

**П. В. Стапай, В. М. Ткачук,
Г. М. Седіло, Н. З. Огородник**

**Ліпіди шкіри та вовни овець, їх
роль у процесах вовноутворення і
збереженні природних
властивостей волокон**



УДК 636.32/38:577.115:637.623.2

ББК 46.6

С77

Автори:

Стапай Петро Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор
Ткачук Віталій Мирославович, доктор сільськогосподарських наук
Седіло Григорій Михайлович, доктор сільськогосподарських наук,
 професор, академік НААН
Огородник Наталія Зіновіївна, доктор ветеринарних наук, с.н.с.

Рецензенти:

Я. І. Кирилів, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН (Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН)

В. В. Гавриляк, доктор біологічних наук, с.н.с (Національний університет «Львівська політехніка» МОН)

Рекомендовано до друку вченими радами

Інституту біології тварин НААН

(протокол № 2 від 11.03.2019 р.) та

Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН

(протокол № 11 від 07.12.2019 р.)

Стапай П. В., Ткачук В. М., Седіло Г. М., Огородник Н. З.

Ліпіди шкіри та вовни овець, їх роль у процесах вовноутворення і збереженні природних властивостей волокон. Львів: _____, 2019. – 335 с.

IBSN _____

У книзі узагальнено літературні дані та результати власних досліджень ліпідів шкіри та вовни овець. Подана їх характеристика та роль у формуванні фізико-хімічних властивостей вовни.

Призначено для наукових працівників, викладачів, аспірантів і студентів ВНЗ сільськогосподарського профілю та спеціалістів вівчарської галузі і текстильної промисловості.

УДК 636.32/38:577.115:637.623.2

ББК 46.6

IBSN _____

© П. В. Стапай, В. М. Ткачук, Г. М. Седіло,
 Н. З. Огородник, 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6–7
1. МОРФОФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ШКІРИ ОВЕЦЬ	8
1.1 Морфоструктура шкіри	8–12
1.2 Обмінні процеси у шкірі	12–14
1.3 Ліпіди шкіри	15–22
2. СКЛАД І ФУНКЦІЯ СЕКРЕТУ САЛЬНИХ І ПОТОВИХ ЗАЛОЗ	31–42
3. МОРФОБІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВОВНОУТВОРЕННЯ	50
3.1 Морфоструктура волосяних фолікулів	50–58
3.2 Біосинтез кератину вовни	58–62
3.3 Особливості метаболізму ліпідів шкіри овець у зв'язку з морфогенезом волоса	62–67
3.4 Взаємозв'язок ліпідів шкіри з ростом вовни	67–72
3.5 Роль ліпідів шкіри в енергозабезпеченні процесів вовноутворення	72–76
3.6 Кореляція фосфоліпідів шкіри з настригами вовни та успадкування нащадками	77–79
4. СТРУКТУРА І ХІМІЧНИЙ СКЛАД ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА	86
4.1 Ультраструктура вовняного волокна	86–98
4.2 Хімічний склад вовни	98–100
4.3 Класифікація кератинів вовни	100–102
4.4 Фізичні властивості вовни	102–106
4.3 Внутрішні ліпіди вовни	106–113
5. ВПЛИВ РІЗНИХ ЧИННИКІВ НА ЛІПІДИ ШКІРИ І ВОВНИ ТА ПРОЦЕСИ ВОВНОУТВОРЕННЯ	134
5.1 Вплив гормонів на обмін ліпідів та процеси вовноутворення	134–139
5.2 Вплив аліментарних чинників на ліпогенез у шкірі овець, їх продуктивність та формування захисних властивостей жиропоту	139–165
5.3 Породні особливості жиропоту руна та внутрішніх ліпідів вовни	165–177
5.4 Вплив сезонних та вікових чинників на захисні властивості жиропоту та внутрішні ліпіди вовни	177–201

6. РОЛЬ ЛІПІДІВ У ПРОЦЕСАХ ПОЖОВТІННЯ ТА ЗВАЛЮВАННЯ ВОВНИ	212
6.1 Вивчення механізмів пожовтіння вовни	212–256
6.2 З'ясування механізмів звалювання вовни	256–273
6.3 Шляхи попередження і ліквідації пожовтіння та звалювання вовни	273–275
6.4 Методи оцінки ступеня пожовтіння вовни і прогнозування її «схильності» до пожовтіння	275
6.4.1 Метод визначення ступеня пожовтіння вовни	275–276
6.4.2 Метод прогнозування «схильності» вовни до пожовтіння	276
7. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРОПОТУ ТА ЛІПІДІВ ВОВНИ ОВЕЦЬ	281
7.1 Дослідження ліпідів воску з жиропоту	281
7.1.1 Відбір нативного воску	281
7.1.2 Визначення загальної кількості нативного воску	281
7.1.3 Екстрагування воску з жиропоту руна	282
7.1.4 Визначення загальної кількості воску	282
7.1.5 Визначення ліпідного складу воску методом тонкошарової хроматографії (ТШХ)	282–284
7.1.6 Визначення естерів холестеролу	284–285
7.1.7 Кількісне визначення окремих класів ліпідів	285
7.2 Дослідження внутрішніх ліпідів вовни	286
7.2.1 Отримання вільних внутрішніх ліпідів	286
7.2.2 Отримання зв'язаних внутрішніх ліпідів	286–287
7.2.3 Хроматографічне розділення внутрішніх ліпідів	287–289
8. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ	290–322

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТФ — аденозинтрифосфорна кислота
ББТ — білки багаті тирозином
ДОФА — дегідрооксифенілаланін
ІЛ — інтегральні ліпіди
КМК — клітинно-мембранний комплекс
НЕЖК — неетерифіковані жирні кислоти
ПОЛ — пероксидне окиснення ліпідів
СЕМ — сканувальна електронна мікроскопія
ТЕМ — трансмісійна електронна мікроскопія
ТХШ — тонкошарова хроматографія
УГКП — українська гірськокарпатська порода
Сer — церамід

Коди жирних кислот:

C _{14:0}	міристинова
C _{15:0}	пентадеканова
C _{16:0}	пальмітинова
C _{16:1}	пальмітоолеїнова
C _{17:0} ізо	17-метилгексоздеканова
C _{17:0}	гептадеканова
C _{18:0}	стеаринова
C _{18:1}	олеїнова
C _{19:0} ізо	18-метилоктадеканова
C _{19:0}	нонадеканова
C _{20:0} ізо	19-метилнонадеканова
C _{20:0}	арахінова
C _{20:1}	ейкозаєнова
C _{21:0} антеізо	18-метилейкозанова (18-МЕК)
C _{21:0}	генейкозанова
C _{22:0}	бегенова
C _{24:0}	лігноцеринова

ПЕРЕДМОВА

Вівчарство займає особливе місце у тваринницькій галузі завдяки найбільшому різноманіттю продукції. Від овець отримують: вовну, м'ясо, молоко, шубно-хутряну сировину, смушки, ланолін. Специфічною для овець вважається вовнова продуктивність. У зв'язку з цим питання з'ясування механізмів вовноутворення і формування фізико-хімічних властивостей вовни є надзвичайно актуальним.

На сьогодні частка вовни для виготовлення текстильних виробів у світі становить лише три відсотки. Але вартість готової продукції, виготовленої з неї, у 50 і більше разів перевищує вартість вовни, як сировини, та забезпечує функціонування таких галузей промисловості, як легка, машинобудування, торгівля, транспорт тощо. Незамінність вовни зумовлена наявністю притаманного лише їй комплексу цінних властивостей, зокрема таких, як хороші санітарно-гігієнічні показники, теплозвукоізоляція, легкість, м'якість, висока гігроскопічність, валкоздатність, властивість пропускати ультрафіолетові промені тощо.

Формування і ріст вовни — це складний біологічний процес, який зумовлений сукупністю у волосяних фолікулах трьох взаємопов'язаних процесів: проліферації, синтезу та кератинізації. За сприятливих фізіолого-біохімічних умов ці процеси знаходяться у динамічній рівновазі, яка забезпечує формування волокон високої якості. Порушення цих умов негативно позначається на вовноутворенні загалом, тобто на рості вовни й формуванні її якісних параметрів.

Саме тому досконале знання біохімічних процесів вовноутворення має пріоритетне значення у питаннях збільшення вовнової продуктивності і покращенні якості вовни. Шкіра овець є органом, у якому проходить формування і ріст вовни. Непошкоджена шкіра механічно захищає тварину від несприятливих впливів навколишнього середовища, проникнення в організм мікроорганізмів. При цьому нервові рецептори шкіри дають змогу відчувати

спеку, холод, тиск, біль, свербіж. Шкірний покрив відповідає за процеси терморегуляції і накопичення вітамінів, води, жирів, вуглеводів, протеїнів. Під впливом сонячного світла в шкірі синтезується вітамін D, а пігмент, що міститься в меланоцитах, попереджує руйнівну дію ультрафіолетових променів. Особливе значення в цьому відношенні має ліпідний обмін у шкірі, оскільки ліпіди шкіри є одними із основних джерел енергозабезпечення процесів вовноутворення.

Вміст загальних ліпідів у шкірі овець коливається в широких межах (3–11 %) і залежить від багатьох чинників — породи тварин, їх віку, фізіологічного стану та умов годівлі й утримання. Основним компонентом вовни, який визначає її структурні і фізико-хімічні властивості, є протеїн — кератин. Чиста, суха, знежирена вовна майже на 96 % складається з цього протеїну. У структурі кератинових волокон, а також в усіх інших кератинізованих тканинах, міститься невелика кількість ліпідів, які за хімічною будовою і складом значно відрізняються від ліпідів інших тканин, а за вмістом окремих компонентів їх вважають унікальними.

Незважаючи на велику популярність вовни та її унікальні фізико-хімічні властивості, вона заледве витримує конкуренцію із розмаїттям штучних волокон. Лише поліпшення якості вовняної сировини надасть їй змогу конкурувати із синтетичними волокнами і тим самим дозволить збільшити ринок її збуту.

Вирішення цієї проблеми неможливе без розкриття механізмів вовноутворення і цілої низки питань, пов'язаних з вивченням хімічного, і зокрема, ліпідного складу вовни, тобто показників, що визначають фізичні властивості волокон, а, отже, і технологічну якість вовни як сировини в цілому.

1. МОРФОФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ШКІРИ ОВЕЦЬ

1.1 Морфоструктура шкіри

Шкіра (cutis) покриває тіло тварин і служить для його захисту від дії несприятливих чинників оточуючого середовища (механічні, теплові, хімічні тощо). З біологічної точки зору — це важливий у функціональному значенні орган, оскільки усі життєві процеси, які відбуваються в організмі тварин, тісно пов'язані з нормальною діяльністю шкіри. Усі зміни і процеси, що проходять у шкірі, через нервову систему узгоджуються з діяльністю організму загалом. Шкіра виконує бар'єрну, рефлекторну, видільну, дихальну, терморегуляторну, біосинтетичну, адсорбційну та цілу низку інших функцій. Неушкоджена шкіра запобігає проникненню в організм мікроорганізмів, що можуть викликати захворювання тварин. Більше 1 % запасів води з організму виділяється через шкіру і тим самим вона відіграє велику роль у регулюванні температури, підтримуючи її на рівні, властивому для кожного виду тварин. Виділення з організму зайвої води і продуктів обміну речовин та інших продуктів здійснюється у результаті діяльності потових залоз. Тому нормальне функціонування потових залоз має велике фізіологічне значення [1].

Шкірний покрив виконує функцію газообміну. Через шкірні пори виділяється вуглекислота і поглинається Оксиген.

Завдяки великій кількості у шкірі нервових закінчень організмом сприймаються механічні відчуття, температурні, больові та інші подразнення. Пігментована шкіра захищає організм від дії ультрафіолетових променів сонця.

Шкіра є основою — ґрунтом, у якому формується і росте волосяний покрив тварин, який в овець називають вовною. Вовнова продуктивність: настриг та якість вовни — цілком залежить від будови шкіри і процесів, що у ній функціонують. Без знання будови шкіри, того як утворюється і росте вовна, неможливо правильно провести добір овець на розплід, підвищити вовнову продуктивність, забезпечити оптимальні умови їх догляду, годівлі і утримання.

Шкіра овець розвивається з двох ембріональних зародків. Зовнішній її шар — епітеліальний або епідерміс (epidermis), утворюється з ектодерми, а сполучнотканинна основа або власне шкіра (derma, cutis) — з мезенхіми [2].

Шкіра овець, як і інших ссавців, складається з трьох основних шарів — епідермісу, власне шкіри або дерми, та підшкірної тканини. Кожний шар відрізняється за будовою та призначенням [3].

Епідерміс — це зовнішній шар шкіри, який вкриває дерму і представлений багат шаровим плоским епітелієм. Епідерміс складається із п'яти шарів, які розміщуються у такій послідовності: ростковий (базальний або зародковий), шар шипуватих і зернистих клітин. Ці три шари складають мальпігієвий шар епідермісу. Далі розташовані блискучий і роговий шари. Однак, у більшості порід овець на ділянках шкіри, покритих вовною, чітко виражені лише два крайні шари епідермісу — зовнішній роговий і шар, який прилягає до дерми — ростковий. Проміжні шари — зернистий і блискучий звично бувають виражені лише на безволосих ділянках шкіри. Роговий шар складається із сплюснених і сильно зроговілих мертвих клітин, які легко відпадають у вигляді лупи. Рогові клітини стійкі до дії хімічних речовин та мікроорганізмів. Тобто вони вкривають шкіру захисним шаром. Епідерміс позбавлений судин [4].

Товщина епідермісу різна і залежить від низки чинників: породи тварин, їх віку, фізіологічного стану, годівлі. Товщина епідермісу становить 1,5–2 % від загальної товщини шкіри. На більш рівних ділянках шкіри епідерміс тонший, а на хвилястій поверхні, де він зростається з дермою і утворює численні гребені, він товстіший. Між групами коренів волоса епідерміс утворює різної величини і форми горбочки. Після видалення вовни з шкіри у процесі промислової обробки, ці горбики утворюють характерний для кожної шкіри рисунок — мерею. Від власне шкіри епідерміс відокремлений тонкою прозорою плівкою — базальною мембраною, яка після обробки шкіри утворює її лицевий шар [5, 6].

Ростковий (базальний) шар є джерелом постійного оновлення епідермісу і формування волосяних зародків. З нього згодом розвиваються вовняні

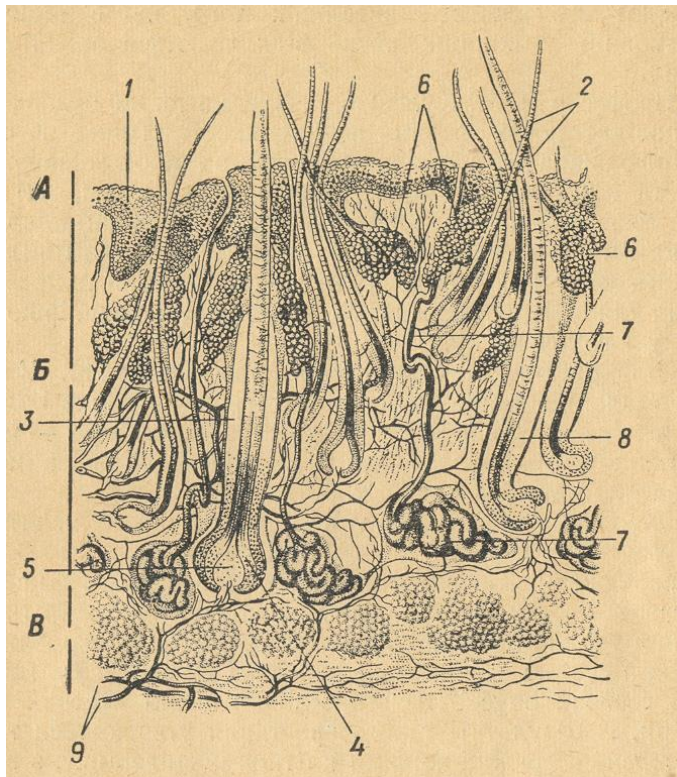


Рис. 1. Загальна схема будови шкіри вівці

А – епідерміс; Б – власне шкіра (дерма); В – підшкірний шар. 1 – зроговілий шар епідермісу; 2 – стрижень волоса; 3 – корінь волоса; 4 – волосяна цибулина; 5 – волосяний сосочок; 6 – сальна залоза; 7 – потова залоза; 8 – волосяна сумка; 9 – кровоносні судини

волокна. Клітини цього шару є джерелом усіх формоутворюючих процесів епідермісу, в якому, окрім волосяних фолікулів, є сальні і потові залози.

Пігментні плями у шкірі (коричневі і чорні) представляють собою накопичення пігменту меланіну, який утворюється в спеціальних клітинах і відкладається у вигляді тонкозернистих краплин у нижньому шарі епідермісу під базальною мембраною. Утворення і відкладання пігменту регулюється гормонами кори наднирників [7].

Дерма або власне шкіра (corium) розміщена під епідермісом. У ній розрізняють два шари: папілярний або сосочковий та сітчастий, або ретикулярний.

Однак, деякі автори вважають [8], що у шкірі овець назва «сосочковий» є умовною, оскільки сосочків на межі дерми з епідермісом немає. Сосочковий шар складає до 70 % товщини всієї дерми. Він складається з пухкої сполучної тканини і у ньому розміщені волосяні фолікули, потові й сальні залози, нервові рецептори, кровоносні та лімфатичні судини.

Дерма складається в основному із сполучної тканини у вигляді колагенових і еластинових волокон. Колагенові волокна становлять основу папілярного шару, вони забезпечують якість і міцність шкірсировини. Колагенові волокна міцні, але менш еластичні. Основним їх протеїном є колаген. Товщина пучків колагенових волокон у овець становить 10–25 мк, а окремих фібрил — до 2 мк. Дерма багата кровоносними судинами і нервовими волокнами.

Диференціація дерми на сосочковий і сітчастий шари у ембріонів овець відбувається після 70-добового віку. У 3-місячних ембріонів ці шари вже повністю сформовані. Сітчастий шар прилягає до третього шару шкіри — підшкірної тканини [9].

Підшкірний шар (subcutis) складається з пухкої сполучної тканини. У ньому відкладається жир, який слугує запасом поживних речовин, які інтенсивно використовуються у найбільш критичні етапи фізіологічного стану організму, зокрема у вівцематок у перший період після окоту, тобто з настанням лактації. Завдяки пухкому розміщенню пучків колагенових і еластинових волокон підшкірна клітковина забезпечує рухоме прикріплення шкіри до тканин, які прилягають до неї.

У шкірному покриві добре розвинута система кровообігу з сильно розгалуженою сіткою кровоносних судин: капілярами, дрібними артеріями і венами, які утворюють цілу низку сплетінь й анастомозів. Завдяки такій будові кровоносної системи шкіра може депонувати до 10 % усієї крові, що циркулює в організмі [10].

У шкірі знаходиться також велика кількість нервових закінчень — рухливих, чутливих, судинорухливих та інших.

Морфоструктура шкіри залежить від породи, віку, статі тварини, клімату та способів вирощування і годівлі овець. У м'ясних порід овець найбільшого розвитку досягає підшкірний шар, що надає шкіри пухкості. У тонкорунних овець шкіра тонка і щільна, а у грубововнових — товстіша та щільніша. Вівці молодшого віку мають тоншу шкіру, ніж дорослі [11]. У баранів шкірний

покрив товстіший, ніж у вівцематок цієї ж породи. У добре вгодованих овець шкіра здається більш товстою і пухкою, ніж у тварин нормальної вгодованості [12, 13].

Стан шкіри свідчить про здоров'я тварин. У здорових тварин шкіра рожева, м'яка, еластична й достатньо жиропітна завдяки діяльності потових і сальних залоз. У хворих і виснажених тварин шкіра має блідий або синюватий відтінок, суха та жорстка.

1.2 Обмінні процеси у шкірі

Шкіра бере активну участь в обміні речовин організму. Вона відзначається високим рівнем обміну протеїнів та ліпідів, а за рівнем вуглеводного і мінерального обмінів поступається лише м'язам й печінці. Характерно, що закономірність метаболізму в ній є типовою як і для інших органів, але мають місце тільки її притаманні особливості, зумовлені процесами вовноутворення.

У овець шкіра становить 5–7 % від загальної маси. Вона містить 65–70 % води і 25–30 % сухої речовини, яка складається з протеїнів, ліпідів, вуглеводів, мінеральних та інших речовин.

Приблизно 80 % сухої речовини шкіри припадає на протеїни, основними з них є колаген, еластин, кератин, які належать до фібрилярних білків, а також глобулярні білки — альбуміни і глобуліни. У зв'язку з цим у шкірі овець відбувається інтенсивний протеїновий обмін. Так, шкіра овець відзначається великим вмістом Нітрогену (близько 15 %), що є свідченням потенційної участі цього органу у біосинтезі протеїнів. Підтвердженням цього є наявність у шкірі значної кількості нуклеїнових кислот, а також висока активність ензимів переамінування — амінотрансфераз. Поряд із синтезом протеїнів у шкірі інтенсивно відбуваються процеси їх катаболізму [14, 15].

Шкіра овець належить до тканин, бідних вуглеводами, хоча рівень їх обміну є порівняно високий. Сумарний вміст глікогену, мукополісахаридів і

моносахаридів та продуктів їх розпаду не перевищує 1–2 % від сухої речовини [16, 17]. Із усіх наявних вуглеводів у шкірі найбільша частка припадає на глікоген, який знаходиться у ній не дифузно, а сконцентровано. Зокрема, зовнішня коренева піхва волосяного фолікула містить не менше 4–5 % глікогену, тобто за цим показником шкіра наближається до печінки. У першій половині ембріонального розвитку особливо багато глікогену міститься в епідермісі, де він інтенсивно накопичується, а печінка у цей час цією функцією ще не володіє. Аналогічні градієнти концентрацій стосуються і низькомолекулярних вуглеводів, які, правдоподібно, також розташовані у місцях секреції та проліферації. За даними гістохімічних досліджень найвищі показники нуклеїнових кислот виявлено у зонах росту і кератинізації волосяних фолікулів, що безумовно вказує на аналогічне розташування ензимів і ензиматичних систем пептозофосфатного шляху обміну вуглеводів. Вміст глікогену у шкірі пов'язаний із синтезом кератину, утворенням поту, розмноженням клітин, тобто з процесами, які потребують значних затрат енергії. Поряд із глікогеном у шкірі завжди присутня глюкоза, концентрація якої, як правило, не залежить від її вмісту у крові.

Шкіра має усі ензиматичні системи, необхідні для гліколітичних процесів. Вуглеводи й продукти їх обміну практично не включаються в аеробне окиснення, відповідно вся вуглеводна енергетика шкіри базується на анаеробному розпаді і, зрозуміло, не може забезпечити значних енерговитрат на синтез кератину чи секреторні функції залоз.

Отже, доводиться констатувати, що вуглеводи шкіри — це, насамперед, пластичний матеріал для синтезу нуклеїнових кислот, моно- і полісахаридів, що є її унікальною властивістю, яка не спостерігається у жодній іншій тканині організму [16, 17].

Найбільш активною в метаболічному відношенні частиною шкіри є волосяні фолікули, а також сальні і потові залози. У них містяться в порівняно високих концентраціях різні метаболіти, ензими і ензиматичні системи.

Доведено, що за секунду фолікул синтезує біля 20 млн. одиниць специфічного протеїну — кератину, з котрого побудоване вовняне волокно [18].

Таким чином, швидкість синтезу протеїну в шкірі більш, ніж у 1,5 рази перевищує аналогічний показник у м'язах. За добу відновлюється біля третини протеїнового складу цього органу [19]. Зрозуміло, що такі інтенсивні процеси потребують не тільки великої кількості пластичного матеріалу, але й енергетичних ресурсів, оскільки на 1 мг кератину витрачається 70 нмоль АТФ [20].

Велика кількість і висока активність ензимів у шкірі значною мірою пов'язана з достатньо великим вмістом вітамінів, гормонів, а також інтенсивним рівнем обміну мінеральних речовин, що загалом забезпечує перебіг у ній різноманітних біологічних процесів.

Стосовно мінеральних речовин, то у шкірі є доволі великий вміст усіх мінеральних елементів, але особливо Калію, Натрію і Фосфору. Для нормальної діяльності шкіри потрібні всі вітаміни, але найбільш важливими для неї є вітаміни А, D, С, В₁, В₂, В₆, РР, пантотенова кислота [21].

Таблиця 1. Вміст вітамінів і мінеральних елементів у шкірі [21]

Вітаміни, мкг/г сухої речовини		Мінеральні елементи, мг% на суху масу	
Аскорбінова кислота, мг% (С)	– 3,0	Калій	– 322–558
Тіамін (В ₁)	– 2,0	Натрій	– 122–247
Рибофлавін (В ₂)	– 1,9	Кальцій	– 15–65
Пантотенова кислота (В ₃)	– 3,7	Манган	– 18–34
Нікотинова кислота (В ₅ , РР)	– 15,0	Фосфор	– 351
Піридоксин (В ₆)	– 0,18-0,66	Купрум	– 0,56
Ціанокобаламін (В ₁₂)	– 0,021	Цинк	– 2,4
Біотин (Н)	– 0,046	Ферум	– 1,0
Параамінобензойна кислота (Н ₁ , В _x)	– 2,4	Миш'як	– 0,26
Фолієва кислота	– 0,11		
Холін	– 2471		
Інозит	– 526		
Ретинол (А)	– 2,71		

1.3 Ліпіди шкіри

Шкіра бере активну участь у ліпідному обміні, про що свідчать порівняно високі показники ліпідних компонентів у ній. У шкірному покриві овець ліпідів міститься більше, ніж у деяких інших органах і може сягати 11 й більше відсотків від маси шкіри. Слід відзначити, що ліпіди шкіри мають двояке походження: продукуються сальними залозами і синтезуються в епідермісі при зроговінні клітин [22, 23]. І все ж, основним джерелом ліпідів шкіри, безперечно, є сальні залози, функція яких регулюється ендокринною і нервовою системами [24–26].

Відомо, що до складу епідермальних ліпідів входять різні класи, в тому числі цераміди, глікозилцераміди, сульфоліпіди, тобто ліпіди, які належать до групи так званих гліколіпідів [27, 28]. Щоправда, ці повідомлення стосуються шкіри людини та свині. Що ж до ліпідного складу шкіри овець, то такі дані поодинокі. При цьому доречно нагадати, що ліпідний склад шкіри різних видів тварин і людини є різний. Це пояснюється багатьма чинниками і, найперше, функціональним станом організму. Так, наприклад, секрет сальних залоз людини є унікальним в тому відношенні, що до його складу входять триацилгліцероли. Правда, можливість їх синтезу сальними залозами виявлена і у великої рогатої худоби [29]. Не виключено, що синтез ацилгліцеролів у сальних залозах є обов'язковим для всіх видів тварин. А їх відсутність в поверхневих ліпідах, у тому числі у вовновому воску вівці, можна пояснити гідролізом триацилгліцеролів, тобто ще до того, ніж вони досягнуть поверхні шкіри. До речі, гідроліз триацилгліцеролів шкірного сала може проходити також під впливом бактеріальних ліпаз [30, 31].

Сфінголіпіди, особливо цераміди, є важливими складовими компонентами внутрішньоклітинних біомембран рогового шару шкіри [32, 33]. Цераміди — це структурно гетерогенна група сполук, що містить сфінгозин та фітосфінгозин з негідрокси та альфа-гідрокси жирними кислотами, з'єднаними амідними зв'язками. Вважається, що цераміди слугують фізичним бар'єром, що

запобігає втраті води. Особлива роль у цьому плані надається лінолевій кислоті та її ліпооксигенозним метаболітам. Встановлено, що дефіцит незамінних жирних кислот у раціоні призводить до значних втрат води через шкіру [34–37].

