. Чим вищий вміст ненасичених сполук, тим більше йоду вступає в реакцію, а отже, й вище йодне число. У бджолиному воску воно повинне становити 7,0–15,0 г йоду на 100 г продукту. Окрім того, до складу воску входять насичені вуглеводні, такі як пентакозан, гептакозан, нонакозан тощо.

У таблиці 3 наведено результати дослідження хімічних показників воску, зокрема числа омилення та йодного числа, залежно від типу воскотопки, що використовувалася для переробки різних сортів воскової сировини.

Найвищі значення числа омилення ($97,4 \pm 1,55$ мг КОН/г) та йодного числа ($14,0 \pm 2,11$ г/100 г) були отримані при використанні сонячної воскотопки для переробки воскової сировини сорту І. Це свідчить про збереження високої кількості ефірних сполук і ненасичених жирних кислот, що вказує на м'які температурні умови витоплення та мінімальний ступінь термічного окиснення.

При використанні парової воскотопки для переробки воску сорту ІІ та ІІІ спостерігалось зниження як числа омилення ($86,8 \pm 2,21$ мг КОН/г та $69,7 \pm 1,20$ мг КОН/г відповідно), так і йодного числа ($9,2 \pm 0,16$ г/100 г та $8,2 \pm 0,11$ г/100 г відповідно). Це свідчить про певну деградацію ліпідних компонентів воску внаслідок впливу пари та температури, що знижує його якість.

Найнижчі показники були зафіксовані для суміші сировини ІІ–ІІІ, обробленої паровою воскотопкою: число омилення становило лише $70,4 \pm 2,10$ мг КОН/г, а йодне число – $7,1 \pm 0,24$ г/100 г. Таке зниження може бути пов'язане як з характеристиками самої сировини, так і з підвищеною вологістю або тривалим впливом температури під час переробки.

**Число омилення та йодне число воску при використанні різних
воскотопок, %
($M \pm m$, $n=5$)**

Сорт воскової сировини	Спосіб переробки	Число омилення, мг КОН/г	Йодне число, г/100 г
I	Сонячна воскотопка	$98,5 \pm 1,56$	$14,0 \pm 2,11$
II	Парова воскотопка	$85,8 \pm 2,22$	$9,3 \pm 0,17$
III	Парова воскотопка	$69,8 \pm 1,21$	$8,4 \pm 0,12$
Суміш II–III	Парова воскотопка	$71,4 \pm 2,11$	$7,2 \pm 0,24$

Таким чином, отримані дані свідчать про те, що тип воскотопки суттєво впливає на хімічні показники воску. Сонячна воскотопка забезпечує кращу якість воску завдяки м'якому режиму переробки, у той час як парова воскотопка призводить до зниження важливих фізико-хімічних характеристик, особливо при обробці сировини нижчої якості.

У таблиці 4 подано фізико-хімічні показники воску, отриманого за допомогою парової воскотопки, для різних сортів воскової сировини (II, III та суміші II–III). Температура плавлення воску коливалась залежно від сорту: найвищу температуру мав віск із сировини II сорту – $64,4^{\circ}\text{C}$, що свідчить про вищу ступінь очищення та термічну стабільність. Віск III сорту мав дещо нижчу температуру плавлення – $63,6^{\circ}\text{C}$, а суміш II–III сортів – найнижчу з усіх, $63,2^{\circ}\text{C}$, що є очікуваним через змішування різної за якістю сировини.

Щодо глибини проникнення голки при температурі 20°C , цей показник варіював у вузькому діапазоні: від 6,1 мм для II сорту до 6,4 мм для III сорту та суміші. Це свідчить про відносну однорідність пластичності отриманого воску, хоча віск II сорту є дещо твердішим. Зі зростанням сорту сировини

спостерігається тенденція до зниження температури плавлення і зростання пластичності воску, що може бути пов'язано зі збільшенням вмісту домішок або меншою ступенем очищення.

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники воску, отриманого з використанням парової воскотопки ($M \pm m$, $n=5$)

Сорт воскової сировини	Температура плавлення, °C	Глибина проникнення голки при 20 °C, мм
II	$64,4 \pm 0,10$	$6,1 \pm 0,02$
III	$63,6 \pm 0,28$	$6,4 \pm 0,02$
Суміш II–III	$63,2 \pm 0,30$	$6,4 \pm 0,03$

Отримані результати свідчать про задовільні фізико-хімічні характеристики воску, переробленого за допомогою парової воскотопки, із незначними відмінностями між сортами сировини, що може мати значення при виборі воску для конкретного технологічного призначення.

У таблиці 5 наведено фізико-хімічні показники воску, отриманого за допомогою сонячної воскотопки, із сировини I сорту. Температура плавлення становила $65,3$ °C, що є найвищим показником серед наведених у попередній таблиці для інших сортів сировини. Це свідчить про високу якість воску та добрий ступінь очищення, оскільки вищі температури плавлення характерні для більш чистих зразків із високим вмістом ефірних сполук і мінімальною кількістю домішок.