Споріднені з церамідами є епідермальні глікозилцераміди, які після хімічного усунення цукрів можна розділити на дев'ять різних фракцій. По-суті, глікозилцераміди — це глікозиловані варіанти церамідів, в яких бета-глюкопіронозилова частина з'єднана з І-гідроксильною групою довголанцюгової основи [38, 39].

Найбільший інтерес серед епідермальних глікосфінголіпідів має глікозилцерамід А, що становить близько 50 % усіх гліколіпідів. Цей епідермальний ліпід вперше був виділений і досліджений Н. J. Yardley [40], а Р. W. Wertz, D. T. Downing [41] детально розшифрували їхню структуру. З'ясувалось, що глікозилцерамід А складається з сфінгозинової основи і омега-гідрокислот — це 30-карбонова насичена і 32-карбонова моноєнова кислоти з прямим ланцюгом, які мають амідний зв'язок. Омега-гідроксильна група гідрокислоти через етерний зв'язок приєднує частину лінолевої кислоти.

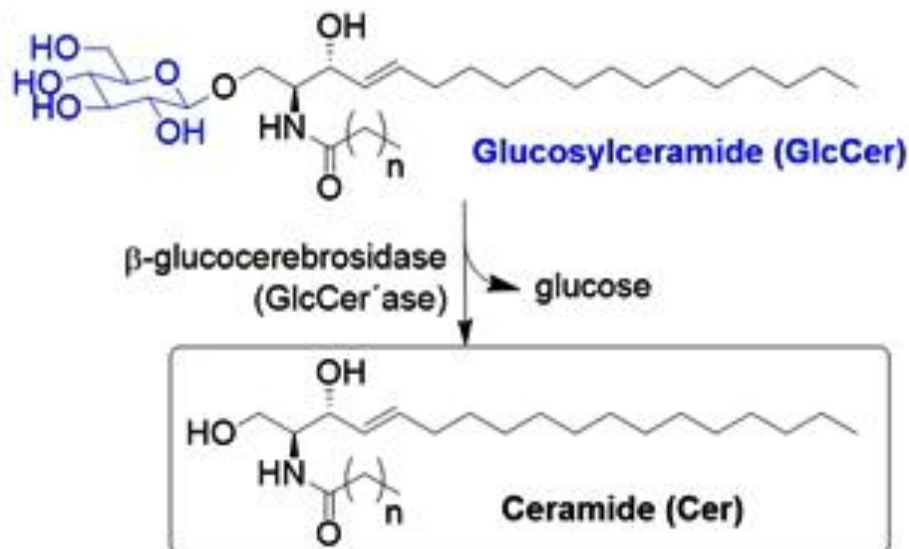


Рис. 2. Схема перетворення глікозилцерамідів у цераміди під дією β -глюкоцеребросидази [42]

До речі, з епідермісу свині було виділено 6 структурно різних типів церамідів, які включали сфінгозин, дигідросфінгозин і фітосфінгозин, як

основні компоненти; нормальні, α -гідроксикислоти, ω -гідроксикислоти, як аміднозв'язані жирні кислоти; один тип керамідів включав етернозв'язану жирну кислоту. Деякі структурні типи керамідів є у роговому шарі шкіри людини, але їх співвідношення є різне [32, 43]. Кераміди з епідермісу людей також включають варіанти сфінгозину, 6-гідроксисфінгозину [44]. Було показано, що епідерміс рогового шару свині містить значні кількості ковалентно зв'язаних ліпідів, основним з яких є ω -гідроксицерамід [45]. У невеликих кількостях також містяться насичені жирні кислоти і гідроксикислоти. Подібні ліпіди притаманні для рогового шару людини, але тут є ще інший тип гідроксицераміду, що містить варіант фітосфінгозину [46]. Згодом з'ясувалось, що це 6-гідроксисфінгозин [47].

Порівняльне вивчення структури епідермальних керамідів свині, які розділялись на 6 хроматографічних фракцій, було проаналізовано хімічними, хроматографічними і спектроскопічними методами. Найменша кількість полярних керамідів складається з 30–34 карбонових ω -гідроксикислот, сполучених амідними зв'язками з сумішшю сфінгозинів і дигідросфінгозинів. Довголанцюговий основний компонент цих керамідів містить від 16 до 22 Карбонів, складається з $C_{18:1}$, $C_{20:1}$ і $C_{22:1}$ жирних кислот. Також є жирні кислоти, які етернозв'язані з ω -гідроксильною групою, 75 % якої складає лінолева кислота. Про цю особливість згадується у деяких джерелах як керамід 1 чи ацетилцерамід. Але у більшості систематичних номенклатурних систем, зокрема запропонованій S. M. Motta зі співаторами [48], він значиться як Cer[EOS]. У цій системі аміднозв'язана жирна кислота позначається як N, A або O, щоб вказати нормальна, α -гідрокси чи ω -гідрокси відповідно. Основний компонент позначається S або P для сфінгозину або фітосфінгозину відповідно. Зрозуміло, що сфінгозини взагалі супроводжуються дигідросфінгозинами у керамідах. Cer[EOS] є переважно у двох варіантах: перший — це довголанцюгова ω -гідроксиацильна частина молекули, достатньо довга і на певному проміжку типово двошарова; другий — це високе співвідношення (велика кількість) етернозв'язаної лінолевої кислоти. Вважають, що кераміди

разом з аналогічними глюкозильованими Cer[EOS] у живих шарах епідермісу разом з лінолевою кислотою відіграють есенціальну роль у формуванні і утриманні бар'єрної функції шкіри [49, 50].

Специфічна роль Cer[EOS] пов'язана з формуванням інтрацелюлярних ламел (пластин) рогового шару, які є сплющеними везикулами, що виштовхнені з ламелярних гранул у міжклітинний простір. Ці сплющені везикули з'єднуються у спосіб ребро до ребра (край до краю), утворюючи, таким чином, спарений біошар. Cer[EOS] асоційовані з кожною парою ламел в обидвох можливих орієнтаціях.

Приблизно половина Cer[EOS] орієнтована полярними головками групами у зовнішні полярні області спареного біошару. Інша половина Cer[EOS] молекул орієнтована полярними головками у полярні області в центр пар ламел. Для Cer[EOS] у попередній орієнтації ω -гідроксиацил частина молекули з'єднує біошар, тоді як лінолеві вставки у другому біошарі зв'язують пари біошару разом. Для Cer[EOS] у другій орієнтації лінолеві хвости беруть участь у формуванні вузьких шарів, що знаходяться між спареним біошаром.

Було показано, що відновлення пошкодженої бар'єрної функції епідермісу відбувається швидше, якщо цераміди, холестерол і жирні кислоти знаходяться в молярному співвідношенні 1:1:1, тому що за цих умов формуються рідкі кристали (об'ємне співвідношення 4:3:2) [51].

Цераміди разом з такими ліпідами, як холестерол і жирні кислоти, беруть участь у формуванні ліпідного бар'єру рогового шару. Цей бар'єр утворений ліпідними шарами, які складаються з бішарових мембран. Ліпіди, що утворюють такі структури, мають особливу будову. Відомо, що властивістю самовільно збиратися у замкнуті везикули і двохшарові мембрани, володіють полярні ліпіди, що складаються з двох частин — гідрофобної та гідрофільної. Такі ліпіди у водному розчині формують структури, що нагадують за своїми властивостями рідкі кристали. G. Imokawa зі співаторами [52] дослідили різні фракції ліпідів рогового шару і виявили, що в умовах *in vitro* саме цераміди здатні формувати багатшарові пухирці (рідкі кристали), причому ці пухирці

володіють високою водоутримуючою здатністю. Вони також встановили, що здатність шкіри утримувати воду переважно залежить від керамідів.

Шкіра характеризується великим вмістом фосфоліпідів. У перерахунку на суху масу їх частка становить біля 20–30 %. Різні шари епідермісу містять неоднакові кількості фосфоліпідів. Концентрація фосфоліпідів, до речі, як і триацилгліцеролів, у епідермісі знижується в напрямку від базального до рогового шару [53, 54]. У метаболічному відношенні епідерміс у декілька разів активніший за власне шкіру [55, 56]. Ліпідів він містить приблизно стільки, як і протеїнів, тобто близько 5 мг на кожний міліграм Нітрогену. В епідермісі переважно синтезуються фосфоліпіди і стероли, у дермі — стероли та етери жирних кислот [57], в сальних залозах — сквален, у підшкірній клітковині — жирні кислоти і гліцероли [22, 58, 59].

Встановлено, що численні ензими шкірного покриву каталізують синтез холестеролу і його естерів з ацетату. Вважають, що за умов *in vitro* шкіра дорослих щурів за активністю синтезу холестеролу із ацетату прирівнюється до печінки, а шкіра однодобових щурів у 2–2,5 рази перевищує її. За оптимальних фізіологічних умов синтез холестеролу сягає 15–20 %, сквалену — 25–30 % від кількості доданого міченого ацетату. Є дані про те, що холестерол може синтезуватись у безклітинних гомогенатах шкіри [60].

Кількість холестеролу в ліпідах шкіри залежить від віку, стану та характеру годівлі тварин. З віком кількість холестеролу зменшується, але це не пов'язано з атрофією сальних залоз, оскільки у молодому віці, тобто тоді, коли залози функціонують не повною мірою, шкіра містить холестеролу в 3 рази більше. Можливо це пов'язано з ензимами, активність яких у шкірі з віком знижується [61, 62].

Епідерміс шкіри можна вважати дегенеративною тканиною, оскільки в період кератинізації внутрішні оболонки клітин зазнають прогресивного розпаду. Ці зміни пов'язані з етерифікацією холестеролу. Холестеролові етери у зроговілому шарі епідермісу є результатом комбінації холестеролу з жирними кислотами, які звільняються при розпаді фосфоліпідів. У процесі мацерації

сальної залози кількість естерів жирних кислот продовжує збільшуватись після завершення синтезу триацилгліцеролів. Джерелом додаткового матеріалу для цього синтезу є жирні кислоти, які звільнилися за розпаду фосфоліпідів [63].

Гіпотеза про взаємозв'язок стеролів з кератинізацією не нова. Відомо, що неестерифікований холестерол міститься тільки в мембранах і в міру зроговіння клітин внутрішні мембрани зникають, а холестерол переходить у естерифіковану форму. Джерелом жирних кислот для цього процесу, як уже було сказано, є фосфоліпіди. Для нормального перебігу процесу кератинізації епідерміс повинен продукувати ліпопротеїн, який включає особливий вид стеролового етеру [64]. Для естерифікації епідермального холестеролу можуть використовуватись також жирні кислоти, які утворились у процесі гідролізу триацилгліцеролів шкірного сала за допомогою бактеріальних ліпаз [65].

Наявність холестеролу, активне перетворення гідрокортизону в кортизон свідчить про те, що шкіра слугує місцем метаболізму і трансформації стероїдних гормонів або продуктів їх обміну. Її можна розглядати як орган ендокринної системи, який здатний синтезувати стероїдні гормони, у тому числі чоловічі й жіночі статеві гормони [66].

У епідермісі, дермі, потових і сальних залозах, а також волосяних фолікулах, були знайдені 17β -, 3β - та 3α -гідроксистероїди. З'ясовано, що усі тканини здатні перетворювати тестостерон в 5α -дигідротестостерон, андростерон і андростендіол [67].

Про жирні кислоти сказано досить багато. За допомогою газорідиної хроматографії з ліпідів шкіри людей виділено жирні кислоти з 30 і більше карбоновими атомами, а у мишей — до 35 атомів Карбону. Встановлено, що основними жирними кислотами триацилгліцеролів епідермісу мишей є міристинова, пальмітинова, пальмітоолеїнова, стеаринова і ліолева. А в стерол-етерній фракції ідентифіковані жирні кислоти з ізо- та антеїзорозгалуженим ланцюгом, а також непарні жирні кислоти з прямим ланцюгом. У ліпідах шкіри людей поліненасичені жирні кислоти знаходяться переважно у складі фосфоліпідів. Особливо велика кількість (до 9 % від усіх

кислот) припадає на арахідонову кислоту. Ейкозапентаєнова ($C_{20:5}$) в основному міститься у складі фосфатидилхоліну, а бегенова ($C_{22:6}$) кислота — у фосфатидилетаноламіні. Важливо, що пул фосфоліпідів, що містить поліненасичені жирні кислоти $C_{22:6}$, є стійкий до дії фосфоліпази А [68, 69].

Дехто вважає, що гідроліз ацилцераміду до ацильованого і вільного сфінгозину не є основним шляхом обміну лінолевої кислоти. Остання метаболізується переважно шляхом перенесення від фосфоліпідів до ацилглюкозилцераміду і ацилцераміду [70].

Було показано, що ензими мікросом епідермісу щурів і морських свинок каталізують перетворення лінолевої кислоти в гамма-лінолеву та дигомогаммалінолеву кислоти. Однак, вони не каталізують трансформацію їх в арахідонову кислоту, як це відбувається в печінці [71].

У мишей виявлено підвищену активність підшкірної тканини в накопиченні простагландину E_1 . Його роль у шкірі пов'язують з регуляторним впливом на ріст епітеліальних клітин та зроговіння епідермісу [72].

Ліпогенез у шкірі регулюється багатьма гормонами. Оскільки шкіра є органом-мішенню для цілої низки гормонів, отже, не дивно, що зміни в гормональному статусі завжди позначаються на складі ліпідів шкіри. Так, введення меланоцитостимулюючого гормону, при видаленні задньої долі гіпофізу, призводить до відновлення біосинтезу етерів у дермі щурів до контрольного рівня. Андрогени стимулюють диференціацію епідермальних клітин волосяних фолікулів і секреторну діяльність сальних залоз, а естрогени й антиандрогенні стероїдні гормони, навпаки, гальмують функцію сальних залоз.

У регуляції ліпогенезу в шкірі беруть участь також такі гормони, як інсулін і окситоцин. Зокрема, інсулін посилює ліпогенез не тільки шляхом підвищення трансформації глюкози і активації піруватдегідрогенази, але й шляхом збільшення транспорту цитрату із мітохондрій в цитоплазму [73]. Про вплив гормонів на ліпогенез у шкірі більш детально буде описано у розділі 5.1.

Кількість ліпідів у шкірі овець залежить від багатьох чинників, зокрема індивідуальних особливостей, породної приналежності, фізіологічного стану

[74]. З даних таблиці 2 видно, що шкіра овець з різним характером вовняного покриву відрізняється за вмістом загальних ліпідів. Для шкіри тонкорунних овець завжди притаманна вища концентрація загальних ліпідів. Характерно, що вищий рівень останніх у тварин цього напрямку продуктивності забезпечується, в основному, за рахунок більшого вмісту фосфоліпідів.

Таблиця 2. Кількісний та якісний склад ліпідів шкіри овець різного напрямку продуктивності

Ліпіди	Тонкорунні (прекос)	Грубововнові (УГКП)
Загальні ліпіди, % на суху шкіру	5–11	3–9
Фосфоліпіди, % від загальних	17–32	15–25
Склад фосфоліпідів, %:		
— фосфатидилсерин	21–40	10–40
— сфінгомієлін	18–30	16–40
— фосфатидилхолін	20–35	7–27
— фосфатидилетаноламін	5–18	6–22
Склад нейтральних ліпідів, %:		
— ацилгліцероли	5–31	6–32
— НЕЖК	4–12	2–11
— загальний холестерол	58–75	57–72
в т.ч. – неетерифікований	17–38	25–48
— етерифікований	37–50	35–48
— інші стероли	4–12	5–11

Як видно, найбільший відсоток від загальної кількості ліпідів шкіри припадає на стероли, зокрема холестерол, більшість якого перебуває у формі етерів, а також фосфоліпіди. Характерною особливістю ліпідного складу шкіри у цього виду тварин є відносно низький рівень ацилгліцеролів. Основним місцем локалізації їх є підшкірна клітковина [74].

БИБЛИОГРАФИЧНИЙ СПИСОК

1. Зимин П. В. Сравнительная морфология кожно-волосяного покрова у некоторых видов домашних и диких копытных животных: дис.... канд. вет. наук: 16.00.02 / П. В. Зимин, Саратов, 2006. 123 с.
2. Фейзуллаев Ф. Р., Шайдуллин И. Н., Каплинская Л. И. Особенности гистологического строения кожно-шерстного покрова овец волгоградской тонкорунной породы. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2008. № 1. С. 50–53.
3. Дмитрик И. И., Завгородняя Г. В. Гистоструктура кожи и свойства шерсти у баранчиков ставропольской породы. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2001. № 3. С. 39–41.
4. Дмитрик И. И., Криворучко И. И., Завгородняя Г. В. Гистоструктура кожи и шерстная продуктивность овец ставропольской породы. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2003. № 2. С. 34–36.
5. Марченко В. А., Федореева Л. Р. Морфологические особенности кожи мясо-шерстных ярок разных сроков рождения в Горном Алтае. Аграрные проблемы Горного Алтая. Новосибирск, 2001. С. 77–80.
6. Екимов А. Н., Пушкарев Н. Н. Гистоструктура кожи и пуховая продуктивность оренбургских коз. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2002. № 2. С. 21–25.
7. Ролдугина Н. П. Пигментация шерстных волокон каракульских овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2001. № 1. С. 16–18.
8. Копейкин И. Г., Виноградов И. И., Вершинин А. С. О гистоструктуре кожи забайкальской тонкорунной породы овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2004. № 1. С. 12–14.
9. Опалева Н. Н. Особенности гистоструктуры кожи кулундинских грубошерстных овец и их помесей с породой тексель: дис.... канд. биол. наук: 16.00.02 / Н. Н. Опалева. Оренбург, 2008. 120 с.

10. Кущенко В. А., Матвеева Л. В. Гистоструктура кожи и густота шерстных фолликулов у северокавказских и помесных ярок. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2001. № 4. С. 30–31.
11. Ролдугина Н. П. Возрастные изменения гистоструктуры кожи у грубошерстных овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2006. № 4. С. 7–10.
12. Шестакова Е. В., Куликова А. Я. Гистоструктура кожи и шерстная продуктивность овец северокавказской мясо-шерстной породы и ее помесей с баранами породы тексель. *Доклады ТСХА*. 2002. Вып. 274. С. 374–377.
13. Трухачев В. И., Велик Н. И., Болотов Н. А., Асеева Н. В. Влияние сочетания пород овец на формирование кожного покрова ярок. *Зоотехния*. 2007. № 1. С. 30–31.
14. Исса Хасан, Аль-Лахам Б.. Настриг и свойства шерсти овец породы аваси при разном уровне протеина в рационе. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2004. № 4. С. 31–33.
15. Шунк А. А. Нарушение белково-минерального обмена у овец в БГЦ Третьяковского района Алтайского края: дис.... канд. вет. наук: 16.00.01 / А. А. Шунк, Санкт-Петербург, 2009. 147 с.
16. Гуменюк В. В. , Макар І. А. Вивчення енергетичного обміну у шкірі овець. Методичні рекомендації. Львів, 1991. 14 с.
17. Mier P. D., Cotton D. W. K. The molecular biology of skin. London: Blackwell Scientific, 1976. 469 p.
18. Таранов М. Т. Биохимия и продуктивность животных. М.: Колос, 1976. 239 с.
19. Chikenji T., Elwyn D. H., Kinney J. M. Protein synthesis rates in rat muscle and skin based on Lysyl-tRNA radioactivity. *Journal of Surgical Research*. 1983. Vol. 34, № 1. P. 68–82.
20. Halprin K. M. The energy required for keratin synthesis. *British Journal of Dermatology*. 1966. Vol. 78, № 10. P. 541–543.
21. Макар И. А. Биохимические основы шерстной продуктивности овец. М.: Колос, 1977. 191 с.

22. Nicolaides N. Skin lipids. Their biochemical uniqueness. *Science*. 1974. Vol. 186, № 4. P. 19–26.
23. Pullmannová P., Pavlíková L., Kováčik A. Permeability and microstructure of model stratum corneum lipid membranes containing ceramides with long (C16) and very long (C24) acyl chains. *Biophysical Chemistry*. 2017. Vol. 224. P. 20–31.
24. Ebling F. J. Sex hormones and skin. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists*. 1974. Vol. 25, № 7. P. 381–395.
25. Eisenbeiss C., Welzel J., Schmeller W. The influence of female sex hormones on skin thickness: evaluation using 20 MHz sonography. *British Journal of Dermatology*. 1998. Vol. 139, № 3. P. 462–467.
26. Farage M. A., Miller K. W., Zouboulis C. C. et al. Gender differences in skin aging and the changing profile of the sex hormones with age. *Journal of steroids and hormonal science*. 2012. Vol. 3, Issue 2. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7536.1000109>.
27. Wertz P. W. Lipids and barrier function of the skin. *Acta Dermato-Venereologica*. 2000. Supp. 208. P. 7–11.
28. Madison K. C. Barrier function of the skin: «la raison d`etre» of the epidermis. *Journal of Investigative Dermatology*. 2003. Vol. 121, № 2. P. 231–241.
29. Noble R. C., McEwan J. D., McMaster Y. D. et al. Lipid composition of the bovine epidermis. *Research in Veterinary Science*. 1984. Vol. 37, № 1. P. 120–122.
30. Goetz N., Burgaud H., Berrwbi C., Bore P. Examination of the lipids from single hair bulbs comparison with the contents of the sebaceous gland and with surface samples. *Models Dermatol*. 1989. Vol. 4. P. 138–146.
31. Lefkowitz J. B., Evers A. S., Elliott W. J., Needleman P. Essential fatty acid deficiency: a new look at an old problem. Prostaglandins, Leukotrienes and Medicine. 1986. Vol. 23, № 2–3. P. 123–127.
32. Holth C. M., Rosen P. The role of arachidonic acid in rat heart cell metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1987. Vol. 921, № 2. P. 352–356.

33. Holleran W. M., Gao W. N., Feingold K. R., Elias P. M. Localization of epidermal sphingolipid synthesis and serine palmitoyl transferase activity: alterations imposed by permeability barrier requirements. *Archives of Dermatological Research*. 1995. Vol. 287, № 3–4. P. 254–258.
34. Bouwstra J. A., Gooris G. S., Dubbelaar F. E. et al. Role of ceramide 1 in the molecular organization of the stratum corneum lipids. *The Journal of Lipid Research*. 1998. Vol. 39. P. 186–196.
35. Del Regno A, Notman R. Permeation pathways through lateral domains in model membranes of skin lipids. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2017. Режим доступа: [http://doi: 10.1039/c7cp03258g](http://doi:10.1039/c7cp03258g).
36. Schmitt T., Lange S., Sonnenberger S. et al. Determination of the influence of C24 D/(2R)- and L/(2S)-isomers of the CER[AP] on the lamellar structure of stratum corneum model systems using neutron diffraction. *Chemistry and Physics of Lipids*. 2017. Vol. 209. P. 29–36.
37. Chao Yuan, Ying Zou, Yao Xueqiu et al. Properties of skin in chinese infants: developmental changes in ceramides and in protein secondary structure of the stratum corneum. *Bio Med Research International*. 2017. Режим доступа: [http://doi: 10.1155/2017/3594629](http://doi:10.1155/2017/3594629).
38. Školová B., Kováčik A., Tesařet O. al. Phytosphingosine, sphingosine and dihydrosphingosine ceramides in model skin lipid membranes: permeability and biophysics. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2017. Vol. 1859, Issue 5. P. 824–834.
39. Sochorová M., Staňková K., Pullmannová P. et al. Permeability barrier and microstructure of skin lipid membrane models of impaired glucosylceramide processing. *Scientific reports*. 2017. Режим доступа: <http://doi:10.1038/s41598-017-06990-7>.
40. Yardley H. J. Epidermal lipids. *Biochemistry and physiology of the skin*. N. Y.: Oxford, 1983. Vol. 1. P. 1833–1842.
41. Wertz P. W., Downing D. T. Glucosylceramides of pig epidermis: structure determination. *The Journal of Lipid Research*. 1983. Vol. 24. P. 753–758.

42. Wertz P. W., Miethke M. C., Long S. A. The composition of the ceramides from human stratum corneum and from comedones. *Journal of Investigative Dermatology*. 1985. Vol. 84. P. 410–412.
43. Wertz P. W., Swartzendruber D. C., Madison K. C., Downing D. T. The composition and morphology of epidermal cyst lipids. *Journal of Investigative Dermatology*. 1987. Vol. 89. P. 419–425.
44. Robson K. J., Stewart M. E., Michelsen S. et al. 6-Hydroxy-4-sphingene in human epidermal ceramides. *The Journal of Lipid Research*. 1994. Vol. 35. P. 2060–2068.
45. Wertz P. W., Downing D. T. Covalently bound ω -hydroxy ceramide in the stratum corneum. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1987. Vol. 917. P. 108–111.
46. Wertz P. W., Madison K. C., Downing D. T. Covalently bound lipids of human stratum corneum. *Journal of Investigative Dermatology*. 1989. Vol. 91. P. 109–111.
47. Kováčik A., Šilarová M., Pullmannová P. et al. Effects of 6-hydroxyceramides on the thermotropic phase behavior and permeability of model skin lipid membranes. *Langmuir*. 2017. Vol. 33, № 11. P. 2890–2899.
48. Motta S. M., Monti M., Sesana S. et al. Ceramide composition of the psoriatic scale. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1993. Vol. 1182. P. 147–151.
49. Iwai I., Han H., den Hollander L. et al. The human skin barrier is organized as stacked bilayers of fully extended ceramides with cholesterol molecules associated with the ceramide sphingoid moiety. *Journal of Investigative Dermatology*. 2012. Vol. 132, Issue 9. P. 2215–2225.
50. Bouwstra J. A., Gooris G. S., Dubbelaar F. E. R., Ponc M. The lipid organisation in the skin barrier. *Acta Dermato-Venereologica*. 2000. Suppl. 208. P. 23–30.
51. Нойман Д. Ceramide II в современных средствах по уходу за кожей и волосами. *Косметика и медицина*. 2001. С. 1–7.
52. Imokawa G., Akasaki S., Minematsu Y., Kawai M. Importance of intercellular lipids in water-retention properties of the stratum corneum: induction

and recovery study of surfactant dry skin. *Archives of Dermatological Research*. 1989. Vol. 281, № 1. P. 45–51.

53. Long V. J. Changes in the fatty acid composition of the phospholipids, triglycerides and free fatty acids with depth in the cow snout epidermis. *British Journal of Dermatology*. 1972. Vol. 87, № 3. P. 227–234.

54. Параняк Н. М., Макар І. А. Вміст ліпідів в крові та шкірі овець в процесі росту вовни. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. 1993. Вип. 15, № 1. С. 32–34.

55. Hsia S. L., Fulton J. E., Fulghum Jr. D., Buch M. M. Lipid synthesis from acetate-1-14C by suction blister epidermis and other skin components. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1970. Vol. 135, № 2. P. 285–291.

56. Параняк Н. М., Макар І. А. Використання [1-14C] ацетату в синтезу ліпідів шкіри овець в дослідях in vitro. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. 1991. Вип. 13, № 2. С. 39–42.

57. Prottly C., Hartop P. J., Ferguson T. F. M. Lipid synthesis in rat skin. *British Journal of Dermatology*. 1972. Vol. 87, № 6. P. 586–607.

58. Стапай П. В. Показатели липидного обмена в коже овец в связи с шерстеобразованием. *Научно-технический бюл. УкрНИИ физиологии и биохимии с.-х. животных*. 1979. Вип. 2. С. 62–63.

59. Jia Y., Gan Y., He C. The mechanism of skin lipids influencing skin status. *Journal of dermatological science*. 2017. Режим доступу: <http://doi:10.1016/j.jdermsci.2017.11.006>.

60. Brady D. R., Gailor J. L. Enzymic formation of esters of methyl sterol precursorsob cholesterol. *The Journal of Lipid Research*. 1971. Vol. 12, № 3. P. 270–276.

61. Mi Eun Lee, So Ra Kim, Seungkoo Lee et al. Cyclooxygenase-2 inhibitors modulate skin aging in a catalytic activity-independent manner. *Experimental & Molecular Medicine*. 2012. Vol. 44, № 9. P. 536–544.
62. Tobin D. J. Introduction to skin aging. *Journal of Tissue Viability*. 2017. Vol. 26, Issue 1. P. 37–46.
63. Groen D., Gooris G. S., Bouwstra J. A. Model membranes prepared with ceramide EOS, cholesterol and free fatty acids form a unique lamellar phase. *Langmuir*. 2010. Vol. 26, № 6. P. 4168–4175.
64. Groen D., Berthaud F., Bouwstra J. A. In vitro model systems for studying the impact of organic chemicals on the skin barrier lipids. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2014. Vol. 1838, Issue 1, Part B. P. 310–318.
65. Iwai I., Kunizawa N., Yagiet E. al. Stratum corneum drying drives vertical compression and lipid organization and improves barrier function in vitro. *Acta Dermato-Venereologica*. 2013. Vol. 93, Issue 2. P. 138–143.
66. Jozic I., Stojadinovic O., Kirsner R. S., Tomic-Canic M. Stressing the steroids in skin: paradox or fine-tuning? *Journal of Investigative Dermatology*. 2014. Vol. 134, Issue 12. P. 2869–2872.
67. Dobričić V., Nikolic K., Vladimirov S., Čudina O. Biopartitioning micellar chromatography as a predictive tool for skin and corneal permeability of newly synthesized 17 β -carboxamide steroids. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2014. Vol. 56. P. 105–112.
68. Kim H. R., Pham H. T., Ziboh V. A. Flavonoids differentially inhibit guinea pig epidermal cytosolic phospholipase A2. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2001. Vol. 65, № 5–6. P. 281–286.
69. Ziboh V. A., Cho Y., Mani I., Xi S. Biological significance of essential fatty acids /prostanoids/ lipoxygenase-derived monohydroxy fatty acids in the skin. *Archives of Pharmacal Research*. 2002. Vol. 25, № 6. P. 747–758.
70. Wertz P. W., Downing D. T. Metabolism of linoleic acid in porcine epidermis. *The Journal of Lipid Research*. 1990. Vol. 31, № 10. P. 1839–1844.

71. Eder A. E., Munir S. A., Hobbyet C. R. al. Exogenous polyunsaturated fatty acids (PUFAs) alter phospholipid composition, membrane permeability, biofilm formation and motility in *Acinetobacter baumannii*. *Microbiology*. 2017. Vol. 163, Issue 11. P. 1626–1636.

72. Rundhaug J. E., Simper M. S., Surh I., Fischer S. M. The role of the EP receptors for prostaglandin E2 in skin and skin cancer. *Cancer and Metastasis Reviews*. 2011. Vol. 30, Issue 3–4. P. 465–480.

73. Zouboulis C. C. The skin as an endocrine organ. *Dermato Endocrinology*. 2009. Vol. 1, № 5. P. 250–252.

74. Стапай П. В. Ліпіди шкіри та їх роль в процесах вонно утворення. *Науково-технічний бюл. Інституту біології тварин*. 2000. Вип. 2. С. 5–13.

2. СКЛАД І ФУНКЦІЯ СЕКРЕТУ САЛЬНИХ І ПОТОВИХ ЗАЛОЗ

У шкірі овець розміщуються сальні і потові залози. Їх секрет в овець називають *жиропотом*, оскільки він складається з двох компонентів — воску і поту, які є відповідно продуктами секреторної діяльності цих залоз [1–3].

Сальні залози — невеликі органи, що розташовані в дермі шкіри, властиві лише ссавцям. Це мішечкоподібні вип'ячування зовнішньої піхви на межі з волосяною воронкою, клітини якої мають специфічну диференціацію. У тонкорунних овець один фолікул супроводжують дві мішечкоподібні дольки, а у грубововнових їх буває декілька [4, 5]. Зовні сальна залоза оточена особливим шаром сполучної тканини, яка, по-суті, є продовженням сумки фолікула [6]. Характерною особливістю цього шару є наявність гладком'язових клітин, що сприяють витисканню вмісту залози в період інтенсивної секреції [7].

За характером секреції сальні залози відносяться до голокринового типу, тобто до таких, в яких виділення секрету супроводжується повним руйнуванням клітин. Отже, функціонування залози вимагає постійної проліферації камбіальних клітин, які поповнюють втрати дегенерованих в процесі секреції [8].

У процесі проліферації камбію утворюються клітини двох типів: ті, що зберігають камбіальні властивості і ті, що проходять шлях диференціації, яка полягає в накопиченні гранул секрету. Під електронним мікроскопом секрет сальних залоз має вигляд осміофільних гранул, що не відокремлені від цитоплазми цитоплазматичними мембранами [9, 10].

Цитоплазма багата мітохондріями, які містять чимало рибосом і сферичних бульбашок (діаметром біля 0,5 мкм) з контурами цитоплазматичних мембран. Деяка частина цих бульбашок є лізосомами, які очевидно слугують для запрограмованого руйнування клітин, оскільки в них містяться гідролітичні ензими, зокрема арилсульфатаза. Вважають, що лізосомна активність призводить не тільки до руйнування клітин, але й перетворює частину цитоплазми у сальний секрет [11].

На ранніх стадіях диференціації і накопичення секрету ядро зберігається і розташовується в центрі клітини. Об'єм клітини при накопиченні секрету помітно зростає і може навіть перевищувати масу клітин більше, ніж у 100 раз. Клітини, що зазнають диференціації, у процесі проліферації відтісняються до центру щільно набитого «мішка» залози, а відтак проштовхуються у протоку. Ядро у цей час відмирає, клітини руйнуються і їх вміст виливається у папілярний проміжок [12].

Сам процес синтезу секрету, а також припинення життєдіяльності клітин — біологічно запрограмовані, вони проходять у строгому порядку і у точно визначений час, але залежно від особини та виду тварин. Вважають, що період відновлення клітинної популяції сальної залози у тонкорунних овець становить 12 діб [13, 14].

Секрет сальних залоз виділяється на поверхню шкіри безпосередньо через канал волосяного фолікула. Ці поверхневі ліпіди в овець називаються *вовновим воском*, оскільки у їх складі відсутні ацилгліцероли, які є основними компонентами будь якого виду жиру, а також фосфоліпіди.

Функція секрету сальних залоз до кінця не з'ясована. Вважають, що він попереджує висихання шкіри і надає їй (особливо епідермісу) м'якості та еластичності, а також виконує водовідштовхуючу функцію. Наявність в секреті сальних залоз активних гідролітичних ензимів, особливо арилсульфатази, дає підстави вважати, що він нейтралізує ендогенні та екзогенні отрути, дезінфікує порожнину волосяної воронки і, можливо, бере участь у руйнуванні клітин у піхві фолікула в зоні злушення [15].

Біохімічний склад секрету сальних залоз овець дуже складний і до кінця не вивчений. Вважають, що це суміш складних етерів первинних і вторинних спиртів, вільних довго- та середньоланцюгових жирних кислот. Спирти вовнового воску складаються з аліфатичних і алкан-1,2-діолів нормальної, а також ізо- й антеізобудови. Основними є складні етери холестеролу, ланостеролу та ще трьох спиртів C_{30} , які, як і ланостерол, представляють собою 4,4,14- α триметилстероли. Крім того, у його складі є невелика кількість

церебростеролу і 25-оксихолестеролу. Останній утворюється в результаті самоокиснення. Щоправда, продуктів самоокиснення в дійсності є набагато більше. Вивченню їх присвячено низку праць, автори яких прийшли до висновку, що кількість продуктів самоокиснення залежить основним чином від якості воску і чинників, пов'язаних з методикою їх визначення. Ось чому в деяких випадках рекомендується досліджувати віск, одержаний безпосередньо із поверхні шкіри. Але в цьому випадку слід пам'ятати, що до складу восків можуть потрапити епідермальні ліпіди, які в основному складаються з керамідів, вільних жирних кислот, фосфоліпідів і невеликої кількості триацилгліцеролів [16].

Встановлено, що неомилююча фракція воску тонкорунних овець в основному складається з аліфатичних спиртів і діолів, зокрема, ланостеролу, дигідроланостеролу та холестеролу [17]. Такі речовини, як агностерол, дигідроагностерол і похідні холестеролу та ланостеролу скоріш за все є артефактами. Холестерол-3,5-дієн-7-оне утворюється в результаті гарячого омилення. Наявність 7-оксихолестеролу встановлено в результаті зберігання спиртів вовнового воску або їх етерів. Окрім 7-оксихолестеролу у спиртах воску є й інші продукти самоокиснення: холестан-3,5,6-тріол, 3-гідроксиланост-8-ене-7-оне, 3-гідроксиланост-8-ене-7:11-діоне. Між аліфатичними спиртами і кислотами існує структурна аналогія, оскільки алкілові ланцюги натуральних діолів мають одне метилове розгалуження, яке зустрічається в ізо- і антеізо жирних кислотах, що є у вовновому воску. Використовуючи сучасні методи досліджень, зокрема маспектрометрію, газорідинну та тонкошарову хроматографію з вовнового воску було виділено і ідентифіковано 38 моноспиртів, 31 алкандіолів. Згідно цих даних склад вовнового воску такий: аліфатичні моноспирти — 17,1 %, аліфатичні алкан-діоли — 8,7 %, стероли і тритерпенові спирти — 68,3 %, неідентифіковані — 5,9 % [18].

Із стеролів і тритерпенових спиртів у воску присутні холестерол, ланостерол та дигідроланостерол. Наявність агностеролу і дигідроагностеролу

не встановлено. Інші ідентифіковані речовини цієї групи вважаються продуктами самоокиснення [19].

Отже, холестерол і тритерпенові спирти (відомі як ізохолестерол) є основними компонентами вовняного воску. Вони представлені приблизно в рівних кількостях і складають близько 72 % від загальної кількості спиртів. До речі, велика кількість етерифікованого холестеролу у воску пояснюється комбінацією холестеролу мембран і фосфоліпідних жирних кислот. Самоокиснення спиртів значно зменшує відсоток холестеролу та ізохолестеролу. Паралельно із їх зменшенням спостерігається збільшення смолистих речовин і показників неетерифікованих жирних кислот.

Приблизно 30–35 % від циклічних спиртів (холестерол, ізохолестерол тощо) складають аліфатичні вищі жирні спирти — цетиловий, цериловий, карнаубовий та інші.

Жирні кислоти вовняного воску вивчено краще, ніж інші компоненти. До їх складу входять нормальні, а також ізо- й антеізокислоти з різною довжиною ланцюга. Між іншим, ізокислоти складаються з парних та антеізо- непарних карбонових атомів. Показано, що продукти гідролізу вовняного воску включають 90 кислот і 64 спиртів [20].

Потові залози відносяться до простих трубчастих залоз, секреторна частина яких представляє собою звивисту трубку. Вони властиві тільки первинним фолікулам, у воронку яких впадає їхня протока. Остання простягається в глибину шкіри і врешті переходить у залозистий епітелій самої залози. Вона має вигляд повного, не дуже широкого мішка, звичайно спіралеподібної форми, розширеної донизу. Стінки потової залози представлені одношаровим епітелієм, який відокремлений від оточуючої сполучної тканини шкіри базальною мембраною.

За характером секреції потові залози овець відносяться до апокринового типу. Це означає, що їхній секрет виділяється в проміжок залози шляхом періодичного руйнування апікальної частини клітини. Кількість потових залоз відповідає кількості основних волокон і у тонкорунних овець становить

приблизно три залози на 1 мм^2 . Ширина секреторних відділів у тонкорунних овець є меншою, ніж у грубововнових [4].

Склад секрету потових залоз також до кінця не з'ясований, оскільки про нього судять на підставі водорозчинної фракції жиропоту. Останній, як відомо, зазнає дії атмосферних і мікробіологічних чинників. Встановлено, однак, що водорозчинна фракція складається з цілої низки катіонів (K^+ , Ca^+ , Mg^+ , Na^+) і аніонів — хлоридів, карбонатів, сульфатів, фосфатів, а також органічних кислот (олеїнова, стеаринова, леткі жирні кислоти), протеїнових та нітрогенвмісних речовин [21].

Основними компонентами поту є сполуки лужних металів, передусім Калію і меншою мірою — Натрію. Наявність милоутворюючих солей Калію і органічних кислот, за сильного зволоження перетворює жиропіт у природній детергент. Піт овець, як правило, має лужну реакцію, хоч різні породи овець мають неоднакове значення рН. Дехто вважає, що на лужність поту не впливає статевовіковий фактор, проте, є значні топографічні різниці. Окрім води і мінеральних речовин до секрету потових залоз входять різні продукти обміну речовин — аміак, сечовина, амінокислоти, молочна кислота та інші, а також ензими — амілаза, лізоцим, пепсин, трипсин й імуноглобуліни [22].

Стосовно овець, то вовновий віск — єдиний з компонентів жиропоту, який позитивно впливає на фізико-хімічні властивості вовни. Обволікаючи волокна тонким шаром, він сприяє їх злипанню. При цьому утворюються штапелі і косиці, а в цілому — щільне руно. У результаті створюються умови, які здатні захищати руно від попадання до нього механічних і рослинних домішок, дії шкідливих чинників (сонячна радіація, атмосферні опади тощо) навколишнього середовища як в процесі росту вовни, так і під час її зберігання та первинної обробки [23–25].

Згідно існуючих даних, якість вовни, значною мірою, залежить від кількості і якості вовнового жиру [26]. Питання про склад жиропоту та формування його захисних властивостей в овець різних порід до кінця не вивчено. Переважна частина робіт з цього напрямку присвячена дослідженню

гістоструктури сальних і потових залоз, а також характеристики фізико-хімічних констант жиропоту [27].

Відносно кількісних величин жиропоту, то без сумніву це пов'язано з особливостями самої гістоструктури шкірного покриву, зокрема, його залозистого апарату. Як уже згадувалось, первинні волосяні фолікули супроводжують сальні і потові залози. Для вторинних фолікулів властиві тільки сальні залози. Таким чином, залежно від співвідношення між фолікулами (їх густоти), а також з огляду на будову залоз у овець різних порід кількість жиропоту і його об'ємний склад буде відрізнятись (табл. 3) [4].

Оберігаюча властивість воску зумовлена насамперед його специфічним складом ліпідів, якісна характеристика яких залежить від оптимального співвідношення між їх окремими класами [28, 29].

Від кількості і якості воску значною мірою залежить якість самої вовни. У той же час, кількість і якість воску є дуже мінливими показниками, що залежить від багатьох чинників, зокрема породних та індивідуальних особливостей тварин, характеру годівлі і умов їх утримання, сезонних й кліматичних умов та цілої низки інших причин [30, 31]. Проте потрібно зауважити, що незважаючи на значну кількість літератури з цих питань, окремі з них практично не з'ясовано. Тому й не дивно, що на даний час немає єдиного критерію оцінки якості жиропоту, тобто параметрів його оберігаючих властивостей [32–35].

І все ж, одним з найбільш уживаних показників, за яким визначають якість воску, є колір жиропоту. Як відомо, найкращими захисними властивостями володіє жиропіт світлих відтінків. Жиропіт жовтих відтінків — небажаний, оскільки він гірше захищає волокна від згубної дії різних чинників зовнішнього середовища, в результаті чого вони швидше піддаються процесам пожовтіння. Однак, з іншого боку, чинники, що зумовлюють колір жиропоту, а заодно і вовни, вивчені недостатньо. Щоправда, дані літератури вказують на те, що між кольором жиропоту і пожовтінням вовни існує тісний зв'язок [36–39].

Таблиця 3. Показники жиропоту овець різних порід (M±m, n=3)

Порода	Верхня зона штапеля			Нижня зона штапеля		
	Кількість воску, %	Кількість поту, %	pH поту	Кількість воску, %	Кількість поту, %	pH поту
Австралійський меринос	16,68±1,09	9,95±0,11	6,73±0,09	20,09±2,50	12,45±1,80	6,70±0,05
Асканійська кросbredна	4,08±0,66	10,83±0,36	7,11±0,02	6,90±0,87	14,78±0,95	7,51±0,22
Асканійська чорноголова	6,58±1,32	13,85±1,60	7,25±0,03	7,67±0,81	16,65±1,34	7,06±0,02
Австралійський корридель×прекос	9,86±0,79	21,86±1,17	7,76±0,24	17,70±1,77	22,87±1,12	7,68±0,12
Новозеландський корридель	20,06±0,73	12,65±0,49	7,06±0,02	20,5±2,83	12,95±0,68	7,11±0,02
Полварс×прекос	14,14±1,41	20,54±0,15	7,51±0,02	14,41±2,62	22,73±0,65	7,83±0,06
Меринофляйш	8,36±0,21	14,79±0,92	7,25±0,07	8,17±0,64	16,74±0,44	7,11±0,04
Латвійська темноглова	6,09±0,30	18,97±1,31	7,55±0,10	9,45±0,95	20,99±0,53	8,45±0,03
Радянська м'ясововнова	5,01±0,95	14,05±2,31	7,10±0,02	5,50±0,97	19,30±1,15	7,80±0,10
Цигайська	3,94±1,20	11,75±0,67	7,21±0,07	6,98±0,66	15,43±1,50	7,36±0,04
Українська гірськокарпатська	5,13±0,65	12,07±1,41	7,35±0,03	9,25±0,52	20,19±1,77	8,45±0,24

Встановлена також пряма кореляція між кольором жиропоту і якістю вовни [40]. При низькому вмісті жиропоту світло-кремового і кремового кольору, вовна стає сухою, ламкою, жорсткою, ватною, що призводить до втрати міцності й погіршення її технологічних властивостей [41]. Вовна з світлим кольором жиропоту характеризується кращою збереженістю амінокислотного складу кератину, особливо сульфурвмісних амінокислот — цистину та метіоніну, причому, як у процесі росту, так і під час її зберігання після стрижки. У зв'язку з цим багато дослідників схиляються до думки, що селекцію овець слід проводити на світлий колір жиропоту [42–46]. При цьому слід використовувати такі показники, як співвідношення «віск : піт» і рН поту [47, 48]. До речі, дослідники, які займались селекцією, спостерігали покращення якісних параметрів жиропоту у нащадків, що особливо яскраво проявлялось стосовно кольору жиропоту [49]. Зауважено, що світлий колір жиропоту властивий тваринам старшого віку, що пояснюється меншим вмістом у ньому водорозчинних сполук, які надають жиропоту кремового відтінку. У світлому жиропоті є більше воску, ніж у жовтому (табл. 4) [50].

Таблиця 4. Хімічний склад вовни з різним кольором жиропоту ($M \pm m$, $n=5$)

Показник	Вовна з білим жиропотом	Вовна з жовтим жиропотом
Нітроген, %	15,62±0,05	15,55±0,05
Сульфур, %	3,15±0,03	2,97±0,06*
Гексозаміни, мг%	186,1±3,83	173,9±6,47
ББТ,%	4,77±0,30	4,71±0,34
Міцність, км	9,08±0,10	8,72±0,09*

Примітка: тут і надалі статистично вірогідні різниці: *- $p < 0,05$; **- $p < 0,01$; ***- $p < 0,001$

Показано що, при довготривалому зберіганні вовни з кремовим кольором жиропоту в воску настають суттєві зміни, особливо це має місце, коли є контакт з аміачним середовищем. За таких умов зростають показники

кислотного, пероксидного і йодного чисел, полярних ліпідів і вільних спиртів на фоні зменшення фракції етерифікованого холестеролу [51–54].

Є повідомлення, що колір жиропоту залежить від вмісту в поті білірубіну. На думку інших дослідників жовтий колір жиропоту зумовлений пігментом ланоурином — продуктом секреторної діяльності потових залоз або сполуками які мають реакційні карбонільні групи, що взаємодіють з волокном, утворюючи кольорові речовини. Показники заломлення світла свідчать про наявність у вовновому воску сполук ліпохромної природи. Показана також подібність пігментів, виділених з пожовтілої вовни, поту і бактерій руна [55].

На окремих топографічних ділянках руна кількість вовнового воску є різною. За зонами штапеля розподіл воску також нерівномірний. Найбільше його міститься в середній зоні, а найменше — у верхній, що визначається багатьма чинниками: породними особливостями, впливом довкілля, особливо сонячних променів (табл. 5) [56, 57].

Таблиця 5. Загальна кількість воску у зонах штапеля з різних топографічних ділянок тіла ($M \pm m$, $n=4$)

Топографічні ділянки	Зони штапеля		
	Нижня	Середня	Верхня
Лопатка	19,04±7,29	9,24±2,06	5,59±2,36
Спина	21,00±5,75	13,84±5,30	4,71±3,23*
Бік	20,62±6,16	15,58±4,01	6,28±2,14*
Стегно	17,20±3,61	13,61±3,26	5,65±3,18*
Череву	18,51±5,03	16,33±4,05	11,45±2,79

Під дією чинників навколишнього середовища (волога, температура, сонячна радіація, мікрофлора) у жиропоті протікають гідролітичні, окиснювальні і мікробіологічні процеси. Для складних етерів, частка яких складає більше 70 %, характерна наявність гідролізу з утворенням спиртів і вільних жирних кислот. У кислому і нейтральному середовищі ця реакція

сповільнена і зворотна, а в лужному — протікає активніше і може супроводжуватись утворенням солей жирних кислот (омилення). Під дією сонячної радіації і весняно-літніх температур вільні кислоти окиснюються до оксикислот і летких низьколанцюгових кислот (оцтова, масляна тощо), які нестійкі й добре розчинні у воді. Процесам окиснення сприяють оксиданти — Ферум, Кальцій, аміак, які містяться у поті. Лужні компоненти поту руйнують віск до нестійких сполук — солей жирних кислот, що також легко вимиваються із руна. Чим вища лужність поту, тим більше у ньому міститься оксидантів й інтенсивніше відбувається процес руйнування воску і втрачаються захисні функції [58].

Гідроліз складних етерів найбільш інтенсивно протікає у нижній зоні руна, до того ж активніше на боках, ніж на спині. Водночас окиснювальні процеси інтенсивніше відбуваються у верхніх зонах та на спині, ніж на боках (табл. 6) [56].

Збереження жиропоту і його стійкість до дії зовнішніх чинників, тобто його захисна функція, залежить передусім від складу та співвідношення його компонентів. На думку багатьох авторів кращими захисними властивостями володіє той віск, який має низьку температуру і йодне число. До речі, останнє позитивно корелює з інтенсивністю зафарбування жиропоту. Дехто вважає, що йодне число достатньою мірою може слугувати критерієм оцінки якості вовнового воску [2, 56].

На кількісні та якісні параметри жиропоту впливають сезонні, вікові та годівельні чинники. Встановлено, що вовновий віск, виділений з літньо-осінньої вовни, порівняно з зимовою, характеризується кращим комплексом фізико-хімічних властивостей, що, очевидно, пояснюється сезонним характером діяльності сальних залоз. До речі, активність сальних і потових залоз у різні періоди життя вівці змінюється. Так, у вовні одно- і дворічних баранчиків міститься більше жиропоту, ніж у вовні вівцематок, ярка та переярок [59].

Таблиця 6. Ліпідний склад воску по зонах штапелю і залежно від топографічних ділянок тіла (M±m, n=4)

Топографічна ділянка і зона штапеля	Ліпіди, %								
	Полярні	Неестерифікований холестерол	Ланостерол	НЕЖК	Неідентифіковано	Дегідрохолестерол	Неідентифіковано	Сквален	Естерифікований холестерол
Лопатка:									
-нижня	13,2±3,5	11,1±1,3	3,3±1,4	8,0±1,9	9,8±2,1	13,2±1,5	1,1±0,9	–	40,4±3,2
-середня	13,9±3,9	18,0±2,2	6,4±2,6	8,9±1,6	11,4±2,6	10,1±2,0	1,2±1,1	–	34,3±3,9
-верхня	29,7±4,9	18,8±1,4	9,3±4,2	11,1±3,4	6,5±4,6	8,1±2,4	0,9±1,1	–	15,5±3,1
Спина:									
-нижня	13,3±1,6	11,1±1,2	4,1±0,7	7,1±1,5	8,8±2,1	12,1±0,9	4,1±2,3	3,8±1,6	36,1±5,3
-середня	18,0±5,1	17,3±1,7	3,3±1,8	5,6±1,1	15,6±1,9	11,2±2,5	–	1,0±0,8	28,1±4,8
-верхня	27,8±6,6	14,0±0,6	6,7±4,2	12,0±3,0	6,5±2,8	8,9±2,6	1,3±1,2	1,5±1,3	21,5±3,9
Бік:									
-нижня	11,8±2,7	12,9±0,8	4,8±2,3	8,1±1,0	10,6±2,9	10,6±0,5	5,4±2,8	2,9±2,5	33,1±6,3
-середня	13,9±4,2	16,8±2,1	7,4±3,0	6,6±1,2	10,3±2,0	11,0±0,6	1,3±1,1	–	32,6±4,8
-верхня	26,7±4,4	15,8±1,0	7,1±3,0	7,5±2,7	6,3±2,6	12,1±3,1	1,7±1,5	1,4±1,3	21,3±1,1
Стегно:									
-нижня	12,9±3,7	11,3±0,6	5,8±2,6	7,6±2,0	9,5±3,6	10,4±1,9	1,7±1,5	1,1±1,0	39,8±2,8
-середня	12,9±2,1	21,5±0,6	7,8±3,2	9,4±2,0	8,7±2,8	11,9±3,1	–	–	27,9±1,0
-верхня	25,6±6,3	18,2±3,7	9,9±5,4	8,6±2,2	7,4±3,2	13,9±2,8	–	–	16,4±3,8
Черев:									
-нижня	12,9±1,8	19,3±0,3	2,7±1,2	7,1±0,2	10,0±1,2	14,5±1,3	1,0±0,9	1,8±1,6	39,8±1,2
-середня	13,9±3,0	17,3±2,4	3,9±2,1	9,5±2,6	9,3±1,8	10,5±2,0	1,0±0,8	1,4±1,2	33,3±5,1
-верхня	26,3±7,2	15,9±2,3	6,8±2,0	11,8±2,1	11,2±1,3	5,8±1,6	–	1,1±0,9	21,2±5,4

Багатьма дослідниками доведено істотний вплив кормових чинників на кількісні та якісні параметри жиропоту. Встановлено, що підвищений рівень протеїну в раціоні овець покращує захисні властивості воску, а раціони з високим вмістом енергії, навпаки, погіршують його склад. При підвищеному рівні годівлі, особливо концентрованими кормами, в яких міститься значна кількість лінолевої кислоти, зростає кількість ненасичених жирних кислот в плазмі крові, лінолевої кислоти — в ліпідах м'язової тканини і резервних ліпідах. Одночасно з тим вовновий віск стає більш насиченим, що підвищує його якість, а, отже, і якість вовни. Встановлено позитивну дію метіоніну, яка полягає в тому, що він сприяє збільшенню у воску насичених жирних кислот і тим самим підвищує його температуру плавлення [60].