Глибина проникнення голки при температурі 20 °C становила $6,0$ мм, що є найменшим значенням серед раніше представлених даних. Це свідчить про більшу твердість воску, що також корелює з високою якістю та стабільністю структури.

**Фізико-хімічні показники воску, отриманого з використанням
сонячної воскотопки ($M \pm m$, $n=5$)**

Сорт воскової сировини	Температура плавлення, °C	Глибина проникнення голки при 20 °C, мм
I	$65,3 \pm 0,08$	$6,0 \pm 0,01$

Загалом результати досліджень демонструють, що віск, отриманий із сировини I сорту за допомогою сонячної воскотопки, має найкращі фізико-хімічні характеристики: найвищу температуру плавлення та найменшу пластичність. Це робить його придатним для використання в тих технологічних процесах, де потрібна висока механічна стійкість і стабільність воску.

Розрахунок економічної ефективності досліджень представлено в *таблиці 6*. Перетоплення воскової сировини за допомогою сонячної воскотопки забезпечує невисокий рівень рентабельності (17%), попри менші енергетичні витрати. Це зумовлено обмеженою кількістю воскової сировини I сорту на пасіці, що призводить до підвищення собівартості виробництва воску. Найвищий прибуток і максимальний рівень рентабельності (29%) досягаються при переробці сировини II сорту на паровій (водяній) воскотопці, що свідчить про економічну доцільність використання цього способу.

Реалізація воску, отриманого в результаті перетоплення воскової сировини III сорту або її суміші з II сортом, приносить меншу виручку через знижені якісні характеристики продукції, що безпосередньо впливає на рівень рентабельності. Відтак, для підвищення економічної ефективності виробництва на пасіці доцільно перетоплювати сировину II та III сорту окремо. Такий підхід сприяє підвищенню якості кінцевого продукту та збільшенню виходу воску.

Економічна ефективність досліджень

Показники	Спосіб переробки			
	парова(водяна) воскотопка			сонячна воскотопка
	<i>сорт воску</i>			<i>сорт воску</i>
	II	III	II+III	I
Виробництво продукції, кг	1	1	1	1
Собівартість, грн	280	270	270	300
Виручка від реалізації, грн.	360	300	300	350
Прибуток, грн	80	30	30	50
Рівень рентабельності, %	29	11	11	17

Отже, найбільш економічно ефективним є використання парової (водяної) воскотопки для переробки воскової сировини з отриманням воску II сорту. Такий підхід забезпечує найвищий рівень прибутковості та рентабельності. Водночас сонячна воскотопка демонструє нижчі показники ефективності, хоча й залишається доцільною для отримання якісного воску I сорту.

ВИСНОВКИ

1. Найвищий вихід воску (98,7%) досягається під час переробки воскової сировини I сорту за допомогою сонячної воскотопки.
2. Найкращими якісними показниками характеризується віск-капанець, отриманий із сировини I сорту на сонячній воскотопці.
3. Віск, виготовлений із воскової сировини II сорту на паровій воскотопці, містив на 0,14% менше домішок ($p \leq 0,05$), ніж віск, отриманий із сировини III сорту та їх суміші.
4. Якісні показники воску, отриманого із воскової сировини III сорту та суміші II і III сортів, істотно не відрізняються.
5. Воскопродукт, одержаний із сировини II сорту, переважає за якістю віск, отриманий із сировини III сорту та їх суміші.
6. Максимальний прибуток і найвищу рентабельність виробництва (29%) на пасіці забезпечує переробка воскової сировини II сорту на паровій воскотопці.
7. Реалізація воску, виготовленого з сировини III сорту або її суміші з II сортом, приносить меншу виручку через нижчу якість продукту, що негативно впливає на економічну ефективність виробництва.
8. Отримані результати дають підстави рекомендувати у практиці ведення бджільництва роздільне перетоплення воскової сировини II та III сорту. Такий підхід дозволяє підвищити вихід воску, покращити його якість та оптимізувати економічну ефективність переробки. Впровадження цієї стратегії на присадибних пасіках сприятиме підвищенню прибутковості господарств та забезпеченню сталого розвитку галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беспалов В. Г. Технологія продуктів бджільництва. Харків: Факт, 2010. 272 с.
2. Біланюк В. І. Основи бджільництва : підручник. Львів : Афіша, 2021. 328 с.
3. Богданов С. Якість воску: сучасні підходи. *Журнал «Бджільництво України»*. 2021. № 2. С. 15–19.
4. Броварський В. Д., Лосєв О. М., Головецький І. І. Бджолиний віск. Виробництво та зберігання. К.: НУБІП, 2009. 81 с.
5. Броварський В. Я., Жук Г. І. Апітерапія: лікувальні властивості бджолиного воску. *Здоров'я суспільства*. 2020. № 2. С. 45–49.
6. Войтюк М. А. Практикум з бджільництва. Київ: Аграрна освіта, 2014. 120 с.
7. Гавриленко Т. Г. Віск і його антимікробні властивості. *Медицина і екологія*. 2018. № 1. С. 19–23.
8. Галімов С. М. Технологія виробництва продукції бджільництва. Миколаїв: МНАУ, 2019. 107 с.
9. Гнатенко М. А. Практичний довідник пасічника. Київ : Урожай, 2019. 216 с.
10. Гнатко М. А., Кулик С. П. Технологія виробництва продукції бджільництва : навч. посіб. Харків : Факт, 2019. 211 с.
11. ДСТУ 4229:2003 Віск бджолиний пасічний. Технічні умови. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4229_2003.pdf (дата звернення: 02.04.2025).
12. Дьяків В. П. Бджолиний віск – натуральний біологічний матеріал. *Пасічник*. 2020. № 3. С. 15–19.
13. Дьяків В. П. Бджолиний віск – сировина з унікальними властивостями. *Пасічник*. 2021. № 4. С. 18–21.