У дослідах на ярках, яким у складі основного раціону згодовували 100 г ріпакової макухи на голову за добу, а також добавки глауберової солі (6 г/добу) і йодистого калію (1 мг/добу), показано, що паралельно зі збільшенням потової частки у жиропоті зростає й кількість воску (за рахунок ліпідів ріпакової макухи). У результаті цього такий інтегральний показник, як співвідношення «віск:піт» у дослідних овець виявився вищим, порівняно з тваринами контрольної групи (табл. 7). Зокрема, у тварин дослідної групи на одну одиницю воску припадало лише 1,65 одиниць поту, тоді як у тварин контрольної групи — 2,56, що свідчить про покращення захисних властивостей такого жиропоту [61].

Таблиця 7. Вплив годівельних чинників на кількісні показники жиропоту

Показник	Групи тварин	
	Контрольна	Дослідна
Кількість воску, %	7,12±1,49	14,30±1,79
Кількість поту, %	18,30±2,29	23,50±1,66
Співвідношення віск:піт	1:2,56	1:1,65

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К. Пути повышения качества жиропота шерсти овец. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2002. № 3. С. 56–59.
2. Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К. Жиропот овец. Состав и технологические свойства. Ставрополь: ГНУ СНИИЖК. 2003. 52 с.
3. Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К. О производстве шерстного жира и ланолина. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2002. № 3. С. 62–66.
4. Диомидова Н. А. Развитие кожи и шерсти овец. М.: АН СССР, 1961. 152 с.
5. Опалева Н. Н. Особенности гистоструктуры кожи кулундинских грубошерстных овец и их помесей с породой тексель: дис.... канд. биол. наук: 16.00.02 / Н. Н. Опалева; Оренбург, 2008 120 с.
6. Creven A. J., Parry A. J., Ashby M. G., Pearson A. J. A comparison of protocols for the photoperiodic induction of synchronized wool follicle growth cycles. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 1995. Vol. 55. P. 35–38.
7. Зимин П. В. Сравнительная морфология кожно-волосного покрова у некоторых видов домашних и диких копытных животных: дис.... канд. вет. наук: 16.00.02 / П. В. Зимин, Саратов, 2006. 123 с.
8. Wickett R. R. Basics of skin structure. *Journal of Cosmetic Science*. 2004. Vol. 55. P. 132–133.
9. Haustein U. F. Hormonelle Kontrolle der Talgdrüsenfunktion. *Med. aktuell*. 1987. Vol. 13, № 4. P. 150–151.
10. Dumas P., Jamin N., Teillaud J. L. et al. Imaging capabilities of synchrotron infrared microspectroscopy. *Faraday Discuss*. 2004. Vol. 126. P. 289–302.
11. Rowden G. Aryl sulfatase in the sebaceous glands of mouse skin. *Journal of Investigative Dermatology*. 1968. Vol. 51, № 1. P. 41.

12. Tosti A. A comparison of the histodynamics of sebaceous glands and epidermis in man: A microanatomic and morphometric study. *Journal of Investigative Dermatology*. 1974. Vol. 62. P. 147–152.
13. Всеволодов Э. Б. Волосяные фолликулы. Алма-Ата: Наука, 1979. 190 с.
14. Яковлева Л. С. Особенности формирования кожи и некоторых показателей физиологического статуса ягнят бурятского типа забайкальской тонкорунной породы: дис.... канд. вет. наук / Л. С. Яковлева. Улан-Удэ, 1994. 177 с.
15. Thody A. S., Shuster S. Control and function of sebaceous glands. *Physiol. Rev.* 1989. Vol. 69, № 2. P. 383–414.
16. Стапай П. В. Липіди шкіри овець та їх роль в процесах вовноутворення. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин*. Львів, 2000. Вип. 2. С. 5–13.
17. Yardley H. J., Summerly R. Lipid composition and metabolism in normal and diseased epidermis. *Pharmac. Ther.* 1981. Vol. 13. P. 357–383.
18. Moutiuk K. Wool wax asids: A revieve. *Amer. J. Oil Chem. Soc.* 1979. Vol. 56, № 6. P. 651–658.
19. Васильева Л. Г. Фракционный состав жиропота овец и первичная обработка шерсти. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2000. № 4. С. 24–38.
20. Stewart M. E., Benoit A. M., Downing D. T., Strauss J. S. Suppression of serum secretion with 13-cis-retinoic acid: Effect of individual skin surface lipids and implications for their anatomic origin. *Journal of Investigative Dermatology*. 1984. Vol. 82. P. 74–78.
21. Grump D. R., Thomas W. A. Analysis of wool wax from the major breeds of sheep formed in New Zeland. *Chem. Div. Dep. Sci. and Inol. Res.* 1976. P. 22–49.
22. Тихонов И. В. Количественные и некоторые качественные показатели жиропота шерсти и физико-химические свойства шерстных волокон

северо-кавказских мясошерстных овец. *Бюллетень научных работ ВНИИ животноводства ВАСХНИЛ*. 1991. № 101. С. 59–62.

23. Васильева Л. Г., Мирошниченко С. И., Пантелеева И. П. Некоторые тенденции изменения технологических характеристик жиропота в шерсти овец. *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2006. № 2–2, Т. 2. С. 58–60.

24. Воронцова О. А. Роль жиропота в качественной характеристике шерсти овец Поволжья: автореф. дис.... канд. с.-г. наук / О. А. Воронцова. Ставрополь, 2004 18 с.

25. Колдаев В. М., Васильева Л. Г., Пантелеева Л. М. Состав жиропота овец желательный для промышленности. Невинномысск, НИИЗПОШ 2000. 3 с.

26. Стапай П. В., Макар І. А., Параняк Н. М. та ін. Річна динаміка вмісту жиропоту і рН поту в руні тонкорунних і грубововнових овець. *Науково-технічний бюлетень інституту біології тварин*. Львів, 2000. Вип. 2. С. 95–99.

27. Беседін О. В. Мінливість показників жиропоту вовни овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Вівчарство*. 2011. Вип. 36. С. 15–21.

28. Ерохин А. И., Юлдашбаев Ю. А., Усманов А. К. Биохимические и физико-химические свойства жиропота тонкорунных овец. *Доклады ТСХА*. 2000. № 272. С. 251–256.

29. Стапай П. В., Параняк Н. М., Строгуш Н. С. та ін. Вплив низького рівня годівлі на продуктивність та хімічні показники вовни і жиропоту асканійських м'ясо-вовнових овець. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2010. Вип. 3. С. 122–129.

30. Стапай П. В., Параняк Н. М., Лико І. Я. Вплив згодовування хелатної сполуки хрому на ріст вовни, її фізико-хімічні параметри та якість жиропоту. *Сільський господар*. Львів, 2006. № 7–8. С.18–19.

31. Параняк Н. Н., Стапай П. В., Кочетов С. В. Физико-химические показатели шерсти и жиропота у интенсивных типов асканийских мясо-

шерстных овец при низком уровне кормления. *Актуальные проблемы биологии в животноводстве*: Материалы V международной конференции посвященной 50-летию ВНИИФБиП. 14–16 сентября, 2010. Боровск, 2010. С. 67–68.

32. Васильева Л. Г., Пантелеева Л. М. Изменение фракционного состава жиропота при хранении шерсти разных сроков стрижки. *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2003. № 2–2, Т. 1. С. 103–108.

33. Воронцова О. А., Алманова Н. В. Продолжительность хранения шерсти в зависимости от цветности жиропота. *Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства*: Материалы II региональной научно-практической конференции 15–17 марта 2010. Саратов, 2010. С. 468–471.

34. Корбич Н. М. Якість жиропоту та хімічний склад вовни овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Вісник Полтавського сільськогосподарського інституту*. Полтава, 2000. № 2. С. 92–94.

35. Шкилев П. Н. Состав и свойства жиропота шерсти баранов основных пород овец южного Урала. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2009. № 3. С. 39–41.

36. Стапай П. В., Макар І. А., Король В. І. Попередження і ліквідація пожовтіння вовни. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 5. С. 40–44.

37. Гаджиев З. К. Продуктивность и особенности шерстного покрова овец северокавказской мясошерстной породы с разным цветом жиропота: автореф. дис....канд. с.-х. наук / З. К. Гаджиев. Ставрополь, 2000. 22 с.

38. Антонік І. І. Колір жиропоту і вміст жиру у вовні мериносів асканійської тонкорунної породи таврійського типу. Інститут землеробства УААН. Частина II. К.: Нора-прінт, 1999. С. 84–85.

39. Сычева И. Н. Свойства шерсти волгоградских овец с разным цветом жиропота. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2007. № 4. С. 51.

40. Антонік І. І. Взаємозв'язок між показниками жиропоту та продуктивністю овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи: автореф. дис.... канд. с.-г. наук / І. І. Антонік. Херсон, 2005. 21 с.
41. Сычова И. Н. Продуктивность и свойства шерсти овец волгоградской породы с разным цветом жиропота: дис.... канд. с.-г. наук / И. Н. Сычова. Москва, 2009. 102 с.
42. Васильева Л.Г., Мирошниченко С. И., Пантелеева Л. М. Изменение фракционного состава жиропота шерсти австралийских мериносовых баранов. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2009. № 3. С. 34–28.
43. Котарев В. И. Содержание жиропота в шерсти овец разного происхождения. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2006. № 4. С. 65–66.
44. Васильева Л.Г., Кулаков Б. С., Мирошниченко С. И. и др. Некоторые тенденции изменения технологических характеристик жиропота в шерсти овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2011. № 4. С. 44–46.
45. Стапай П. В., Коцюба Д. М., Король В. І. Вплив схрещування овець на якість жиропоту. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. Львів, 1991. Вип. 13, № 1. С.49–52.
46. Шкилев П. Н. Показатели жиропота шерсти баранов-производителей на Южном Урале. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2008. № 2. С. 90–92.
47. Антонік І. І., Штомпель М.В. Зв'язок між жиропотом і продуктивністю овець асканійської тонкорунної породи таврійського типу. Вівчарство: стан, проблеми, перспективи: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Кам'янець-Подільський, 2004. С. 27–29.
48. Штомпель М. В., Салганська В.О., Антонік І.І. Вміст жиру і поту у вовні таврійських мериносових овець різних статевих і вікових груп. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2001. Вип. 34. С. 115–119.
49. Штомпель М. В., Антонік І. І. Колір жиропоту і вміст жиру у вовні асканійських тонкорунних овець нового таврійського типу. *Розведення і*

генетика тварин: Міжвід. темат. наук. збірн. К.: Науковий світ, 2002. С. 202–203.

50. Ладугина Л. А. Продуктивные качества, физико-механические и товарные свойства шерсти овец нерчинского типа забайкальской тонкорунной породы в зависимости от цвета жиропота: автореф. дис....канд. с.-х. наук / Л. А. Ладугина. Улан-Удэ, 2004. 21 с.

51. Стапай П. В., Дубінін О. М. Зміни якісного складу вовнового воску в процесі зберігання вовни. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. Львів, 1991. Вип. 12, № 2. С. 59–63.

52. Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К., Пантелеева Л. М. Рекомендации по оптимальным срокам хранения и первичной обработки шерсти с учётом состава жиропота. Ставрополь: ГНУ СНИИЖК. 2005. 24 с.

53. Корбич Н. М. Характеристика жиропоту вовни овец таврійського внутріпородного типу асканійської тонкорунної породи. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 2000. Вип. 4 (9). С. 83–88.

54. Ладугина Л. А. Характеристика жиропота шерсти нерчинского заводского типа забайкальской тонкорунной породы овец. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2007. № 1. С. 48–51.

55. Jatkar P. R., Ghosal A. K., Purothi S. K. Role of bacteria in causation of canary colouration of wool. *Canary colour, Indian wool*. 1980. P. 15–19.

56. Стапай П. В. Ліпіди шкіри, їх роль в процесах вовноутворення та збереженні природних властивостей вовни: дис.... докт. с.-г. наук / П. В. Стапай. Львів, 1997. 308 с.

57. Сычова И. Н. Продуктивность и свойства шерсти овец волгоградской породы с разным цветом жиропота: дис.... канд. с.-г. наук / И. Н. Сычова. Москва, 2009. 102 с.

58. Карпова О. С., Воронцова О. А. Роль жиропота в качественной характеристике шерсти овец в условиях Поволжья. *Сборник научных трудов*

Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. Ставрополь, 2007. № 1–1, Т. 1. С. 73–74.

59. Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К. Шерстный жир — ланолин. Сырье и технология. Волгоград: Химпром. 2002. 160 с.

60. Ермолова Л. С., Казановский А., Харечко Л. Н. Состав шерстного жира и условия кормления. *Овцеводство*. 1990. С. 42–43.

61. Стапай П. В., Параняк Н. М., Макар І. А. та ін. Аліментарні фактори як засіб підвищення якості вовни. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького*. Львів, 2001. Т. 3, № 4. Вип. 1. С. 58–61.

3. МОРФОБІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВОВНОУТВОРЕННЯ

3.1 Морфоструктура волосяних фолікулів

Волос у широкому розумінні цього слова (волосся, вовна, щетина та інше) здавна привертає пильну увагу великого кола дослідників, об'єднаних інтересами розвитку тих напрямів, у яких вони конкретно працюють. Генетиків, зокрема цікавить існування моногенних мутацій, здатних різко змінювати зовнішній вигляд волосяного покриву, або ж ступінь і характер його забарвлення. Для цитологів волосяний фолікул, в якому відбувається формування волоса — це, насамперед, система для вивчення росту та клітинної диференціації, тобто процесів, що забезпечують спеціалізацію існуючих і потенціальних функцій клітини. Біохіміків цікавить будова і окремі етапи синтезу одного з найбільш хімічно стійких внутрішньоклітинних протеїнів — кератину, що набуває характерну кристалоподібну організацію. Характеризуючись специфічною динамікою росту, волос містить у собі ніби запис не лише тієї інформації щодо процесів обміну речовин в організмі в недалекому минулому, а й про їх стан у більш віддалені періоди.

Отже, унікальна властивість волоса, як складної біологічної структури — здатність зберігати дані про метаболізм як в організмі загалом, так і в вовноутворних органах зокрема. Аналіз волоса дає змогу простежити зміни метаболізму за певний проміжок часу і тим самим одержати дані про баланс речовин в організмі в динаміці.

Медичні та ветеринарні працівники, досліджуючи волосся, мають змогу діагностувати різні хвороби, судити про стан протеїнового обміну і гормональний статус організму. Недарма дослідження складу і динаміки «метаболізму волоса» нині перетворились в особливу галузь лабораторної діагностики [1–3].

Виняткове значення вовни для текстильної промисловості зумовлює ґрунтовні дослідження її структури, хімічного складу та фізичних параметрів.

Незгасаючий інтерес до волоса, зокрема до вовни, з боку зоотехніків, генетиків і селекціонерів-вівчарів пояснюється тією обставиною, що саме через індивідуальні та породні особливості організму овець реалізуються їх спадкові відмінності вовнової продуктивності, дослідження яких має науково-практичний інтерес.

Як показали наші дослідження [4, 5], закладка волосяних фолікулів у плода вівці породи прекос закарпатського типу починається вже в 50-добовому віці. Гістологічна будова шкіри у цей період свідчить про інтенсивний перебіг процесу формування вовноутворюючих структур. Епідерміс представлений добре розвинутим мальпігієвим шаром, який скеровує клітини у двох напрямках, причому ті з них, які заглиблюються, формують утворення, подібні до майбутніх волосяних фолікулів, хоч останні ще не мають монолітної структури. Шкіра плода в цей період являє собою сильно гідратовану тканину, що містить всього близько 8 % сухої маси.

Електронно-мікроскопічні дослідження свідчать про відсутність тісних міжклітинних контактів започаткованого волосяного фолікула. Особливістю будови клітини є очевидне переважання в ній об'єму ядра над цитоплазмою і, звичайно, наявність двох або більше ядерець. В епідермальних клітинах плода в цей період спостерігаються складчастість ядерної мембрани, зміщення ядра від центру клітини. Усе це вказує на високу мітотичну активність епідермальних клітин. Гістохімічні дослідження свідчать про наявність у них великої кількості нуклеїнових кислот, а крім того — глікогену. Проте, в шкірі 50-добового плода не вдається гістохімічно виявити окиснювальні ензими — цитохромоксидазу і сукцинатдегідрогеназу, що можна пояснити малою кількістю мітохондрій, а звідси — специфікою енергетичного обміну загалом. Клітини, які формують зачаток волосяного фолікула плода, в цей час ще не взаємопов'язані і регуляція їх констеляції здійснюється, правдоподібно, на тканинному (органному) рівні. Можливо, що важлива роль у цьому належить міжклітинній речовині, а ще — конформаційним змінам самої клітинної мембрани, через що цитоплазма набирає різноманітних обрисів.

У шкірі 70-добового плода зачатки волосяних фолікулів уже простежуються доволі виразно, і що цікаво — в них виявляються міжклітинні контакти. Для клітин, як і раніше, характерним є великий об'єм ядра, його асиметричне розташування. Часто простежується вдавлювання ядерної мембрани, що вказує на мітотичну активність. У цитоплазмі клітин спостерігається добре розвинутий шорсткий ендоплазматичний ретикулум. Усе це свідчить про те, що окрім збільшення загальної клітинної маси і формування структурних утворень шкіри (перш за все волосяних фолікулів) у цей період відбувається своєрідна вікова диференціація клітин, спрямована на набуття ними нових функціональних властивостей. Це підтверджується біохімічними і гістохімічними дослідженнями. Зокрема, показано, що до 70-тої доби в шкірі плода дещо збільшується вміст сухої речовини (до 10–12 %). Шкіра стає метаболічно більш активним органом і за низкою показників переважає шкіру дорослих тварин. Зокрема, вона вдвічі більше утилізує Оксиген, здатна окиснювати проміжні компоненти циклу Кребса. В епідермальних клітинах, у тому числі у клітинах волосяних фолікулів, виявлено високу активність сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази.

У 90-добового плода волосяні фолікули, особливо первинні, набувають характерні риси і форми. Клітини, що їх утворюють, щільно змикаються між собою і приликають у глибину дермального шару, в якому, правдоподібно, формуються перші елементи сполучнотканинних волокон. Про це свідчать електронно-мікроскопічні дослідження, які показали не лише наявність клітинних скупчень, але й значну їх диференціацію, набуття характерної форми (збільшення маси цитоплазми, центральне розташування ядра). В епідермісі плода цього віку видно зачатки вторинних фолікулів, які виникають групами у вигляді своєрідних інвагінацій ростучого шару в глибину дерми. У самих шарах клітин простежуються багаточисельні мітози. З біохімічної точки зору шкіра плода 90-добового віку також відзначається високим рівнем обміну речовин, особливо окиснювально-відновних процесів. Усі клітини фолікула характеризуються досить високою сукцинатдегідрогеназою та

цитохромоксидазною активністю, що вказує на відсутність у ньому ще процесів кератинізації.

На 110-тий день розвитку плода первинні волосяні фолікули майже повністю сформовані, а на окремих ділянках шкіри виступають уже кінчики новоутворених волокон, вихід яких, як відомо, в основному відбувається, починаючи з 115-го дня і пізніше, а з вторинних фолікулів — навіть після народження [6, 7]. Не дивлячись на значну диференціацію клітин, в окремих фолікулах плода в цей період ще спостерігається реакція на окиснювальні ензими, що свідчить про незначну кількість у них зроговілих клітин. Шкіра плода 110-добового віку характеризується прогресуючим зростанням вмісту сухої речовини (15–17 %) і одночасним зниженням, порівняно з попереднім періодом, швидкості дихання, що, мабуть, зумовлено нагромадженням у ній сполучної тканини (колагену). Формуючі фолікул клітини щільно прилягають одна до однієї, а в ядрах видно два і більше ядерця, що вказує на мітотичну активність. Периферійна ділянка оточена сполучнотканинною сумкою, яка добре простежується при великому збільшенні. У цибулинному матриксі спостерігається висока мітотична активність клітин. Проте, незважаючи на посилений процес їх диференціації, повністю зроговілим є лише один шар внутрішньої кореневої піхви (шар Генгле), а центральні клітини ще проявляють активність окиснювальних ензимів.

Плід у 130-добовому віці майже покритий волосом (вовною) і його волосяні фолікули нічим не відрізняються від фолікулів дорослих тварин. У них, зокрема, повністю сформовані усі шари і оболонки, а у центральній частині мають місце процеси зроговіння. Навіть при відносно невеликому збільшенні можна спостерігати, що мальпігієві клітини зовнішньої кореневої піхви, щільно зчеплені з клітинами шару Генгле, якому приписують транспортну роль. У місцях скупчення клітин шару Генгле прослідковуються своєрідні «проходи», які, очевидно, сприяють дифузії поживних речовин всередину кореня волоса, оскільки там відсутні кровоносні судини. Стовбурові

клітини волоса заповнюються фібрилярними утвореннями, вакуолізуються, а ядра піддаються деструкції шляхом каріопікнозу.

У овець розрізняють два види фолікулів — первинні і вторинні. Первинні фолікули закладаються у плода вівці після двох місяців його розвитку, тобто між 50- і 80-тою добою суягності вівцематки та формують волокна за 35–40 діб до народження і впродовж усього життя тварини не змінюються. Повністю диференційований первинний фолікул нерозривно пов'язаний із додатковими структурами: потовою залозою, гладким м'язом — піднімачем волоса і сальною залозою. Вони розташовуються у глибоких шарах на межі папілярного і ретикулярного шарів, а у деяких грубововнових порід ще глибше. Спочатку зачатки фолікулів появляються на голові і кінцівках, а з віком плода поступово покривають все тіло. У місці, де виникають зачатки волоса, клітини епідермісу починають сильно розмножуватись. Скупчення цих клітин заглиблюється у коріум (власне шкіру) у вигляді колбочок. Клітини коріуму врастають в основу колбочок і утворюють волосяний сосочок, який добре забезпечений кровоносними судинами. Далше виникає епідермальна цибулина, яка оточує сосочок. У цьому місці клітини діляться дуже швидко, а з епідермальної клітинної маси утворюється волосяний конус, який згодом перетворюється у волос. Одночасно з утворенням колбочок з'являються зачатки двохдольчатої сальної залози, трубчатої потової залози та гладкий м'яз, який слугує для піднімання волоса. При цьому потова залоза продовжує рости донизу, а сальна — у напрямку до фолікула. Вона поступово диференціюється і разом з іншими клітинами утворює волосяний канал.

Якість вовнового покриву зумовлена різноманітністю і будовою фолікулів, цибулин та сполучнотканинних сосочків. У грубововнових овець первинні фолікули формують ость і перехідний волос, а у тонкорунних новонароджених ягнят — песигу, яка згодом замінюється пухом.

У тонкорунних овець утворення первинних фолікулів закінчується до часу народження ягняти, тому їх кількість у постембріональному періоді є постійною. Морфологічно вони характеризуються великою цибулиною

колбоподібної форми, добре розвинутою епітеліальною сумкою і чітко вираженими сосочками.

Вторинні фолікули з'являються в ембріогенезі дещо пізніше (на 14–20 добу) від первинних і розміщені вони ближче до поверхні шкіри. У них слабше розвинута волосяна цибулина, відсутня потова залоза і гладкий м'яз. Більшість вторинних фолікулів до часу народження ягняти уже закладені, і деякі з них уже продукують волос, інші продовжують дозрівати протягом 5-ти місяців після його народження. Процес дозрівання може бути прискорений чи сповільнений дією зовнішніх чинників, зокрема годівлею.

Мутації та цілеспрямований відбір призвели до значних змін типів волоса і порядку розміщення фолікулів у шкірі. Вони розміщуються як невеликими групами (по три), так і більшими, що характерно для усіх сучасних порід овець. Однак їх кількість у групі є різна, і не тільки у різних порід, але й у межах однієї породи, що відкриває широкі можливості для селекції. Один або декілька первинних фолікулів (частіше три) об'єднуються у групу з різною кількістю вторинних фолікулів. Така група відокремлена від такої ж групи шкірним містком або шкірним швом, тобто ділянкою сполучної тканини, де зовсім немає фолікулів, або зустрічаються лише поодинокі. Групи фолікулів розміщуються горизонтальними рядками досить близько один до одного. Шкірні шви мають різну ширину. Від характеру розміщення і величини груп фолікулів залежить основа розвитку структури руна, яка зумовлена генотипом і породою.

Кількість вторинних фолікулів, які припадають на один первинний (ВФ/ПФ) є показником величини груп фолікулів. Оскільки первинні фолікули дозрівають скоріше, то і величина груп, починаючи від народження ягняти, постійно змінюється до тих пір, поки не дозріють усі закладені фолікули. Отже, у ягняти зі збільшенням поверхні шкіри в період росту, співвідношення ВФ/ПФ буде ширше і воно буде зростати від народження й приблизно до 200-добового віку. При народженні ягняти на один первинний фолікул припадає три вторинних, а на 200-ту добу життя — в середньому близько 10. Час, упродовж якого проходить розвиток усіх закладених фолікулів, у різних порід

відрізняється. Ці індивідуальні різниці та утворення груп фолікулів і є причиною генетично зумовлених властивостей руна. ВФ/ПФ є високо успадковуваним показником ($h^2 = 0,6-0,8$ чи $r = 0,6-0,8$), який використовується для характеристики порід овець різного напрямку продуктивності.

Таким чином, співвідношення між вторинними і первинними фолікулами може слугувати не лише певним критерієм вовновості овець, але й тестом прогнозування цієї ознаки у ранньому віці. Реалізація потенційних можливостей густоти вовни у овець у постнатальний період, значною мірою залежить від рівня і характеру їх годівлі, особливо вівцематок у суягний і підсисний період та вирощування молодняка. Останнім часом з'явилися повідомлення американських вчених про розшифровану послідовність біологічних команд, які керують ростом волосся. На їхню думку «адресатами» є розташовані у підшкірній клітковині стовбурові клітини, які можуть довго перебувати у «сплячому стані». Під впливом сигнальних молекул вони починають активно розмножуватись, утворюючи волосяний фолікул. Експериментально було створено трансгенних мишей з надзвичайно густим волоссяним покривом.

Отже, волос (вовна) є продуктом функціональної діяльності волосяних фолікулів (*folliculus pili*), які відзначаються високим рівнем метаболічної активності [8–10]. Це специфічні залози мікроскопічних розмірів, цибулини яких слугують секреторною частиною, а зовнішня коренева піхва — каналом.

Повністю сформований волосяний фолікул — це видовжені циліндричної форми утворення, верхня частина яких називається лійкою, а нижня заокруглена — волосяною цибулиною. Остання, як уже зазначалось, є залозистою частиною фолікула (його матриксом), з якого росте волос. Волосяна цибулина являє собою мікроскопічну залозу шкіри, що секретує рогову речовину, з якої формується волосяний стрижень. Із шкіри у волосяну цибулину вростає сполучнотканинний сосочок з кровоносними судинами, які її живлять. Розмноження клітин у цибулині відбувається шляхом мітотичного поділу [11, 12].

Волосяний фолікул складається із трьох основних частин: сполучнотканинної сумки, зовнішньої і внутрішньої кореневої піхви та стрижня волоса або власне волоса. У внутрішній кореневій піхві розрізняють кутикулу (найбільш глибокий шар, який примикає до кутикули волоса) і шари Гекслі (середній) і Генлі (зовнішній). Окрім того, у волосяному фолікулі розрізняють декілька зон, які різняться за характером процесів, які у них відбуваються.

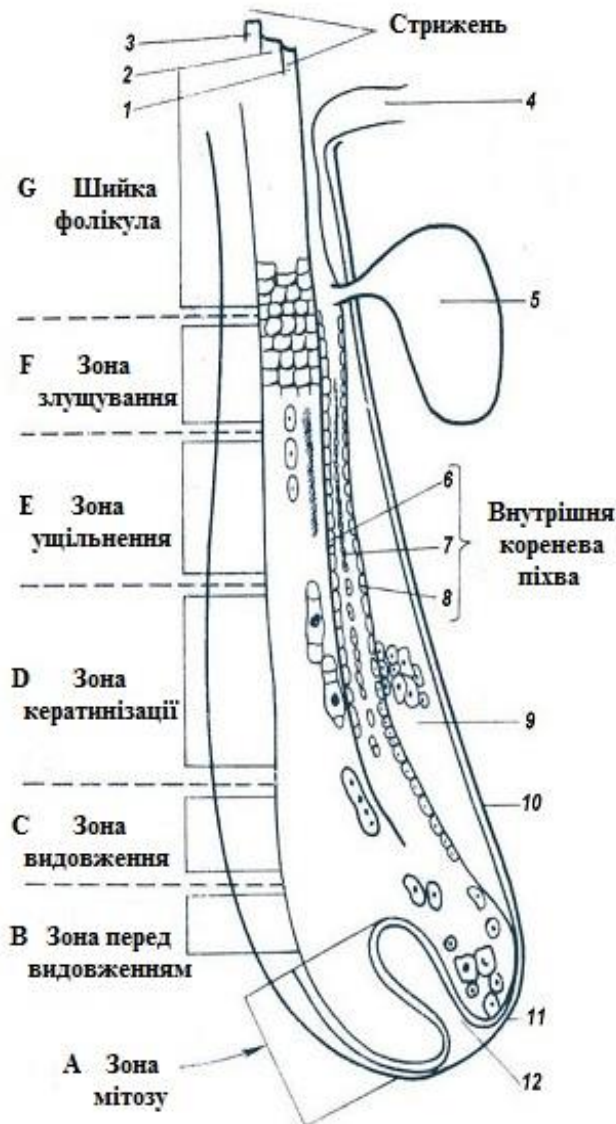


Рис 3. Схема будови волосяного фолікула:

1 – кутикула; 2 – кортекс; 3 – серцевина; 4 – епідерміс; 5 – сальна залоза; 6 – кутикула внутрішньої кореневої піхви; 7 – шар Генле; 8 – шар Гекслі; 9 – зовнішня коренева піхва; 10 – сполучнотканинна сумка; 11 – базальна мембрана; 12 – сосочок

На середній та верхній ділянках волоса ці три шари зростаються і епітеліальна піхва тут представлена виключно зроговілими клітинами. Клітини кутикули безпосередньо прилягають до кутикули кореня волоса і мають відбиток його рисунка. Кутикула внутрішньої епітеліальної піхви, подібно до кутикули волоса, побудована з одного ряду черепицеподібних лусок. На вертикальному

розрізі чітко видно взаємне зчеплення зубців кутикули піхви і волоса. Завдяки зчепленню, стрижень ростучого волоса рухається вгору разом з внутрішньою епітеліальною піхвою [13].

Схематичне зображення повністю сформованого волосяного фолікула з ілюстрацією різних ділянок, у яких відбуваються головні етапи клітинної проліферації, показано на рисунку 3.

3.2 Біосинтез кератину вовни

Основною субстанцією волоса є твердий кератин, характерною особливістю якого є високий вміст Сульфуру. Окрім того кератини відзначаються високою щільністю, поганою розчинністю у воді, стійкістю до дії багатьох хімічних чинників та ензимів [14, 15].

У синтезі кератину використовуються субстрати (поживні речовини), які поступають з артеріальної крові у волосяний сосочок, а далі шляхом дифузії і осмосу, проникають у клітини зовнішньої та внутрішньої епітеліальних піхв фолікула. У волосяних цибулинах синтезується кератин та інші біологічні речовини. Волосяні фолікули характеризуються великим вмістом нуклеїнових кислот, амінокислот, протеїнів, ліпідів, вуглеводів і продуктів їх метаболізму: пентоз, піровиноградної та молочної кислот [16].

Основним джерелом енергії для вовноутворення є жирні кислоти і утворений із них ацетил-КоА, частково глюкоза, яка депонується в клітинах фолікула у вигляді глікогену, а також використовується у синтезі ліпідів, амінокислот та інших сполук. Глікоген депонується у клітинах на початку морфогенезу волоса і в процесі розвитку його концентрація поступово зменшується, а з призупиненням росту зникає. Обмін вуглеводів у фолікулах відбувається досить інтенсивно, про що свідчить висока активність ензимів і ензиматичних систем процесів гліколізу, глікогенолізу, циклу трикарбонних кислот та пептозофосфатного циклу [17, 18].

Чиста, суха і знежирена вовна майже на 96 % складається з протеїну — кератину. Отже, ріст вовни — це, по-суті, синтез протеїну. Сам процес біосинтезу кератину вовни складний і багатоступеневий, який включає окремий синтез фібрилярних і аморфних протеїнів з наступним формуванням монолітної структури за рахунок утворення міжмолекулярних дисульфідних зв'язків. Фолікул, як автономний мікроорган, характеризується високою метаболічною та пластичною активністю, і поступається за нею лише кістковому мозку. Його функція полягає у формуванні твердого кератину у вигляді складної структури — волоса, що характеризує сам фолікул, як секреторний орган [19].

Говорячи про синтез кератину у волосяному фолікулі, передусім слід зупинитися на його попередниках, які називаються прекератинами («незрілий кератин»). На відміну від кератину, прекератин характеризується меншим вмістом Сульфуру і значно більшим — вільних сульфгідрильних груп. Фракціонування прекератину показало, що він вміщає дві фракції: першу — волокнистий попередник, а другу — матрикс або цементуючу речовину, яка за складом є глікопротеїдним комплексом [20].

Синтез кератину в клітині фолікула не починається до тих пір, поки вона не втратить властивість до ділення і синтезу ДНК. Багаточисленними радіографічними дослідженнями з використанням мічених попередників встановлено, що синтез ДНК у фолікулах проходить виключно у нижній їх частині, тобто у зоні активного мітотичного поділу (зона А, див. рис. 3). Клітини, які поділилися шляхом мітозу, малодиференційовані, а їх диференціація у розміщених вище частинах фолікула, призводить до утворення більше 10 різних типів клітин, які організуються у зовнішню кореневу піхву (2 типи клітин), внутрішню кореневу піхву (3 типи клітин) і саме волокно (2–5 типів клітин).

На відміну від синтезу ДНК, синтез РНК може проходити як у клітинах, що діляться, так і у тих клітинах, які починають продукувати кератин. Основним типом РНК, яка синтезується клітинами фолікула, є рибосомальна-РНК [21–23].

У зоні В, після завершення процесу ділення, клітини поступово змінюють форму, стають витягнутішими. Тут починається диференціація і синтез протеїнів — прекератинів. Для пояснення послідовності синтезу протеїнів вовни запропонована двохфазна модель. Згідно з цією моделлю у першій фазі — проліферативній, у результаті мітотичної активності у цибулині волосяного фолікула формуються клітини основних структурних компонентів волоса — кутикули, кортексу і серцевини, тобто фібрилярні білки, які бідні на Сульфур. Вважається, що фібрилярні білки синтезуються за допомогою декількох рибосом, подібно до синтезу колагену. У наступній кератинізаційній фазі клітини цибулини на відносно короткій ділянці фолікула (зона кератинізації) стають метаболічно неактивними. Вони містять кератин, у стабілізації якого особлива роль належить Сульфуру, тобто формується матрикс, який багатий цим елементом.

Таким чином, якщо прослідкувати послідовність процесу утворення кератину, то він починається з появи у цитоплазмі клітин (зона В) тонких філаментів, які у міру утворення агрегують у фібрили. Спочатку орієнтація фібрил є випадкова, а у верхній частині зони В — паралельно осі подовження клітин. Процес збільшення розмірів фібрил, а також їх подовження, закінчується у верхній частині зони D, де починається стабілізація кератину. Збільшення кількості фібрилярного протеїну в кератогенній зоні (С і D) може бути більшою мірою за рахунок збільшення діаметру уже існуючих фібрил, ніж за рахунок утворення нових. У зону Е фібрили входять при досягненні максимальних розмірів. У цій зоні відбувається консолідація, а також процеси дегідратації і хімічні зміни.

У зоні С, і особливо у зоні D, на рибосомах, не пов'язаних з ендоплазматичним ретикулом, синтезується аморфний попередник кератину. Для нього характерний великий вміст цистеїну з наявністю вільних сульфгідрильних груп.

Отже, синтез кератину і формування вовняного волокна є складним й послідовним процесом. У результаті морфологічних, біохімічних та фізико-

механічних перетворень, що відбуваються у клітинах, які просуваються через зону кератинізації, і формується кератин вовни [24]. У стабілізації останнього важливу роль відіграє Сульфур, який поступає сюди у вигляді цистину із кров'яного русла, завдяки густій сітці капілярів, які обплітають волосяний фолікул в області шийки і зоні кератинізації. Цистин крові — не єдине джерело цієї амінокислоти, оскільки відомо, що волосяні фолікули самі здатні синтезувати цистин з неорганічного Сульфуру [25].

Заключна стадія формування кератину — це окиснення сульфгідрильних груп відновленого прекератину в дисульфідні зв'язки (-S-S-) цистину або «зшивання» їх окремих поліпептидних ланцюгів у супермолекулу. Суть процесу зроговіння, тобто власне кератинізації, заключається в окиснювальному змиканні тіолових груп у дисульфідні зв'язки.

Таким чином, агрегація молекул попередників (прекератинів) кератину проходить за рахунок формування водневих, а також окиснення сульфгідрильних груп з утворенням дисульфідних містків. Встановлено, що цей автономний процес потребує наявності іонів Купруму. Водночас активуються гідролітичні ензими лізосом і настає часткове, а відтак і цілковите руйнування клітин. Звільнені гідролази ніби змивають нестійкі макромолекули, залишаючи у клітині кератинізовані і стабільно фіксовані структури. Після цього у зоні злуцнення відбувається руйнування внутрішньої кореневої піхви, а сам волос просякає секретом сальних залоз. На цьому синтез кератину завершується. Отже, формується монолітна структура, що заповнює весь простір клітини, хоча залишки ядра у ній можна виявити за допомогою електронного мікроскопа [26, 27].

Як бачимо, амінокислота цистин є основним чинником в утворенні дисульфідних зв'язків. Саме цистин стабілізує четвертинну структуру волоса за рахунок внутрішніх- і міжмолекулярних дисульфідних зв'язків, надаючи йому стійкості до дії травних ензимів. Встановлено також, що четвертинна структура кератину стабілізується і пептидними зв'язками вільних карбоксильних груп глютамінової й аспарагінової кислот та аміногрупами лізину (Σ -(γ -глютамін)-

лізинові зв'язки). Утворення їх здійснюється за участю ензиму транс-глютамінази і відбувається на заключних стадіях формування кератину. Такі зв'язки характерні для внутрішньокореневої піхви та серцевини волоса. Наявність їх забезпечує стійкість кератину вовни до різних хімічних чинників, зокрема дії сечовини та розчинів лугів, які розчиняють багатий Сульфурум кератин волоса [28].

Формування і ріст вовни, її структура та фізико-хімічні параметри, генетично детерміновані. Однак, такі чинники, як породні, вікові, індивідуальні особливості організму, його фізіологічний стан, дія сезону, характер живлення та умови утримання, здійснюють помітний вплив на ріст вовни та її якість.

Таким чином, нормальний ріст волоса і диференціація клітин матриксу волосяної цибулини вимагають, передусім, скоординованої дії багатьох генів волосяних фолікулів [29], зокрема, експресії тих, які пов'язані із синтезом структурних протеїнів [30, 31]. Усі гормони також впливають на цей процес, відіграючи важливу роль у регуляції експресії генів клітин [32].

3.3 Особливості метаболізму ліпідів у шкірі овець в зв'язку з морфогенезом волоса

Підвищення вовняної продуктивності і покращення якості вовни залежить від багатьох чинників. Тому глибоке і всестороннє вивчення закономірностей процесів вовноутворення та пізнання механізмів цілеспрямованого їх регулювання відіграє ключову роль. Особливий інтерес в цьому відношенні мають дослідження взаємозв'язку морфогенезу волоса з характером метаболізму у шкірі взагалі і, зокрема їх вовноутворюючих структурах — волосяних фолікулах. Саме в цьому напрямку ми проводили свої дослідження, зокрема особливостей ліпідного обміну в шкірі плодів ембріонів тонкорунних (порода прекокс) і грубововнових (українська гірськокарпатська порода) овець на різних етапах їх пренатального і в перші дні постнатального розвитку. Одержані результати цих досліджень представлено в таблиці 8.

Таблиця 8. Показники ліпідного обміну в шкірі ембріонів і новонароджених ягнят породи прекокс (M±m, n=3)

Ліпіди	Вік плода, доби				Новонароджені ягнята 7-10-ти добового віку
	100	120	130	140	
Загальні ліпіди, мг/г	60,8±9,62	81,5±9,83	76,6±0,81	54,2±8,90	87,6±0,73*
Склад загальних ліпідів, %:					
– фосфоліпіди	82,2±5,82	67,5±1,06	52,6±0,41*	37,4±2,75*	26,2±0,02*
– нейтральні ліпіди	17,7±5,82	32,4±1,06	47,3±0,41*	62,5±2,75*	73,7±0,02*
Фосфоліпіди, %					
– сфінгомієлін	20,5±4,20	16,6±0,31	15,2±0,73	61,2±3,72*	54,5±0,39*
– фосфатидилсерин	40,4±4,51	49,5±0,67	49,7±3,98	11,8±2,79*	10,7±0,01*
– фосфатидилхолін	8,5±2,87	5,6±0,71	5,66±0,60	21,4±0,64*	28,4±0,04*
– фосфатидилетаноламін	25,7±2,14	25,9±2,09	26,7±2,52	5,4±0,39	6,28±0,02*
– неідентифіковані	1,8±0,84	2,3±0,49	2,52±0,34	–	–
Нейтральні ліпіди, %					
– загальний холестерол	86,5±2,52	83,5±2,11	81,1±0,35	77,8±0,91*	76,6±0,58*
– триацилгліцероли	11,3±2,87	13,4±1,61*	4,3±0,03*	11,1±0,41*	11,3±0,07*
– НЕЖК	2,15±0,03	3,1±0,49	14,4±0,22*	11,0±0,50*	11,9±0,01*
Склад загального холестеролу, %					
– неетерифікований холестерол	88,0±2,62	69,8±0,01*	67,9±0,35*	48,3±0,68*	37,9±0,03*
– етерифікований холестерол	11,9±2,62	30,2±0,01*	32,0±0,35*	51,5±0,68*	62,0±0,03*

Аналіз експериментального матеріалу засвідчив, що шкіра, як цілком сформований орган, функціонує вже в перший період ембріонального розвитку вівці (100 діб). За кількістю загальних ліпідів шкіра ембріона не поступається шкірі дорослих тварин. Необхідно зауважити, що у різні періоди досліджень вміст загальних ліпідів був неоднаковий, але якоїсь чітко вираженої закономірності щодо цього нами не виявлено.

Встановлено, що більше 80 % загальних ліпідів шкіри в цьому віковому періоді припадає на частку фосфоліпідів. Як відомо, наявність великої кількості фосфоліпідів в будь якому органі свідчить, перш за все, про інтенсивність синтетичних процесів [33, 34]. Що ж до нашого випадку, то без сумніву можна говорити про безпосередню їх участь у процесах проліферації, синтезу та кератинізації, власне тих процесів, що включають вовноутворення загалом. До речі, зауважимо, що інтенсивність згаданих процесів саме в цей період ембріонального розвитку організму є найвищою.

Підтвердженням цього можуть бути результати досліджень мітотичної активності клітин волосяних фолікулів (табл. 9). Так, з віком плода мітотична активність поступово знижується, а паралельно з цим зменшується і концентрація фосфоліпідів [35], що, очевидно, пов'язано з їх катаболізмом у результаті чого утворюються неетерифіковані жирні кислоти. Останні можуть бути використані в якості джерела енергії.

Правдоподібність такого міркування підтверджується хоча б тим, що концентрація нейтральних ліпідів, зокрема триацилгліцеролів, у шкірі в цей період розвитку плода досить низька і складає усього 17 % від загального вмісту ліпідів. Основна їх маса (понад 80 %) припадає на частку холестеролу. Тут доречно наголосити, що близько 70 % холестеролу перебуває у вільному стані. З віком плода ці особливості поступово нівелюються і на 140-ву добу більшість холестеролу представлено у вигляді етеру [35, 36]. Нагадаємо також, що у дорослих тварин ці показники є діаметрально протилежні. З віком плода кількість нейтральних ліпідів у шкірному покриві поступово зростає, а фосфоліпідів, навпаки, зменшується.

Таблиця 9. Діаметр і мітотична активність клітин волосяних фолікулів ембріонів і новонароджених ягнят породи прекос, % ($M \pm m$, $n=3$)

Вік плода, доби	Первинні волосяні фолікули		Вторинні волосяні фолікули	
	Кількість мітозів	Діаметр, мкм	Кількість мітозів	Діаметр, мкм
100	50±0,88	62±1,15	28±0,88	29±0,57
120	52±1,76	63±2,03	28±0,88	30±1,15
130	42±1,14*	56±1,18*	29±0,59	41±0,57*
140	39±0,50*	54±4,68	21±1,20*	29±1,22
Новонароджені ягнята 7–10-ти добового віку	40±0,67*	35±2,73	23±1,45	30±0,88

Характерно, що зміни концентрації загальних фосфоліпідів не пов'язані із відповідними змінами окремих їх фракцій. Як видно з таблиці 8, співвідношення між ними в окремі періоди досліджень є неоднаковими. А це, зрозуміло, не дає ще підстав робити якісь конкретні висновки.

Отже, за умов даних досліджень встановлено, що співвідношення холестеролових фракцій у шкірі плода є непостійним і з віком змінюється, зокрема в бік збільшення етерифікованої фракції. При цьому привертає увагу такий факт: даному явищу передують помітне збільшення кількості неетерифікованих жирних кислот. Не важко здогадатись про їх походження, це безперечно пов'язано з катаболізмом фосфоліпідів. Адже власне в цей проміжок часу проходить різке зменшення їх у шкірі.

Таким чином, у загальному балансі ліпідів шкіри відбуваються суттєві зрушення, в результаті яких частка нейтральних ліпідів становить вже близько 50 %. Щоправда, паралельно з цим простежується досить помітне зниження концентрації триацилгліцеролів, які в останньому періоді ембріонального розвитку плода знову зростають.

Такі колосальні зміни у ліпідному статусі шкіри, на нашу думку, пов'язані з двома причинами: з структурною організацією самої шкіри, як органу, і процесами, пов'язаними з формуванням волосяного покриву, тобто морфогенезом волоса. Як відомо, ці процеси вимагають посиленних енергозатрат [37–41]. Можливо, що окиснення фосфоліпідів у шкірі є відпрацьованим у філогенезі процесом, так як кератиноподібні структури практично позбавлені фосфоліпідів [42, 43].

Як згадувалось, дослідження проводились на двох породах, а результати представлено тільки по одній — породі прекос. Пов'язано це з відсутністю породних відмінностей ліпідного складу шкіри овець.

Отже, з даних таблиці 9 випливає, що починаючи з 130-тої доби ембріонального розвитку у шкірі плода спостерігається досить помітне «згасання» проліферативних процесів, на що вказує зниження рівня мітотичної активності клітин первинних фолікулів. Паралельно з цим зменшується і сам діаметр волосяних фолікулів. Для вторинних фолікулів подібна картина настає дещо пізніше — після 140-тої доби.

Таким чином, проведені дослідження показали, що шкіра плода овець на різних етапах ембріонального розвитку характеризується досить інтенсивним обміном ліпідів, рівень і напрямок якого перебуває у відповідності з формоутворюючими процесами у ній. У період інтенсивної закладки і формування волосяних фолікулів та інших структур (морфогенез волоса) важлива роль в енергетичному балансі шкіри належить фосфоліпідам. З часом завершення цих процесів (приблизно на 130–140-ву доби) у характері енергозабезпечення проходять значні зміни, пов'язані зі зменшенням загальних ліпідів за рахунок, передусім, фосфоліпідів і збільшенням концентрації нейтральних ліпідів, зокрема ацилгліцеролів та неетерифікованих жирних кислот, а відповідно і зростання їх внеску в енергетичний баланс шкіри.

Отже, між шкірою плода і матері спостерігається певний паралелізм у метаболізмі ліпідів. Тобто, вже з цього періоду шкіра ембріонів подібна до шкіри новонародженого ягняти і функціонує як цілком сформований орган.

Більше 50 % від загальних ліпідів шкіри припадає на стерини, зокрема холестерол, переважна більшість якого перебуває в етерифікованій формі. Досліджуючи ліпогенез у шкірі, ми не встановили прямого зв'язку цього показника з процесами формування і росту вовни. Судячи з того, що у багатьох дослідах все ж зафіксовано значні кількісні зміни холестеролових фракцій, можна припустити, що вони більшою мірою пов'язані з іншими процесами, які мають місце у шкірі. Не виключено, що це можуть бути процеси кератинізації епідермісу. Адже відомо, що в період кератинізації внутрішні оболонки клітин шкіри зазнають прогресивного розпаду, внаслідок чого зникає майже половина холестеролу і повністю фосфоліпіди. У результаті розпаду останніх звільняються жирні кислоти, частина яких використовується на етерифікацію холестеролу і восків у роговому шарі, а інша — як енергетичний матеріал [44–46]. У багатьох дослідах ми фіксували певний паралелізм між холестеролом і фосфоліпідами, що може свідчити про тісну функціональну залежність цих структурних компонентів клітинних мембран.

3.4 Взаємозв'язок ліпідів шкіри з ростом вовни

Біохімічні дослідження у шкірі овець найчастіше пов'язують з процесами вовноутворення. Однак, незважаючи на підвищений інтерес до цієї надзвичайно важливої проблеми, багато аспектів біохімії вовноутворення залишаються ще мало з'ясовні. Зокрема, це стосується питання взаємозв'язку обміну речовин у шкірі з процесами вовноутворення і ролі в цих процесах різних чинників: породних, вікових та індивідуальних особливостей організму тварин, їх фізіологічного стану, характеру годівлі, дії сезону тощо. Важливе значення у цьому зв'язку надається ліпідам. На жаль, питання ролі ліпідів у процесах вовноутворення і до тепер залишається мало з'ясованим. Роботи такого напрямку виконано переважно на лабораторних тваринах, а одержані дані часто є суперечливими.

Наявні, хоч і поодинокі дослідження, виконані на вівцях, чітко вказують, що процеси вовноутворення перебувають у взаємозв'язку з обміном ліпідних компонентів шкіри [47–49]. Щоб з'ясувати взаємозв'язок фосфоліпідів з інтенсивністю росту вовни ми провели довготривалий дослід на чотирьох баранчиках породи прекос. Через певні проміжки часу у досліджуваних тварин методом біопсії відбиралися зразки шкіри і зістригалась вовна з облікової площі шкіри розміром 36 см². Результати цих досліджень зображені на рисунку 4.

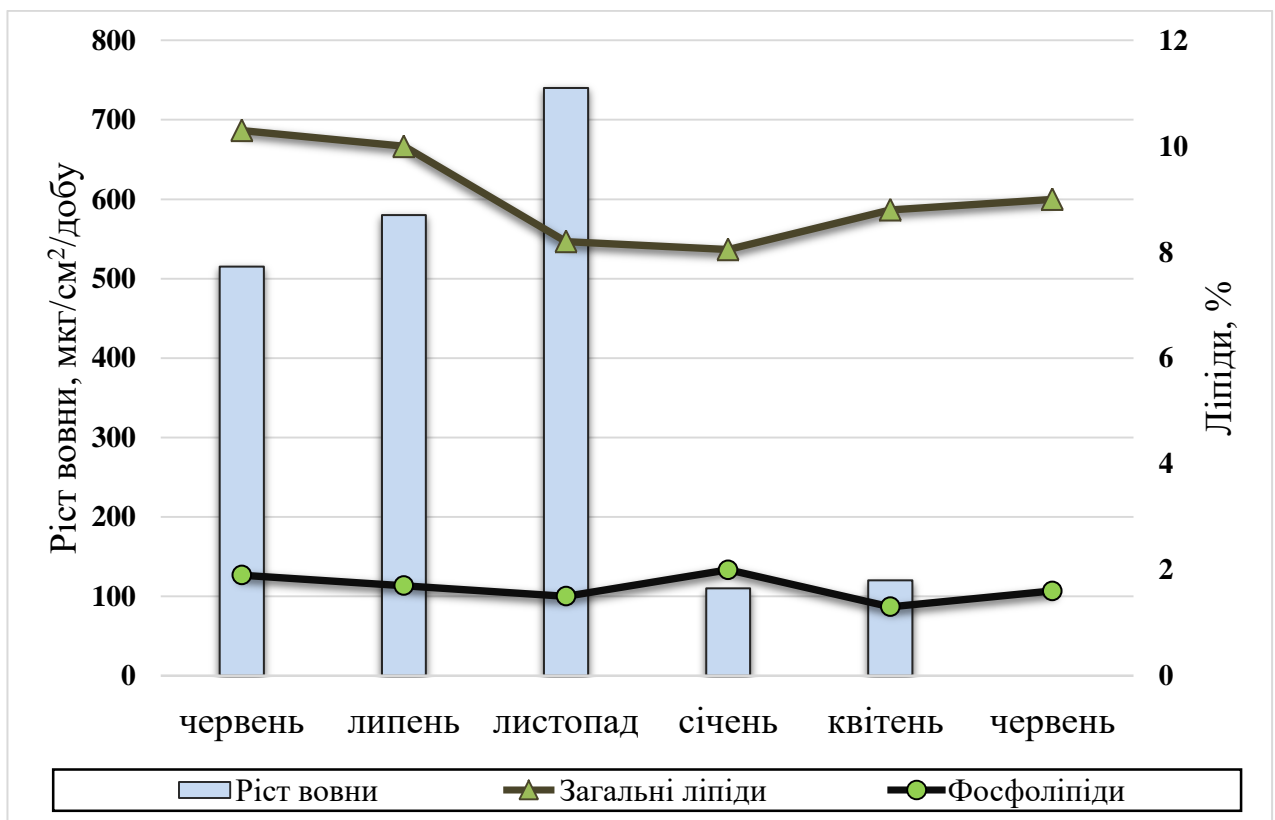


Рис. 4. Річна динаміка росту вовни, вмісту загальних ліпідів і фосфоліпідів у шкірі

З наведених даних випливає, що динаміка річного росту вовни характеризується сезонною періодичністю. Така ж закономірність фіксується і стосовно вмісту у шкірі фосфоліпідів. Меншою мірою це стосується загальних ліпідів. І все ж, якщо найвища інтенсивність росту вовни спостерігається у літньо-осінній період, то найвища концентрація фосфоліпідів — в осінньо-зимовий. Одержані дані логічні, особливо якщо врахувати, що темпи росту

вовни завжди супроводжуються підвищеними енергетичними затратами. Таким джерелом енергії якраз можуть слугувати фосфоліпіди. У період сповільнення росту вовни підвищений їх синтез ще триває, а використання фосфоліпідів значно зменшується. На основі представлених даних важко зробити остаточні висновки. І тим не менше, логічно можна їх припускати. Зрештою, для ґрунтового вивчення цього питання нами було проведено ще одну серію досліджень, яка була виконана на 15 головах гірськокарпатських овець (ярки-матки). Результати цих досліджень представлені у таблиці 10.

Перш, ніж проаналізувати їх, зауважимо, що саме така схема досліджень дозволила нам з'ясувати не лише взаємозв'язок ліпідів з ростом вовни, але й простежити їхню залежність від деяких чинників, зокрема фізіологічного стану тварин (вагітність, лактація) та дії сезону.