14. Заєць О. Ю. Методики контролю якості бджолиного воску, воскосировини та вощини. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: науково-теоретичний збірник*. Житомир: ЖНАЕУ, 2019. Вип.12. С. 29–33.
15. Іванова В. Д. Технологія виробництва продуктів бджільництва. Миколаїв: МДАУ, 2009. 245 с.
16. Колісник А. О. Переробка воскової сировини на малих пасіках. *Бджільництво України*. 2020. № 2. С. 26–29.
17. Комісаренко Г. Ю. Сучасні вимоги до вощини. *Бджільництво*. 2020. № 3. С. 24–28.
18. Костенко Л. І., Андрусик М. М. Технічні аспекти переробки воску на промислових пасіках. *Пасіка*. 2019. № 7. С. 10–14.
19. Кривцов В. І. Основи бджільництва. Львів: Світ, 2011. 256 с.
20. Лисенко С. М., Павлюк Ю. І. Перспективи використання продуктів бджільництва в харчовій промисловості. *Науковий вісник ЛНУВМБТ*. 2021. № 4. С. 114–119.
21. Мартинов В. Що є що, або який віск буває. *Український пасічник*. 2013. № 5. С. 47–49.
22. Мокляк В. Г. Виробництво воску на присадибній пасіці. *Тваринництво України*. 2022. № 3. С. 41–44.
23. Мороз І. І., Золотарьова Л. П. Хімічні та фізичні властивості бджолиного воску залежно від сорту. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5. С. 112–117.
24. Назаренко І. І., Антонюк Є. В. Виробництво продуктів бджільництва: підручник. Київ: Ліра-К, 2020. 288 с.
25. Нікітченко В. А. Віск як біологічно активний матеріал: сучасні підходи до стандартизації. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2020. № 2. С. 28–31.
26. Паламарчук Т. В. Органолептичні та фізико-хімічні показники якості бджолиного воску. *Харчова промисловість*. 2022. № 1. С. 34–38.

27. Паливода Г. А. Основи переробки продуктів бджільництва: навчальний посібник. Полтава: Астроя, 2020. 168 с.
28. Плахотнюк М. В. Вплив технологічних чинників на якість бджолиного воску. *Науково-технічний вісник ІНМ*. 2021. № 14(2). С. 112–117.
29. Попович І. А. Віск бджолиний: склад, властивості, застосування. *Біологічні дослідження*. 2020. № 2. С. 48–52.
30. Романюк О. В. Параметри натуральності бджолиного воску у вощині. *Інноваційні технології у тваринництві*. 2023. № 2. С. 66–70.
31. Руденко А. А. Фальсифікація бджолиного воску: виявлення та запобігання. *Якість і безпека продуктів тваринництва*. 2022. № 3. С. 19–23.
32. Середа О. М. Віск бджолиний: хімічний склад, стандарти, особливості переробки. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 5. С. 35–39.
33. Сидоренко О. Г. Виробництво бджолиного воску: стандарти, якість, безпека. *АгроСвіт*. 2021. № 10. С. 41–45.
34. Скоромна О. І., Разанова О. П. Технологія виробництва продукції бджільництва. Вінниця, 2020. 408 с.
35. Солдатов Д. Віск – продукт бджоли. *Український пасічник*. 2013. № 5. С. 45–46.
36. Станішевський О. Б. Показники якості бджолиного воску та методи їх визначення. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 61–64.
37. Чернобай Ю. В. Сучасні підходи до класифікації воскової сировини. *Науковий вісник Львівського НАУ. Серія: Агрономія*. 2023. Т. 27. С. 74–78.
38. Шеленгівський І. М. Віск і вощина: виробництво, контроль якості, стандартизація. Вінниця: Нова книга, 2012. 210 с.
39. Шматков В. С., Денисюк В. В. Віск бджолиний: технології очищення та стандарти якості. *Агроєкологічний журнал*. 2021. № 3. С. 78–82.
40. Юркевич В. І. Продукти бджільництва та їх переробка. К.: Урожай, 2015. 320 с.