Як видно з наведених даних, річна динаміка росту вовни (як і в попередній серії) відзначається сезонною ритмічністю. Найінтенсивніший ріст вовни спостерігався на початку досліду, тобто відразу після стриження овець, що зовсім логічно. Адже ж сам процес стриження завжди стимулює ріст вовни про що, до речі, вказують численні роботи інших дослідників [50–52]. Дещо менший ріст вовни спостерігався у трьох інших періодах досліджень, а найменший — у заключному.

У наших експериментах було встановлено, що сезонні зміни росту вовни тісно пов'язані з рівнем і напрямком ліпідного обміну в шкірі. Паралельно ритмічності росту вовни виявлено і високу динамічність ліпідів шкіри. Однак, якщо найвища інтенсивність росту вовни простежувалась відразу після стриження овець, то найбільша концентрація загальних ліпідів шкіри — в наступному періоді досліджень, тобто при постановці тварин на стійлове утримання. Як бачимо, за характером змін результати цих експериментів цілковито узгоджуються з результатами, одержаними в попередній серії досліджень. З плином часу кількість загальних ліпідів поступово зменшується, а в період функціонування молочної залози знову дещо зростає.

Таблиця 10. Річна динаміка росту вовни і ліпідів шкіри у гірськокарпатських овець ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Період досліджень				
	20-та доба після стрижки (травень)	при постановці на стійлове утримання (листопад)	заключний період суягності (лютий)	друга декада лактації (березень)	стрижка (травень)
Загальні ліпіди, %	4,9±0,66	5,7±0,91	3,2±0,43	4,38±0,55	1,74±0,41
Фосфоліпіди, мг/г	14,5±1,07	16,8±2,20	11,3±4,75	12,04±6,15	3,43±0,47*
Нейтральні ліпіди, %:					
— неестерифікований холестерол	17,2±1,09	27,4±1,11*	25,3±3,24	30,8±4,34*	27,0±8,14
— НЕЖК	10,5±1,38	5,1±0,50*	3,8±0,11*	1,5±0,20*	5,8±0,78*
— моноацилгліцероли	15,5±0,94	3,9±0,25*	4,3±3,17*	1,9±0,28*	3,9±1,23*
— неідентифіковані	8,8±0,52	6,1±0,32	5,1±0,50*	1,5±0,92*	5,5±0,88*
— триацилгліцероли	12,1±1,33	15,7±1,35	25,1±5,21	12,2±2,04	3,4±1,31*
— естерифікований холестерол	35,9±1,93	41,7±1,07	36,3±4,31	52,1±5,36*	54,3±7,51
Ріст вовни, мкг/см ² /добу	982±73,4	697±61,0*	595±38,3*	566±43,5*	510±48,2*

І все ж, найістотніші зміни кількісного характеру спостерігались у весняний період, коли концентрація ліпідів зменшувалася більш, ніж удвічі. Цікаво, що річна динаміка загальних ліпідів залежала, в основному, від фракції фосфоліпідів. Переконаємось у цьому на підставі аналізу характеру змін інших ліпідних компонентів, зокрема триацилгліцеролів. З'ясувалось, що їх найбільша концентрація спостерігалась в заключний період суягності. Саме в цей час кількість загальних ліпідів, рівно ж як і фосфоліпідів, мала стійку тенденцію до збільшення.

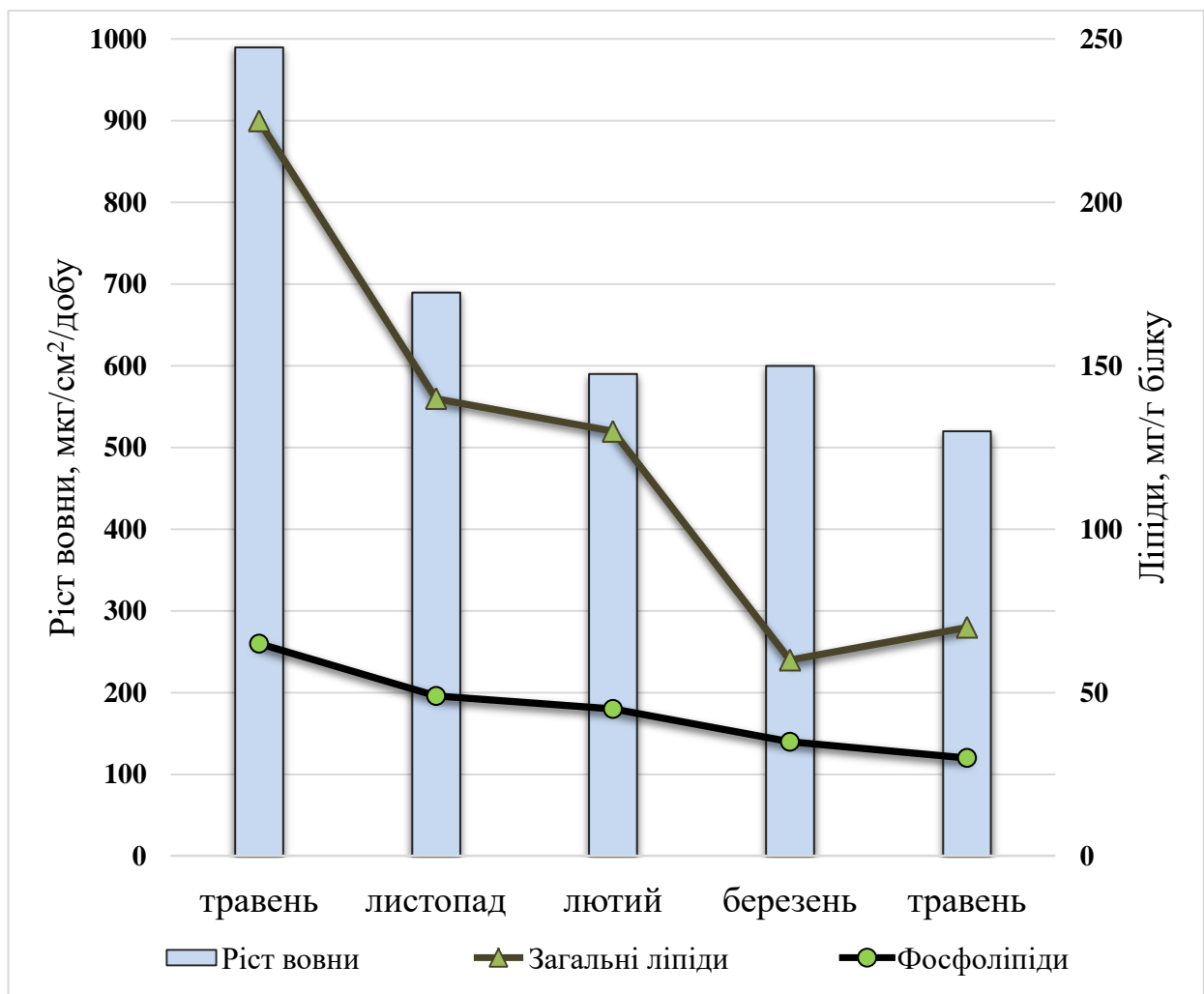


Рис. 5. Річна динаміка росту вовни, вмісту загальних ліпідів і фосфоліпідів у волосяних фолікулах

Такі дані переконливо вказують на те, що в цей період в організмі і, насамперед, у шкірі вівці має місце накопичення енергетичного матеріалу, що,

без сумніву, пов'язано з фізіологічним станом, тобто вагітністю і майбутньою лактацією. Більше того, як свідчать дані досліджень, у період лактації спостерігається різке зменшення не лише загальних ліпідів і фосфоліпідів, але й ацилгліцеролів та неестерифікованих жирних кислот. У зв'язку з цим основну масу ліпідів у цей час становлять холестеролові фракції. Достатньо сказати, що на початку дослідного періоду на частку холестеролових фракцій припадало усього 52 %, то в кінці дослідження їх сума становила понад 80 % від усієї кількості ліпідів.

Безумовний інтерес представляють дослідження, пов'язані з вивченням взаємозв'язку процесів вовноутворення з метаболізмом ліпідів у волосяних фолікулах. Один з фрагментів таких досліджень представлено у вигляді діаграми на рисунку 5.

Не вдаючись до детального аналізу, зауважимо, що як і у випадку з інтактною шкірою, динаміка інтенсивності росту вовни, цілком збігається із динамікою загальних ліпідів й особливо — фосфоліпідів у волосяних фолікулах.

3.5 Роль ліпідів шкіри в енергозабезпеченні процесів вовноутворення

Питання енергозабезпечення процесів морфогенезу волоса, суть яких становить проліферація, синтез і кератинізація, є одним з центральних у фізіології й біохімії шкіри. З'ясування цього питання, переважно, проводилось на лабораторних тваринах, що, зрозуміло, не може бути повністю перенесено на сільськогосподарських тварин, зокрема, овець. Що ж до останніх, то в літературі наявні лише поодинокі дані. Найважливішим енергетичним субстратом для шкіри є ліпіди. Ще у 1958 році було показано, що шкіра здатна до тривалого і рівномірного дихання за умов *in vitro* [53]. Це підтверджується тим фактом, що дихальний коефіцієнт епідермісу завжди менший 1,0 (в середньому 0,6–0,8), що однозначно вказує на використання при диханні саме ліпідних компонентів, особливо жирних кислот [54–58].

Експериментально доведено, що залежно від фази росту волоса в шкірі спостерігається зменшення вмісту ліпідів [36], а екзогенні жирні кислоти швидко окиснюються епідермісом за умов *in vitro*. Встановлено [41, 55], що джерелом жирних кислот є фосфоліпіди, оскільки вміст їх в епідермісі у процесі ендogenousного дихання значно зменшується, тоді як концентрація фосфорилхоліну, як побічного продукту від фосфорилування холіну при розпаді фосфоліпідів, зростає. У присутності достатньої кількості глюкози шкіра *in vitro* досить швидко утилізує фосфорилхолін, причому лімітуючим чинником при цьому, правдоподібно, служить присутність вільного холіну [59].

З огляду на це нами проведено спеціальні дослідження, метою яких було вивчити взаємозв'язок росту вовни, ендogenousного дихання шкіри та її ліпідного статусу. Для дослідження використовували біопсійний матеріал шкіри барана породи прекос. Результати цих досліджень представлено у вигляді цифрового матеріалу таблиці 11 та графічного зображення (рис. 6).

**Таблиця 11. Ріст вовни, ендogenousне дихання шкіри та вміст у ній ліпідів
(n=3)**

Показник	Період дослідження		
	квітень	червень	вересень
Ріст вовни, мкг/см ² /добу	663	1257	973
Ендogenousне дихання, мкл O ₂ /120 хв/г сирової маси	218,4	310,8	269,1
Загальні ліпіди, мкг/г сирової маси:	17100	21400	11900
— фосфоліпіди	2967	6123	2717
— ацилгліцероли	2143	2460	1432
— НЕЖК	2774	3636	475
— загальний холестерол	6836	7366	5899
— неетерифікований холестерол	2113	2973	2551
— етерифікований холестерол	4723	4397	3348
— неідентифіковані	2380	1759	1394

Аналізуючи їх, констатуємо, передусім, сезонну ритмічність росту вовни і її корелятивний зв'язок з процесами ліпогенезу в шкірі. Встановлено, що весною при швидкості росту вовни $663 \text{ мкг/см}^2/\text{добу}$, вміст загальних ліпідів становив в середньому 17 мг/г сирової маси. Переважна більшість ліпідів при цьому припадала на холестерол. У літній період швидкість росту вовни збільшилась до $1257 \text{ мкг/см}^2/\text{добу}$. Паралельно цьому підвищилась концентрація загальних ліпідів ($21,4 \text{ мг/г}$). При цьому, в останніх відбувалися зміни у співвідношенні між окремими класами. Зокрема, зафіксовано збільшення фракцій омилюючих ліпідів, особливо фосфоліпідів і неестерифікованих жирних кислот, за одночасного зменшення стеринових компонентів. Зниження швидкості росту вовни в осінній період супроводжувалося зменшенням як тотальних ліпідів, так і, зокрема, їх омилюючої фракції.

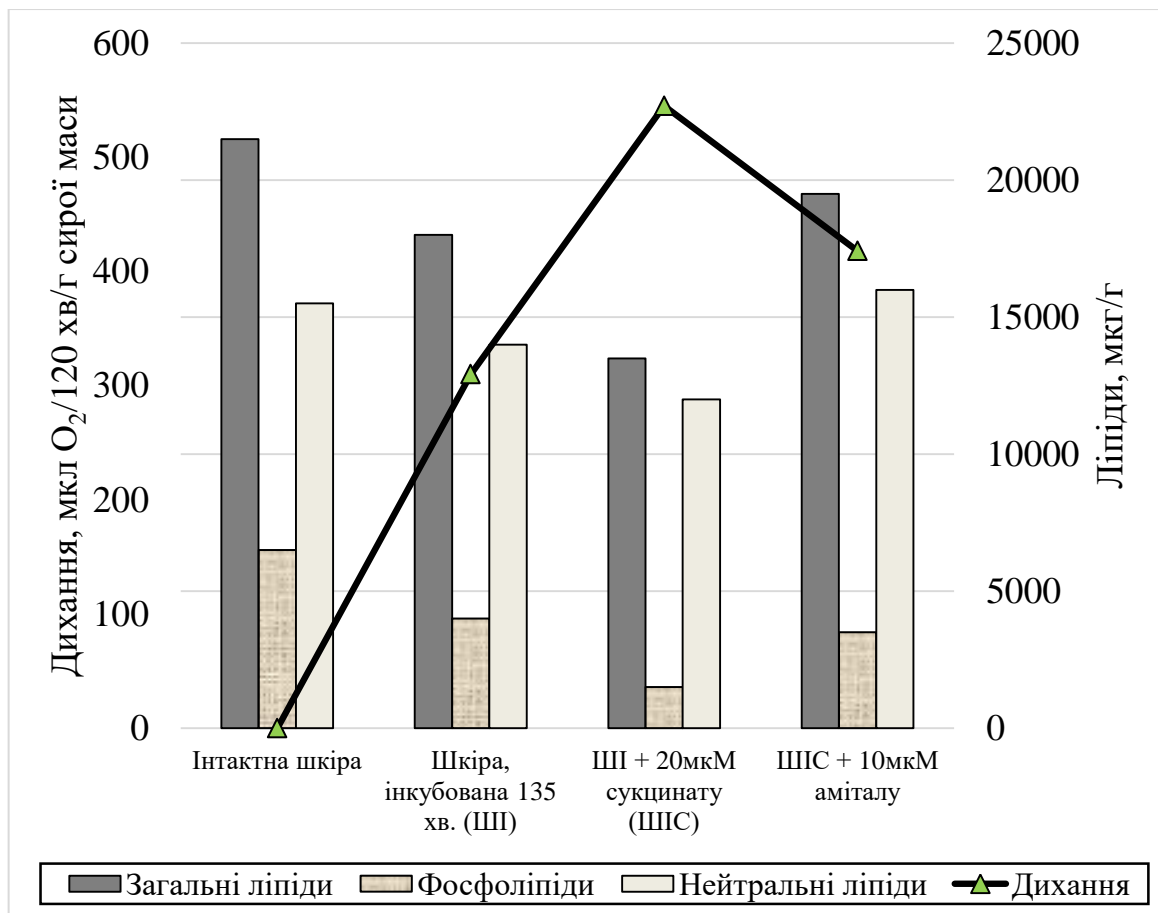


Рис. 6. Зміни ліпідів шкіри в процесі дихання *in vitro* (135 хв. інкубації в середовищі Krebs-Рінгера рН 7,4; газове середовище; температура 37⁰С)

Отже, якщо найвища інтенсивність росту вовни простежується у літньо-осінній період, то адекватно цьому концентрація фосфоліпідів збільшується у наступний період [49, 60]. Такі дані дають змогу по-новому оцінити взаємозв'язок ліпідів шкіри з процесами росту вовни. Річ у тому, що в окремих наших дослідженнях, до речі, як і в інших дослідників [48], констатовано від'ємну кореляцію між концентрацією ліпідів, зокрема фосфоліпідів, з інтенсивністю росту вовни. Очевидно, що в період інтенсивного росту вовни ретенція ліпідів є інтенсивнішою. При зниженні росту вовни підвищений синтез ліпідів ще триває, а їх використання значно сповільнюється.

У дослідах *in vitro* встановлено, що в процесі інкубації шкіри в апараті Варбурга спостерігалось зменшення концентрації загальних ліпідів і їх окремих класів (за виключенням холестеролу) [61]. Найбільш лабільними виявилися фосфоліпіди, концентрація яких особливо помітно знизилась у процесі ендогенного дихання. Слід відзначити, що зменшення фосфоліпідів відбувається за рахунок усіх фракцій, хоча найменших змін при цьому зазнає фосфатидилсерин і ще одна поки-що неідентифікована фракція. Цікаво зауважити, що цей процес стимулюється янтарною кислотою і пригнічується аміталом. Так, загальна концентрація фосфоліпідів у інтактній шкірі становила 28,5 %. У процесі 135-хвилинної інкубації їх концентрація зменшилась до 21,0 %, а з використанням сукцинату — до 8,5 %. При комплексному використанні сукцинату і аміталу концентрація фосфоліпідів залишалась на рівні 18,3 % від загальних ліпідів (рис. 6). Правдоподібно, що в процесі дихання у шкірі вівці в значній кількості окиснюються карбонові кислоти фосфоліпідів за участі циклу трикарбонних кислот. До речі, в літературі з цього приводу довгий час не було ясності. Спочатку вважали [62], що повний цикл Кребса не відбувається, а регенерація АТФ проходить в реакціях гліколізу або шляхом β -окиснення жирних кислот. Коли ж встановили відсутність деяких ензимів стало очевидним, що цикл Кребса вносить вагомий вклад в епідермальне дихання.

Підсумовуючи одержані дані, загалом можна зробити наступний висновок: ліпіди шкіри, будучи основним джерелом енергії, відіграють важливу

роль у процесах вовноутворення. Особливо важливе значення у цьому відношенні за нашими даними мають фосфоліпіди. У зв'язку з цим хотілось би сказати наступне: відомо, що фосфоліпіди є структурними компонентами клітин, отже, їх роль як джерела енергії не зовсім узгоджується з їх загальновідомими функціями. Відомо також, що фосфоліпіди шкіри синтезуються в базальному шарі епідермісу. Але ні верхні, зроговілі шари епідермісу, ні поверхневі ліпіди (віск), не містять фосфоліпідів, оскільки при кератинізації внутрішні оболонки клітин зазнають прогресивного розпаду, в результаті цього зникає майже половина холестеролу і цілковито — фосфоліпіди. У результаті розпаду останніх звільнюються жирні кислоти, які можуть бути відповідальні за етерифікацію холестеролу і восків у роговому шарі й, очевидно, використовуватись в якості енергетичного матеріалу.

Про різницю між ліпідним складом шкіри, вовнового воску і вовни можна судити з даних таблиці 12.

Таблиця 12. Порівняльна характеристика ліпідів шкіри і вовнового воску овець

Ліпіди	Шкіра	Вовновий віск	Вовна
Фосфоліпіди	Так	Ні	Ні
Тригліцериди	Так	Ні	Ні
Цераміди	Так	Ні	Так
Сквален	Так	Так	Ні
Неетерифіковані жирні кислоти	Так	Так	Так
Неетерифіковані аліфатичні спирти	Ні	Так	Ні
Етерифіковані аліфатичні спирти	Ні	Так	Ні
Неетерифіковані стероли	Так	Так	Так
Етерифіковані стероли	Так	Так	Так
Нормальні алкіни	Так	Так	Так
Холестерол сульфат	Так	Ні	Так

3.6 Кореляція фосфоліпідів шкіри з настригами вовни та успадкування нащадками

З метою з'ясування ролі фосфоліпідів у процесах вовноутворення нами було проведено спеціальні дослідження, у яких ставилась подвійна мета: з одного боку визначити кореляцію фосфоліпідів шкіри з настригами вовни, а з другого — виявити успадкування цього показника нащадками.

Для цього було сформовано дві групи овець (10 голів вівцематок і 10 голів баранів) з різним рівнем вовнової продуктивності. На початковому етапі досліджень у кожної тварини було встановлено рівень фосфоліпідів у шкірі і вираховано кореляцію їх з настригами вовни. З урахуванням одержаних даних було підібрано пари для спаровування.

Для вивчення коефіцієнту успадкування фосфоліпідів шкіри нащадками було підібрано 7 баранчиків і 3 ярочки 4,5-місячного віку, проведена загальна оцінка росту й розвитку, а після забою відібрано зразки шкіри для біохімічних досліджень, зокрема, загальної кількості ліпідів та їх окремих фракцій.

Пари тварин для спаровування підібрано за рейтингом величин настригів вовни та вмісту фосфоліпідів у шкірі так, що амплітуда коливань охоплювала як цілковите співпадіння, так і відхилення на 2–3 місця, що, в принципі, вважається допустимою величиною. У результаті цього коефіцієнти кореляції між настригами вовни та вмістом фосфоліпідів у шкірі овець в межах статевих груп виявились наступними: по групі вівцематок — 0,789, по групі баранів — 0,947.

Результати, які представлено в таблиці 13 характеризують коефіцієнт успадкування нащадками фосфоліпідів шкіри. Як бачимо, коефіцієнт успадкування фосфоліпідів по батьківській лінії становив 0,66, а по материнській — він виявився ще вищий і в середньому по обох статевих групах склав 0,79.

Таблиця 13. Коефіцієнт успадкування фосфоліпідів шкіри нащадками

По батьківській лінії			По материнській лінії		
по групі баранчиків	по групі ярок	загалом по групі нащадків	по групі баранчиків	по групі ярок	у середньому по групі нащадків
0,44	0,72	0,66	0,67	0,84	0,79

Таким чином, одержані величини успадкування вказують на генетичну детермінованість даного показника, що, в принципі, не викликає жодного сумніву, оскільки твердо встановлено, що фосфоліпіди є структурно-функціональним метаболітом.

Отже, виходячи з цього, є усі підстави стверджувати, що фосфоліпіди шкіри можуть слугувати відповідним тест-маркером для оцінки і прогнозування вовнової продуктивності тварин раннього віку.

Встановлена в цих дослідженнях закономірність щодо коефіцієнту успадкування нащадками фосфоліпідів згодом знайшла підтвердження на тваринах старшого, зокрема півторарічного віку (табл. 14).

Таблиця 14. Вміст фосфоліпідів у шкірі та настриги вовни баранів-плідників і їх нащадків у 1,5-річному віці

Інв. № тварини	Барани-плідники		Нащадки	
	настриг вовни, кг	фосфоліпіди, мг/г	баранчики	ярки
			настриг вовни, кг	настриг вовни, кг
61208	9,1	20,3	7,45	6,25
8214	7,0	18,7	7,03	5,50
46177	6,0	18,0	6,07	5,71

З'ясувалось, що нащадки по батьківській лінії, які відзначались більшим вмістом фосфоліпідів у шкірі, а значить і мали вищу вовнову продуктивність,

також переважали своїх ровесників від баранів, що характеризувались порівняно нижчими величинами фосфоліпідів. Все це ще раз доводить правомірність концепції про реальність використання фосфоліпідів у селекційно-племінній роботі з вівцями з метою підвищення їх вовнової продуктивності.

Як згадувалось, на післязабійному матеріалі шкіри ягнят проводилось всестороннє вивчення метаболічного статусу, в тому числі ліпідного, що, окрім усього, збагачує наші знання з цієї ділянки біохімічної генетики. Аналізуючи ці результати, які представлено в таблиці 15, констатуємо: міжгрупові різниці знівельовані майже до нуля, хоч одержані вони на різних статевих групах. Відсутність міжгрупових різниць у даному випадку можна пояснити генетичною детермінованістю метаболітів ліпідного обміну, оскільки підбір пар проводився з урахуванням біохімічних тест-маркерів, зокрема, за рівнем фосфоліпідів у шкірі. А загалом слід сказати, що рівень і спрямованість ліпогенезу перебуває у відповідності з рівнем процесів вовноутворення, властивого для цієї вікової групи тварин.

Таблиця 15. Показники ліпідного обміну в шкірі нащадків (M±m)

Ліпіди	Баранчики, n=7	Ярки, n=3
Загальні ліпіди, %	8,4±0,31	8,7±0,44
Фосфоліпіди, мг/г	16,4±0,89	15,6±1,12
Нейтральні ліпіди, %:		
— неестерифікований холестерол	27,3±0,84	26,9±1,50
— НЕЖК	5,6±0,44	4,4±0,26
— ланостерол	5,0±0,28	4,4±0,18
— триацилгліцероли	10,7±0,47	12,6±0,28
— естерифікований холестерол	51,6±1,55	51,3±1,10

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Yasuda H., Yoshida K., Segawa M. et al. High accumulation of aluminum in hairs of infants and children. *Biomedical Research on Trace Elements*. 2008. Vol. 19, № 1. P. 57–62.
2. Макар І. А., Стапай П. В., Параняк Н. М. та ін. Морфологічні аспекти формування та росту вовни овець. *Біологія тварин*. 2001. Т. 3, Вип. 1. С. 53–63.
3. Гуменюк В. В., Макар І. А., Швець С. Ф. и др. Электронно-микроскопические и цитологические исследования морфогенеза волоса: Методические рекомендации. Львов, 1985. 31 с.
4. Мжельская Т. Н., Ларский Э. Г. Исследование содержания микроэлементов и ферментов в волосах как новый подход к изучению метаболизма на тканевом уровне. *Лабораторное дело*. 1983. № 1. С. 3–10.
5. Наркович Д. В. Элементный состав волос детей как индикатор природно-техногенной обстановки территории: дис.... канд. геолого-минералогических. наук: 25.00.36 / Д. В. Наркович. Томск, 2012. 136 с.
6. Диомидова Н. А. Развитие кожи и шерсти овец М.: АН СССР, 1961. 152 с.
7. Всеволодов Э. Б. Волосяные фолликулы. Алма-Ата: Наука, 1979. 190 с.
8. Xue-Gang Xu, Hong-Duo Chen. Prostanoids and hair follicles: implications for therapy of hair disorders. *Acta Dermato-Venereologica*. 2018. Vol. 98. P. 318–323.
9. Colombe L., Vindrios A., Michelet J. F., Bernard B. A. Prostaglandin metabolism in human hair follicle. *Experimental Dermatology*. 2007. Vol. 16, № 9. P. 762–769.
10. Colombe L., Michelet J.F., Bernard B. A. Prostanoid receptors in anagen human hair follicles. *Experimental Dermatology*. 2008. Vol. 17, № 1. P. 63–72.

11. Araújo R., Fernandes M., Cavaco-Paulo A., Gomes A. Biology of human hair: know your hair to control it. *Advances in Biochemical Engineering, Biotechnology*. 2011. Vol. 125. P. 121–143.
12. Nguyen J. V. The biology, structure, and function of eyebrow hair. *Journal Drugs Dermatology*. 2014. Vol. 13, Suppl. 1 P. 12–16.
13. McElwee K. J., Sinclair R. Hair physiology and its disorders. *Drug Discovery Today: Disease Mechanisms*. 2008. Vol. 5, Issue 2. P. 125–126.
14. Moll R., Divo M., Langbein L. The human keratins: biology and pathology. *Histochemistry and Cell Biology*. 2008. Vol. 129. P. 705–733.
15. Langbein L., Schweizer J. Keratins of the human hair follicle. *International Review of Cytology*. 2005. Vol. 243. P. 1–78.
16. Coulombe P. A., Omary M. B. «Hard» and «soft» principles defining the structure, function and regulation of keratin intermediate filaments. *Current Opinion in Cell Biology*. 2002. Vol. 14, № 1. P. 110–122.
17. Hofmann I., Winter H., Mocke N. et al. The in vitro assembly of hair follicle keratins: comparison of cortex and companion layer keratins. *Biological Chemistry*. 2002. Vol. 383. P. 1373–1381.
18. Стапай П. В., Макап І. А., Сачко Р. Г. та ін. Зв'язок гормонів щитовидної залози в крові овець з ростом вовни. *Біологія тварин*. 2000. Т. 2, № 1. С. 75–80.
19. Rafik M. E., Doucet J., Briki F. The intermediate filament architecture as determined by X-ray diffraction modelling of hard α -keratins. *Biophysical Journal*. 2004. Vol. 86. P. 3893–3939.
20. Fraser R. D. B., MacRae T. P., Sparrow L. G. Disulphide bonding in α -keratin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1988. Vol. 10. P. 106–112.
21. Busson B., Briki F., Doucet J. Side-chains configurations in coiled coils revealed by the 5.15-Å meridional reflection on hard α -keratin X-ray diffraction patterns. *Journal of Structural Biology*. 1999. Vol. 125. P. 1–10.

22. Hesse M., Magin T. M., Weber K. Genes for intermediate filament proteins and the draft sequence of the human genome: novel keratin genes and a surprisingly high number of pseudogenes related to keratin genes 8 and 18. *Journal of Cell Science*. 2001. Vol. 114. P. 2569–2575.
23. Naeem M., Wajid M., Lee K. et al. A mutation in the hair matrix and cuticle keratin KRTHB5 gene causes ectodermal dysplasia of hair and nail type. *Journal of Medical Genetics*. 2006. Vol. 43, № 3. P. 274–279.
24. Herrmann H., Wedig T., Porter R. M. Characterization of early assembly intermediates of recombinant human keratins. *Journal of Structural Biology*. 2002. Vol. 137. P. 82–96.
25. Bouillon C., Wilkinson J. D. *The Science of Hair Care*. Boca Raton, Florida: CRC Press. Taylor & Francis Group, 2005. 752 p.
26. McLean W. H., Irvine A. D. Disorders of keratinisation: from rare to common genetic diseases of skin and other epithelial tissues. *Ulster Medical Journal*. 2007. Vol. 76, № 2. P. 72–82.
27. Lane E. B., McLean W. H. Keratins and skin disorders. *The Journal of Pathology*. 2004. Vol. 204, № 4. P. 355–366.
28. Rogers M. A., Langbein L., Winter H. et al. Hair keratin associated proteins: Characterization of a second high sulfur KAP gene domain on human chromosome 21. *Journal of Investigative Dermatology*. 2004. Vol. 122. P. 147–158.
29. Langbein L., Spring H., Rogers M. A. et al. Hair keratins and hair follicle-specific epithelial keratins. *Methods in Cell Biology*. 2004. Vol. 78. P. 413–451.
30. Gong H., Zhou H., Plowman J. et al. Analysis of variation in the ovine ultra-high sulphur keratin-associated protein KAP5-4 gene using PCR-SSCP technique. *Electrophoresis*. 2010. Vol. 31. P. 3545–3547.
31. Rogers M. A., Langbein L., Winter H. et al. Characterization of a first domain of human high glycine-tyrosine and high sulfur keratin-associated protein (KAP) genes on chromosome 21q22.1. *The Journal of Biological Chemistry*. 2002. Vol. 277. P. 48993–49002.

32. Ramot Y., Paus R., Tiede S., Zlotogorski A. Endocrine controls of keratin expression. *BioEssays*. 2009. Vol. 31, № 4. P. 389–399.
33. Антонов В. Ф. Липиды и ионная проницаемость. М.: Наука, 1982. С. 50–80.
34. Siliprandi N., Di Lisa F., Rossi C. R., Toninello A. Overview of lipid metabolism. *Myocardial Ischemia and Lipid Metabolism*. Plenum Press, New York. 1984. P. 1–13.
35. Стапай П. В., Макар И. А., Швец С. Ф., Король В. И. Особенности липидного обмена в коже овец в пренатальный и ранний постнатальный периоды развития. *Сельскохозяйственная биология*. М.: ВО «Агропромиздат», 1985. № 4. С. 86–88.
36. Макар И. А., Гуменюк В. В., Швец С. Ф. и др. Взаимосвязь обмена веществ в коже с морфогенезом шерсти у овец породы прекос закарпатского типа. *Сборник научных трудов «Совершенствование племенных и продуктивных качеств овец»*. Днепропетровск, 1986. С. 73–78.
37. Yardley H. J., Godfrey G. Some in vitro effects of hypoglycin on skin. *Archives of Dermatology*. 1967. № 96. P. 89.
38. Brooks S. C., Langs L. K., Godefroi V. C. Metabolic studies on skin. 3. Lipid metabolism in mouse skin during the hair growth cycle. *Journal of Investigative Dermatology*. 1968. Vol. 50, № 2. P. 161–170.
39. Godfrey G. The respiration of skin and brain in relation to phosphorylcholine and phosphorylethanolamine metabolism in the guinea-pig, *Cavia porcellus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part B. 1975. Vol. 52, № 2. P. 201–204.
40. Long V. J., Boyce K. M. The phospholipid composition of guinea-pig skin in relation to endogenous respiration. *British Journal of Dermatology*. 1971. Vol. 85, № 4. P. 357–362.
41. Yardley H. J., Godfrey G. Metabolism of phosphate esters and phospholipids in skin maintained in vitro. *Journal of Investigative Dermatology*. 1964. Vol. 43, № 1. P. 51–57.

42. Gray G. M., Yardley H. J. Different populations of pig epidermal cells: isolation and lipid composition. *The Journal of Lipid Research*. 1975. Vol. 16, № 6. P. 441–447.
43. Zaruba F. Problemy keratinizace. *Československé dermatologie*. 1971. Vol. 46, № 5. P. 209–229.
44. Goodman D. S. Cholesterol ester metabolism. *Physiological Reviews*. 1965. № 45. P. 747.
45. Yardley H. J. Sterols and keratinization. *British Journal of Dermatology*. 1969. Vol. 23, № 1. P. 65–79.
46. Yoon J. S., Nishifuji K., Ishioroshi S. et al. Skin lipid profiling in normal and seborrhoeic shih tzu dogs. *Veterinary Dermatology*. 2013. Vol. 24, № 1. P. 84–89.
47. Параняк Н. М., Макар І. А. Використання [1-14C] ацетату в синтезу ліпідів шкіри овець в дослідях *in vitro*. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії тварин*. 1991. Вип. 13, № 2. С. 39–42.
48. Параняк Н. М., Макар І. А. Вміст ліпідів в крові та шкірі овець в процесі росту вовни. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. 1993. Вип. 15, № 1. С. 32–34.
49. Стапай П. В. Ліпіди шкіри, їх роль в процесах вовноутворення та збереженні природних властивостей вовни: дис.... докт. с.-г. наук / П. В. Стапай. Львів, 1997. 308 с.
50. Босов С. И. Влияние сроков и кратности стрижки овец советской м'ясо-шерстной породы на шерстную продуктивность: дис....канд. с.-х. наук / С.И. Босов. Ставрополь, 2003. 126 с.
51. Остроухов Н. А., Марченко В. В., Визе Л. Я. Влияние сезонов года и кратности стрижки овец на основные свойства кроссбредной шерсти пониженной тонины. *Ветеринария Кубани*. 2010. № 6. С. 2–3.

52. Галиева З. А., Зиянгирова С. В., Кубатбеков Т. С. Шёрстная продуктивность овец разных генотипов. *Известия оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 3 (59). С. 148–150.
53. Cruickshank C. N. D., Harshey F. B., Lewis C. Isocitric dehydrogenase activity of human epidermis. *Journal of Investigative Dermatology*. 1958. Vol. 30, Issue 1. P. 33–37.
54. Gilbert D. Demonstration of a respiratory control mechanism in human skin in vitro. *Journal of Investigative Dermatology*. 1964. Vol. 42. P. 45–49.
55. Yardley H. J., Godfrey G. Some in vitro effects of hypoglycin on skin. *Archives of Dermatology*. 1967. Vol. 96, № 1. P. 89–93.
56. Kotani A., Kusu F. HPLC with electrochemical detection for determining the distribution of free fatty acids in skin surface lipids from the human face and scalp. *Archives of Dermatological Research*. 2002. Vol. 294, № 4. P. 172–177.
57. Pérez B., Dahlgaard S. E., Bulsara P. Synthesis and characterization of O-acylated- ω -hydroxy fatty acids as skin-protecting barrier lipids. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2017. Vol. 490. P. 137–146.
58. Jia Y., Gan Y., He C. et al. The mechanism of skin lipids influencing skin status. *Journal of Dermatological Science*. 2018. Vol. 89, № 2. P. 112–119.
59. Capitani S., Caramelli E., Felaco M. et al. Effect of phospholipid vesicles on endogenous RNA polymerase activity of isolated rat liver nuclei. *Physiological Chemistry and Physics*. 1981. Vol. 13, № 2. P. 112–119.
60. Стапай П. В., Коцюба Д. М. Взаимосвязь липидов кожи с процессами шерстеобразования. *Тезисы научн. сообщ. конференции по развитию овцеводства*. Ставрополь, 1989. Ч 2. С. 198–199.
61. Стапай П. В. Роль липидов кожи в процессах шерстеобразования. *Научные труды ВАСХНИЛ «Вопросы физиологии и биохимии питания овец»*. М.: «Колос», 1981. С. 136–140.
62. Pomerantz S. H., Asbornsen M. T. Glucose metabolism in young rat skin. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1961. Vol. 93, № 1. P. 153–158.

4. СТРУКТУРА І ХІМІЧНИЙ СКЛАД ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА

4.1 Ультроструктура вовняного волокна

Вовняне волокно (вовна, волос) є продуктом функціональної і метаболічної діяльності волосяного фолікула та являє собою рогове утворення епідермального походження і складається з кератину (від грецького «kéras» — ріг) [1]. Залежно від розташування розрізняють такі морфологічні ділянки вовняного волокна: стрижень, що покриває поверхню шкіри і захищає організм від охолодження, а шкіру від механічних ушкоджень; кореня, який розміщений у заглибині шкіри, у так званій волосяній сумці або піхвині волосяної цибулини, в основі якої є волосяний сосочок, багатий на кровоносні судини й нерви, і складається з живих клітин, здатних до розмноження шляхом мітотичного поділу [2, 3].

Стрижень волоса або просто волос побудований з трьох шарів: тонкої кутикули, або лускатого шару (cuticle), кортексу (cortex) і серцевини (medulla), які об'єднані між собою клітинно-мембранним комплексом (КМК) (рис. 7) [4–7]. Серцевина є не у всіх типах волоса, а властива лише ості і мертвому волосу, а в окремих випадках — перехідному [8].

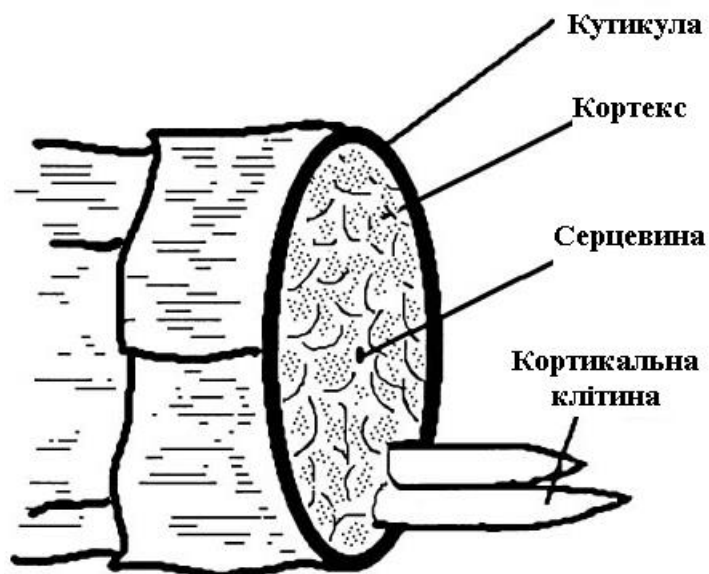


Рис. 7. Схематичне зображення поперечного розрізу волоса [9]

Ззовні волос покритий *кутикулярним шаром*. За результатами сканувальної електронної мікроскопії (СЕМ) (фото 1–3) [10] встановлено, що кутикулярний, тобто поверхневий шар вовняного волокна, побудований із зроговілих лусочок, які міцно з'єднані між собою. Кутикула становить близько 10 % загальної маси волокна і складається з плоских, гофрованих, неправильної форми рогових лусочок, які розташовані черепицеподібно у напрямку до верхівки волокна, перекриваючи одна одну приблизно на половину або $2/3$ своєї довжини. Уздовж лусок, від основи до вершини, спостерігаються борізки, що вказують на орієнтацію структурних елементів лусок волокна. Розрізняють дві основні форми лусочок — черепицеподібні і короноподібні. У грубих волокнах лусочки мають неправильну форму і охоплюють його навколо не поодинокі, а по дві, а іноді й по три. У міру наближення до шкіри типовість лускатого шару зменшується і біля самої цибулини він відсутній [11–16].

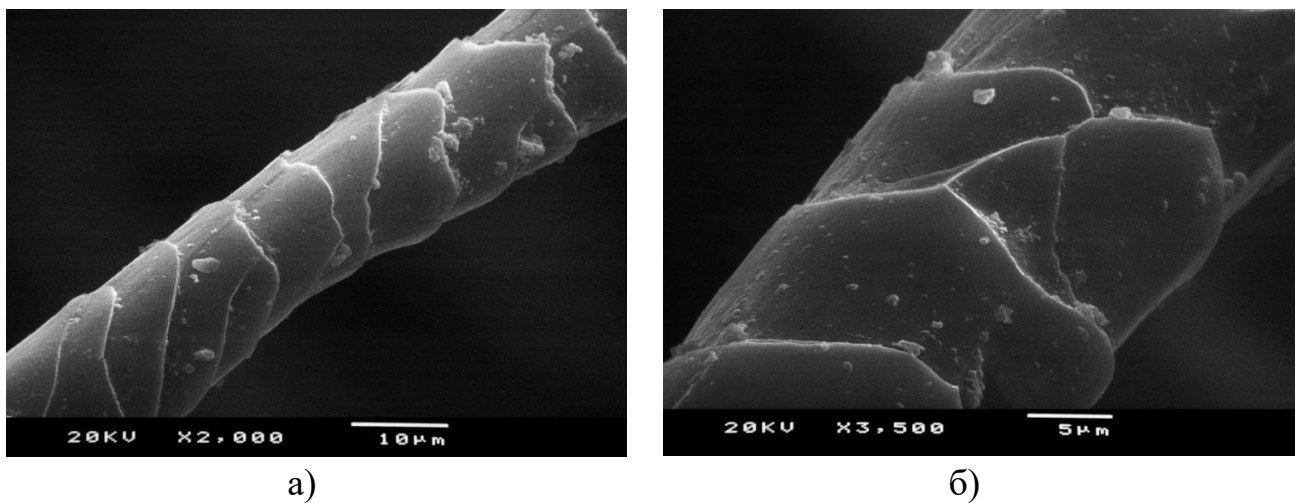
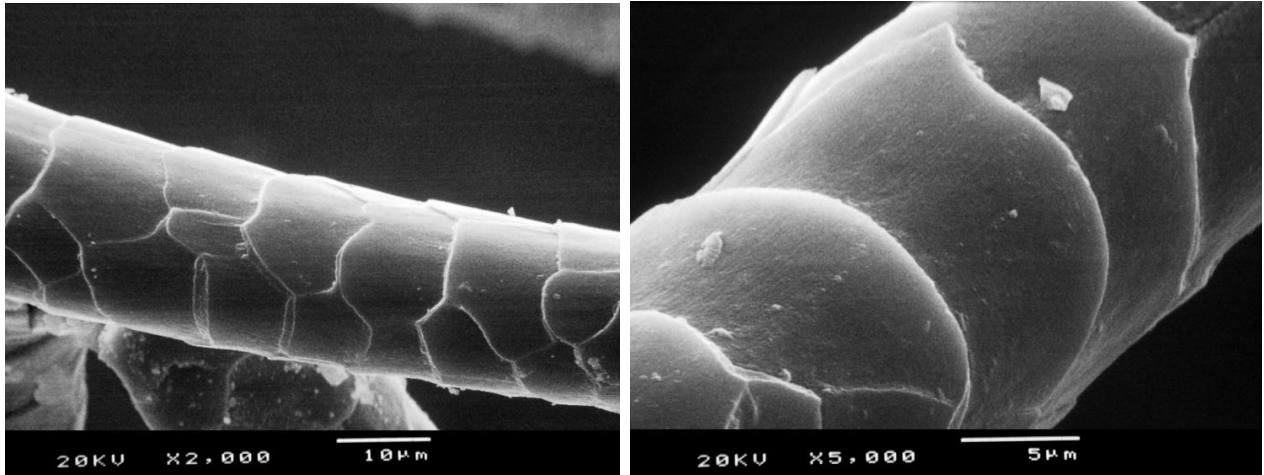


Фото 1. Зображення зовнішньої поверхні вовняного волокна асканійської тонкорунної породи (а — X 2000, б — X 3500)

За допомогою електронно-мікроскопічних досліджень встановлено, що довжина клітин кутикули становить від 30 мкм, ширина від 20 мкм, а товщина лускатого шару може коливатись у межах 0,5–2 мкм, причому клітини розташовані в один шар і незначно перекривають одна одну з опуклого боку завитка (з боку ортокортексу) й можуть розташовуватись у 1–2 шари з більшим ступенем перекривання клітин з увігнутого боку завитка (з боку паракортексу) [17–19].

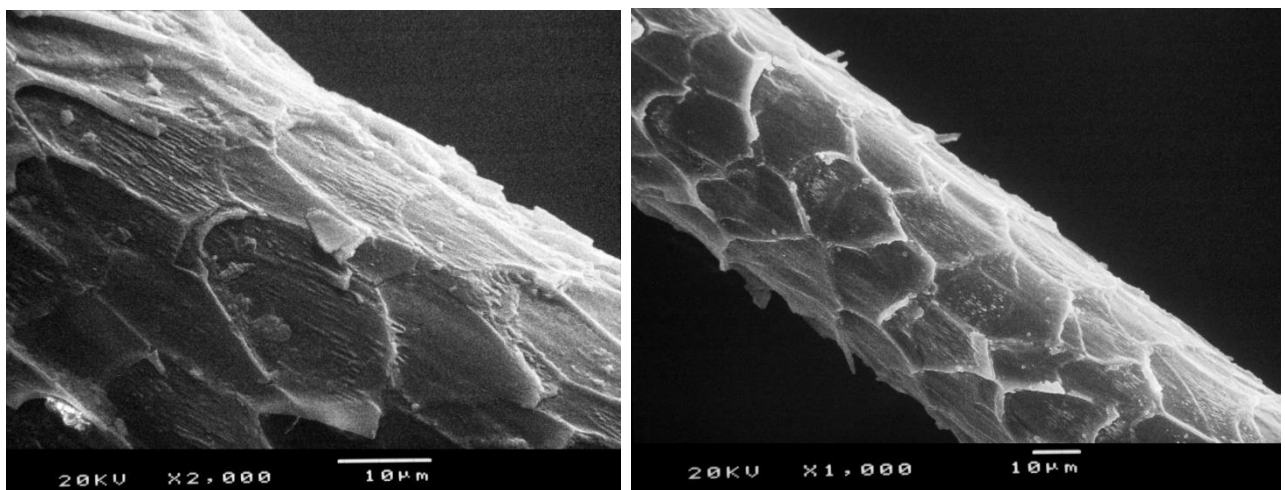


а)

б)

**Фото 2. Зображення зовнішньої поверхні пухового волокна УГКП
(а — X 2000, б — X 5000)**

Лускатий шар захищає розташовані під ним клітини коркового шару, а, отже, і волокно загалом, від шкідливих впливів зовнішніх чинників та впливає на блиск і звалюваність вовни. Він легко піддається руйнуванню під впливом вологості, аміаку та інших хімічних чинників, а особливо, коли волокно у руні недостатньо покрите жиропотом або цей жиропіт містить значну частку високо лужного поту (рН 9 і вище) [20–23].



а)

б)

**Фото 3. Зображення зовнішньої поверхні остьового волокна УГКП
(а — X 2000, б — X 1000)**

Електронно-мікроскопічні дослідження вказують на складну структуру кутикулярного шару. Зокрема, з рисунку 8 видно, що кутикула побудована з декількох шарів — епікутикули, екзокутикули і ендокуютикули. Вони відрізняються між собою за вмістом цистину [24, 25]. Найбільше цистину міститься у епікутикулі, а саме в А-шарі і становить близько 37 %. У екзокутикулі вміст цистину сягає майже 15 %, а в ендокуютикулі — 3 % [26–29].

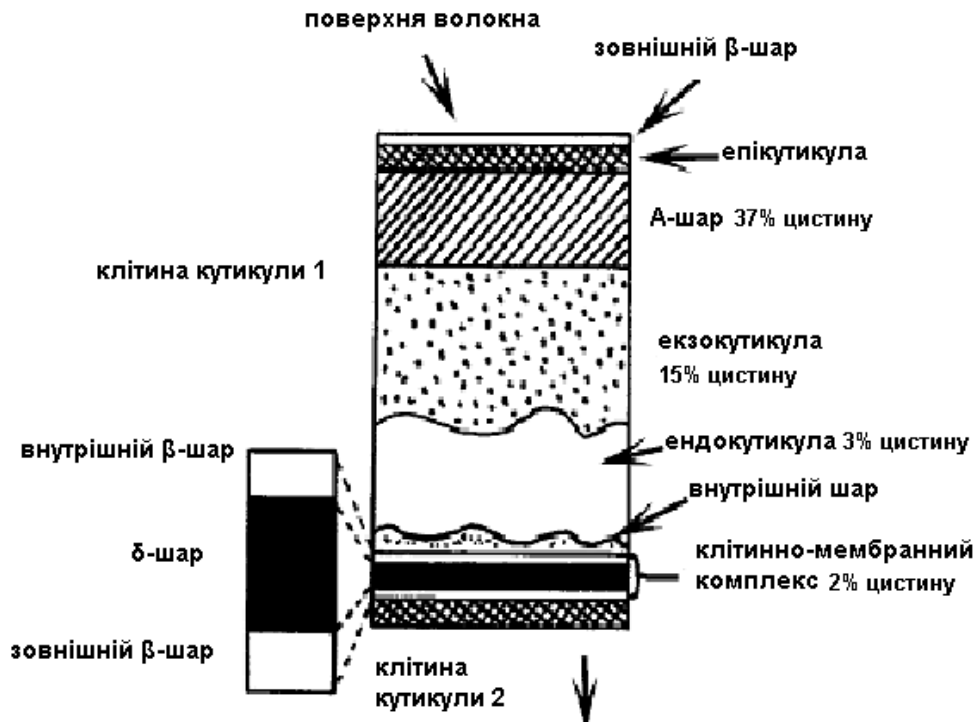


Рис. 8. Схематичне зображення будови кутикули вовни [30]

Епікутикула — це зовнішній шар кутикули товщиною 0,005–0,02 мкм, яка відповідає за гідрофобні властивості волоса. Вона становить приблизно 0,2 % товщини вовняного волокна. На сьогоднішній день вважають, що епікутикула утворена двома шарами — протеїновим А-шаром та ліпідним F-шаром, який знаходиться зовні, покриваючи її [31]. Ці два шари формують захисний бар'єр від проникнення хімічних речовин, забезпечуючи механічну цілісність і хімічну стійкість волоса.

Екзокутикула — є протеїновим компонентом лускатого шару волокна, товщина її близько 0,015 мкм. Цей шар найбільш стійкий до впливу зовнішніх чинників. Характерною особливістю екзокутикули є великий вміст цистину в її зовнішній ділянці [32].

Ендокутикула — є внутрішнім шаром кутикули, товщиною близько 0,2–0,3 мкм. Вона некератинового походження і побудована із залишків цитоплазматичних структур. Лінія з'єднання цих шарів має неправильну форму. У вовні мериносових овець вона становить до 30 % усієї маси кутикули. Ендокутикула містить мало Сульфуру, в її складі виявлено ензиматично легковідщеплювані рештки цитоплазми та органели раніше живих клітин [33].

Усі структурні компоненти кутикули, як уже було сказано, з'єднані між собою клітинно-мембранними комплексами, які на рівні з ендокутикулою є основними шляхами дифузії різних речовин всередину волоса. КМК побудований в основному з ліпідів і полісахаридів. Основною функцією КМК є забезпечення міжклітинних контактів між різними структурними компонентами волоса — кутикула-кутикула, кутикула-кортекс, кортекс-серцевина.

Кортекс або корковий шар, розташований під лускатим, з яким становить основну масу пухових волокон і, в основному, визначає фізико-механічні та хімічні властивості вовни [34, 35]. Він побудований з декількох ярусів щільно притиснутих одна до одної веретеноподібних клітин. Розміри клітин можуть бути різними (довжина 50–100 мкм, ширина 3–6 мкм). Кожна клітина оточена клітинною мембраною. Кортекс становить до 90 % загальної маси волокна (рис. 9) [36].

Клітини кортексу побудовані із щільно розміщених циліндричних ниткоподібних макрофібрил діаметром близько 0,05–0,4 мкм, а самі макрофібрили коркового шару складаються з мікрофібрил (інтермедіальних філаментів) [38–40].

Мікрофібрили становлять основну частину вовняного волокна і входять до кристалічної частини кератину вовни. Вони занурені в аморфне середовище, так званий матрикс, який формується в процесі кератинізації із залишків цитоплазми та клітинних ядер і характеризується великим вмістом амінокислоти цистину [41]. Мікрофібрила складається з чотирьох протофібрил, кожна з яких утворена шістьма протофіламентами розміром 2 нм або трьох

протофібрил, кожна з яких утворена чотирма протофіламентами розміром 3 нм. Протофіламент, своєю чергою, складається з двох гетеродимерів [42–44].

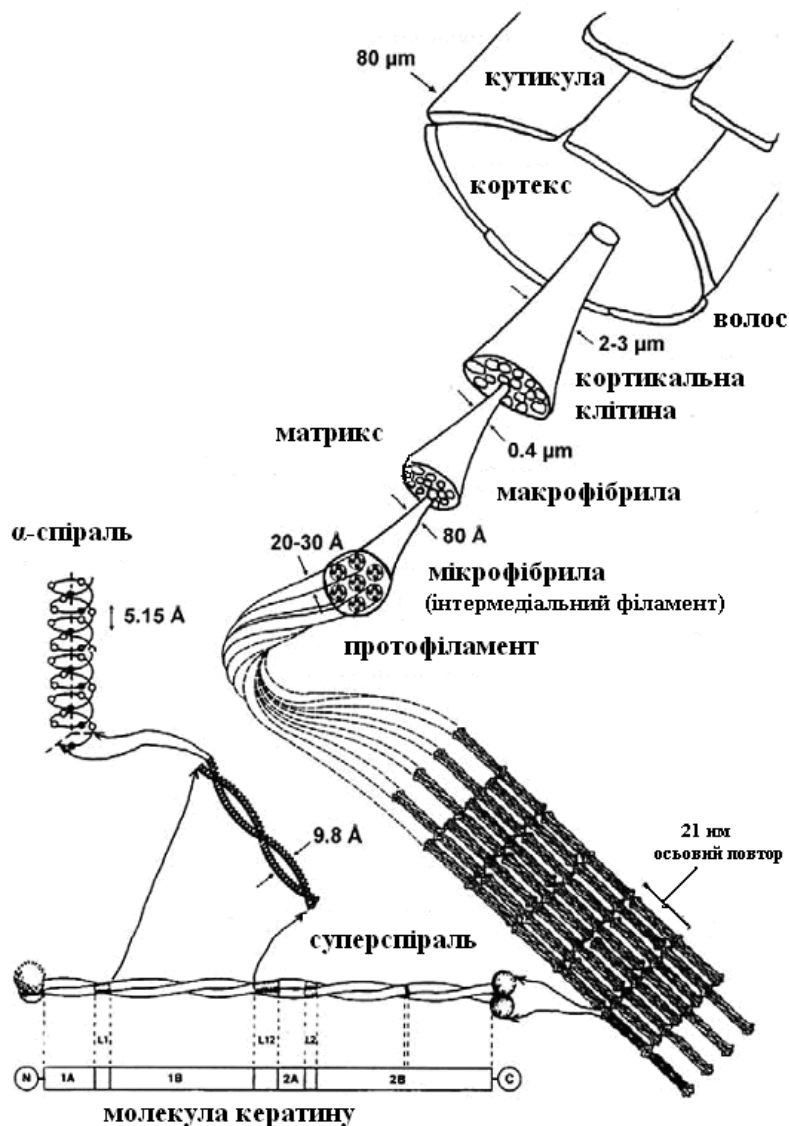


Рис. 9. Схематичне зображення будови вовняного волокна [37]

Кожен гетеродимер утворений мономерними молекулами кератину, які, своєю чергою, складаються із спірально сплетених амінокислот (α -спіралей) [45, 46]. Молекули кератину розподіляють на два типи: тип-I- кислі і тип-II — нейтрально-основні. Завдяки паралельному перехрещенню з кожної молекули кератину типу-I і типу-II утворюється супергелікс-суперспіраль, яку ще називають «спіральний клубок» (рис. 10) [47–53].

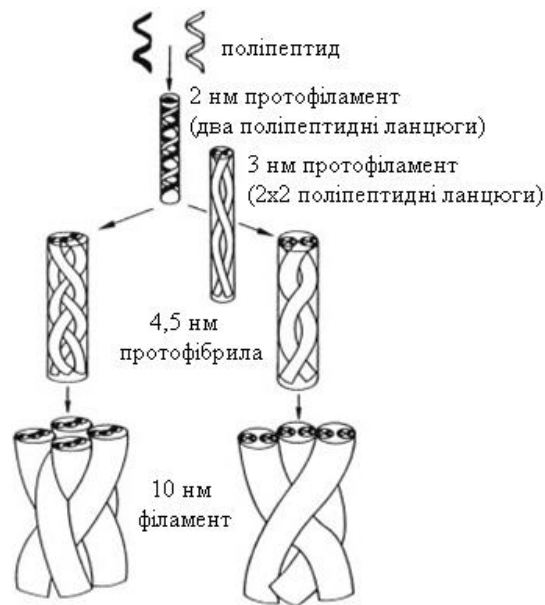


Рис. 10. Схематичне зображення будови філамента [5]

Кортикальні клітини щільно розміщені одна біля одної і орієнтовані вздовж осі волоса. Дослідження поперечних зрізів вовни, проведені за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ), показують, що практично усі ці клітини округлої форми (фото 4) [11].

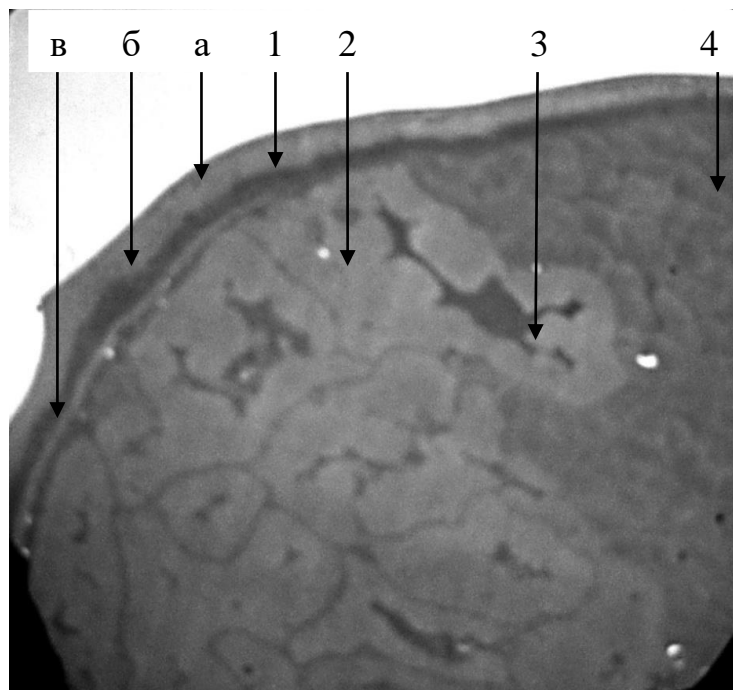


Фото 4. Поперечні зрізи вовняного волокна асканійської тонкорунної породи (1 – кутикула, а – епікутикула, б – екзокутикула, в – ендоктикула, 2 – паракортес, 3 – залишки ядра, 4 – ортокортес, X 4000)

Корковий шар пухових волокон побудований з двох видів клітин, які відрізняються як за формою, так і за хімічним складом. У звивистій вовні тонкорунних овець ці клітини утворюють сегменти — орто- і паракортекс. *Паракортекс* характеризується високим вмістом Сульфуру і слабо набухає, він розташований на внутрішній стороні згину, а *ортокортекс* містить мало Сульфуру й більше набухає та розміщений на зовнішній стороні згину. Паракортикальні клітини значно більші ортокортикальних і містять залишки ядер. Від співвідношення між орто- і паракортексом залежить звивистість волокон [54–56].

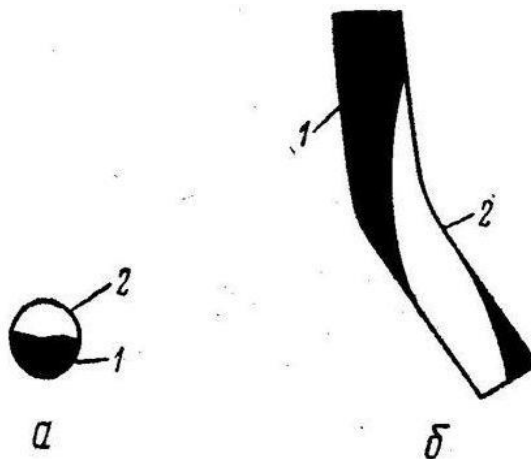


Рис. 11. Схема розташування ортокортекса (1) і паракортекса (2) у вовняному волокні: а) поперечний зріз, б) повздовжній зріз волокна [57]

У результаті досліджень встановлено, що особливості структури кортексу різних морфологічних типів волокон чітко проявляються у неоднорідній вовні овець української гірськокарпатської породи (УГКП). Загальна картина будови пухових волокон вовни цих овець показана на фото 5. З даного фото видно, що кортекс пухових волокон неоднорідної вовни овець УГКП, на відміну від тонкої однорідної, не диференціюється на окремі сегменти, а забарвлюється гомогенно. Отже, орто- і параклітини у пухових волокнах розміщені рівномірно по всій площі волокна [11].

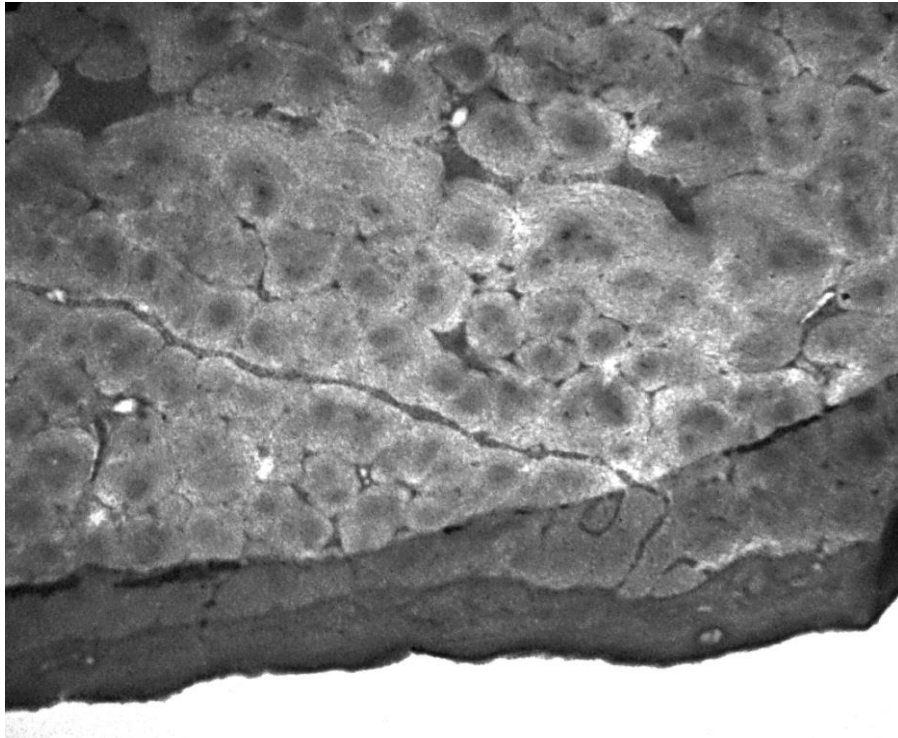


Фото 5. Поперечний зріз пухового волокна УГКП, X 4000

Паракортикальні клітини пухових волокон овець УГКП мають овальну форму. У них часто спостерігаються залишки ядер, розкиданих по всій площі клітин. Клітинна мембрана чітка, має добре виражену двохконтурність (фото 6).

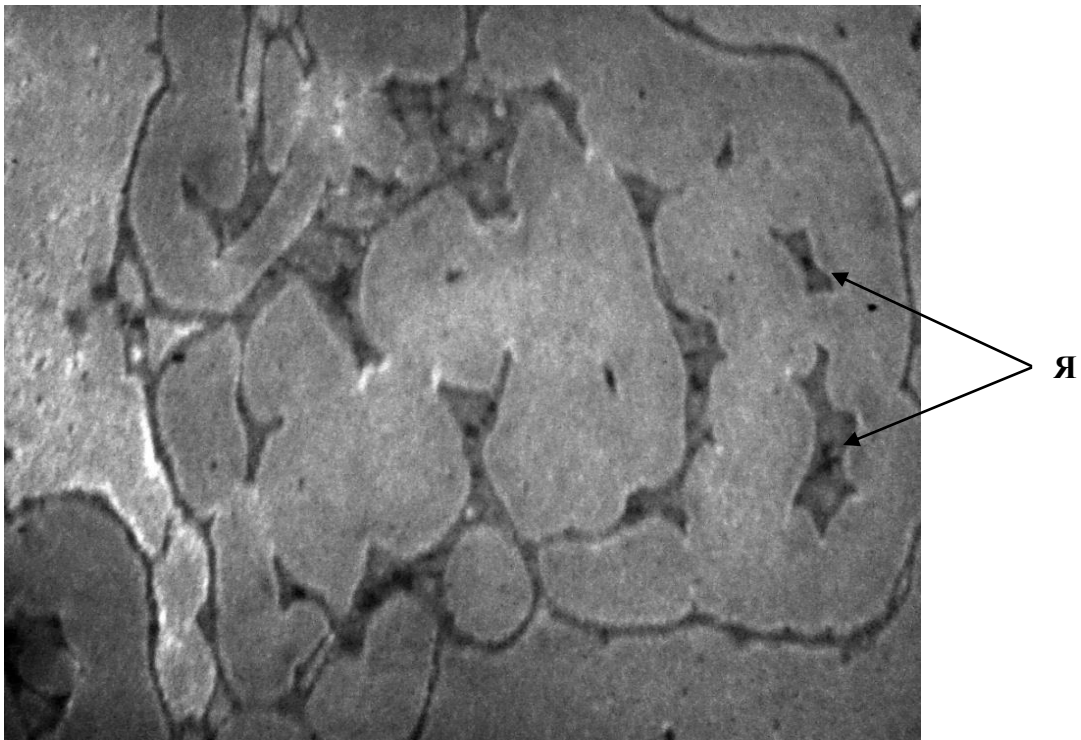


Фото 6. Поперечний зріз пухового волокна УГКП. Загальна картина клітин паракортексу (я – залишки ядер), X 8000

На поверхні клітин коркового шару відкладається пігмент — меланін, який надає забарвлення волосяному покриву [58, 59]. Меланін нерозчинний у воді, але досить добре розчинний у лугах та кислотах. Він побудований з полімерів, які містять Сульфур і утворюються з тирозину. Меланін відкладається у зв'язаному з протеїном стані у вигляді гранул. Гранула меланіну є структурованим тілом, що формує сфери у діаметрі 70–500 нм (фото7) [60].

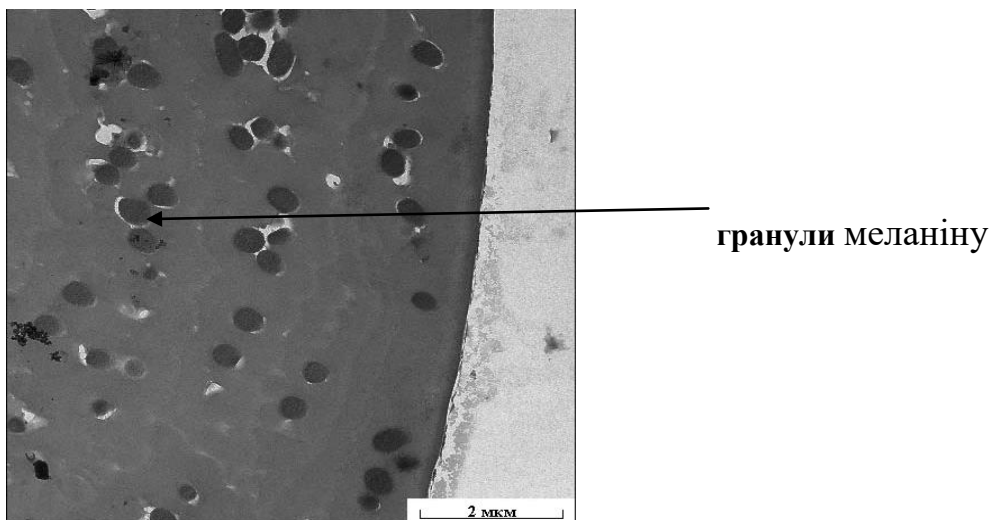


Фото. 7. Зображення гранул меланіну на поверхні клітини коркового шару [61]

Клітинно-мембранний комплекс, який розташований між клітинами кутикули, кутикули і кортексу та кортикальними клітинами, є цементуючою речовиною, що зв'язує клітини між собою і слугує захисним бар'єром від попадання сторонніх речовин [62, 63]. Дослідження показали, що міжклітинний матеріал між кутикулярними клітинами має інший хімічний склад, ніж між кортикальними. Його товщина становить близько 250 А°. КМК має ламінарну структуру, яка складається з протеїнового і ліпідного шарів, розділених міжклітинним елементом [64, 65]. Хоча на цей компонент волоса і припадає лише близько 6 % загальної маси волокна, тим не менше, він відіграє важливу роль у підтриманні цілісності кутикули волосу та його поверхневих властивостей. Було висловлено припущення, що компоненти КМК можуть впливати на такі механічні властивості, як опірність до стирання і втоми при

крученні, а також на такі хімічні властивості: стійкість до дії кислот, протеолітичних ензимів та хімічних речовин [66–68].

Серцевинний або мозковий шар, наявний лише у волокнах грубої вовни і становить до 15 %. Він розташований у центральній частині волокна у вигляді суцільної або переривчастої смуги (фото 8) [69, 70].

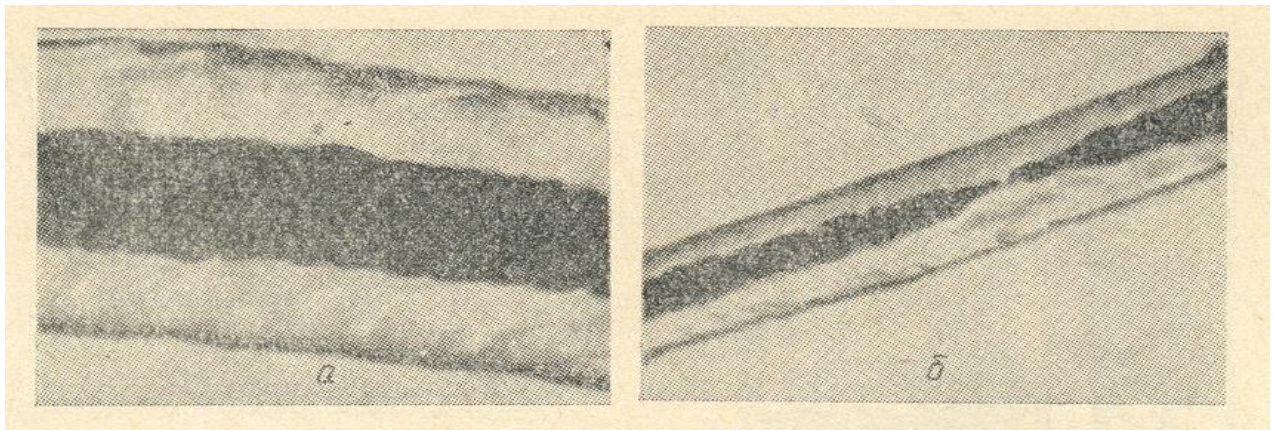


Фото. 8. Волокно з серцевиною [71]:

а – суцільний серцевинний канал, б – переривистий серцевинний канал

Розташування та форма клітин серцевинного шару значно змінюється залежно від типу волокна. Структурі ості властива радіальна асиметричність розміщення клітин, при якій пара- і ортоклітини розміщені рівномірно по всій площині поперечного зрізу волокна.

Як показали електронно-мікроскопічні дослідження, серцевина побудована із пористої тканини, яка містить порожнини, заповнені повітрям (фото 9).

Каркас клітин серцевинного шару побудований з протеїнів, що містять мало цистину і значну кількість глютамінової кислоти, глютаміну та цитруліну. Резистентність білків серцевини нерозривно пов'язана з наявністю у них поперечних зв'язків типу Σ — (χ -глутамін) — лізину замість дисульфідних зв'язків, які у них зазвичай відсутні. У клітинах серцевини виявлено ще гранули трихогіаліну, як попередника філаментних структур [72, 73].

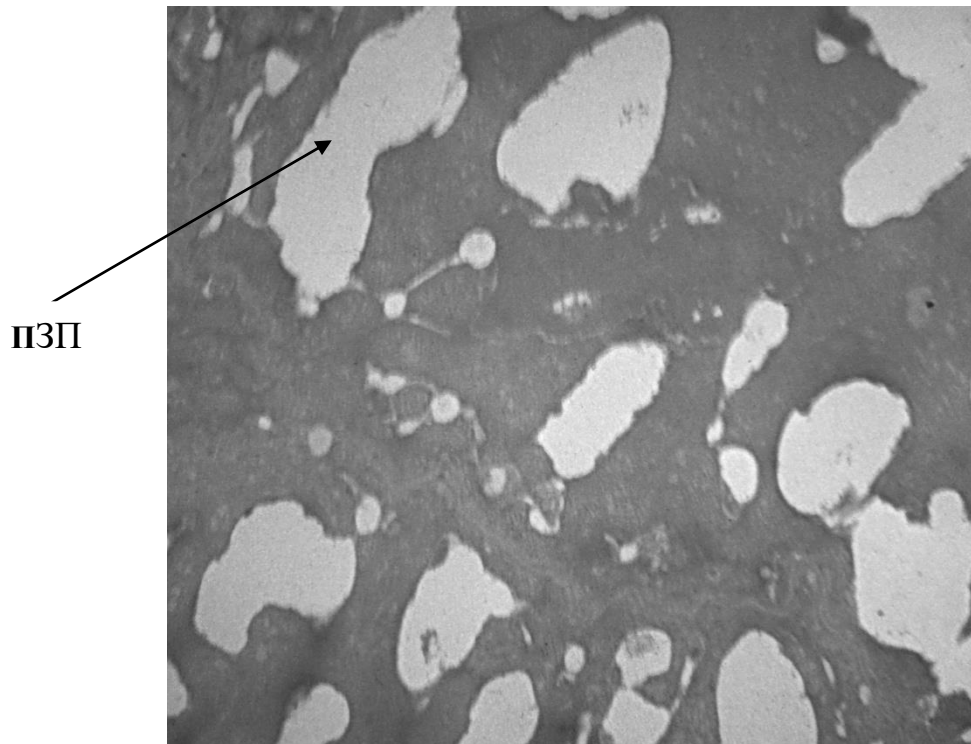


Фото 9. Поперечний зріз остьового волокна УГКП. Загальна картина пористої тканини серцевини (ПЗП — порожнини заповнені повітрям), X 8000



Фото 10. Поперечний зріз остьового волокна УГКП. Загальна картина кортексу, X 4000

Основною ж особливістю структури коркового шару остьових волокон є відсутність у ньому диференціації на окремі сегменти. Це наглядно відображено на фото 10.

4.2 Хімічний склад вовни

Чиста і суха (позбавлена мінеральних й рослинних домішок та жиропоту) вовна майже на 96 % складається з білка-кератину і лише незначна кількість представлена небілковими компонентами, а саме ліпідами, продуктами вуглеводного та протеїнового обміну (сечова кислота, пурини, амінокислоти, сечовина, глікоген, лимонна кислота, феноли тощо) й мінеральними елементами. Не так давно з вовни виділено ДНК, молекулярною масою 14107. Встановлено, що кератинове волокно складається з понад 170 протеїнових молекул з молекулярною масою від декількох тисяч до 100000 Да [74, 75].

Сульфур у вовні перебуває у складі різних сульфурвмісних сполук, але найбільша його кількість є у цистині (близько 74 %). Значно менший відсоток припадає на цистеїн, метіонін, лантіонін та цистеїнову кислоту.

Отже, будь яка зміна загального балансу Сульфуру вовни залежатиме, передусім, від цистину, хоча може бути, що перерозподіл інших сульфурвмісних сполук також, з огляду на це, матиме відповідний вплив. І справді, баланс Сульфуру стає від'ємним одразу після того, як у вовні знижується рівень цистину [76–79].

Відомо, що цистин у вовні поперечно з'єднує основні поліпептидні ланцюги за схемою:



Крім Сульфуру, овеча вовна містить значну кількість інших мінеральних елементів. Це зокрема, Кальцій, Натрій, Калій, Фосфор, Магній, Ферум, Цинк, Купрум, Силіцій та інші. В 1 кг сухої речовини вовни міститься 4,2 г золи, в тому числі, мг: Кальцію — 2300, Натрію — 305, Магнію — 185, Фосфору — 137, Цинку — 115, Феруму — 60, Калію — 45, Мангану — 25 і Купруму — 25.

Понад 30 % золи вовни припадає на Силіцій [80, 81]. Останній міститься навіть у волосі новонароджених. За допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії у людському волосі виявлено 37 елементів, вміст яких надзвичайно варіабельний [82]. Говорячи про мінеральний склад волоса, потрібно відзначити, що останнім часом все частіше з'являється інформація про можливість встановлення ступеня забезпечення організму мінеральними елементами за визначенням їх вмісту у волосі [83].

У склад кератину входять 18 амінокислот, з яких найбільший відсоток припадає на цистин, глютамінову та аспарагінову кислоти, серин, лейцин, аргінін. Різні групи протеїнів вовни, як і морфоструктурні компоненти, істотно відрізняються за амінокислотним складом [84–86].

Вовняне волокно являє собою сітку поліпептидних ланцюгів, з'єднаних між собою ковалентними та нековалентними зв'язками (рис. 12). Найважливішими серед них є дисульфідні мостики, утворені сульфурвмісною амінокислотою цистином. Вони утворюються в процесі формування волокна, а саме — на останній стадії кератинізації. Завдяки цим зв'язкам кератинові волокна нерозчинні у воді та стійкіші до дії хімічних та фізичних чинників, порівняно з іншими протеїнами [87–89].

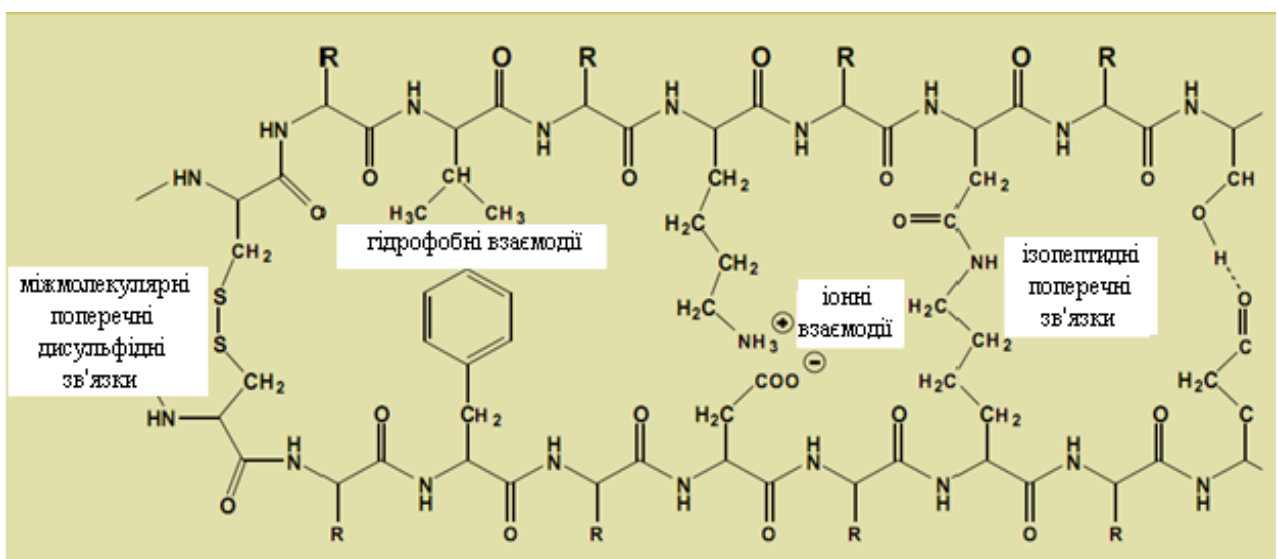


Рис. 12. Різновиди хімічних зв'язків у вовняному волокні [90]

Структура кератину може стабілізуватись не лише дисульфідними, але й іншими поперечними зв'язками, а саме пептидними, які виникають між вільними карбоксильними групами глютамінової та аспарагінової кислот і кінцевою аміногрупою лізину. Окрім хімічних поперечних зв'язків, стабілізувати волокно допомагають інші типи взаємодій. До них належать взаємодії між бічними групами амінокислот, що формують протеїн вовни, а саме гідрофобні взаємодії між вуглеводневими боковими групами та іонні взаємодії між групами, що можуть обмінюватись протонами. Найважливішими з нековалентних взаємодій є іонні, які виникають між ацильними (карбоксильними) та основними аміногрупами. Саме карбокси- та аміногрупи забезпечують амфотерні та рН-буферні властивості вовни [91–93].

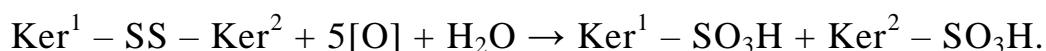
4.3 Класифікація кератинів вовни

Вовняні волокна побудовані з кератинів двох типів. Перший, властивий волокнам у нормальному, не розтягнутому стані. Він відомий як α -кератин, у якому поліпептидний ланцюг скручений у вигляді спіралі й утворює так звану α -спіральною структуру. Другий тип — β -кератин, у якому пептидні ланцюги знаходяться в розпрямленому стані, властивий волокнам, розтягнутим більше, ніж на 50 % [94–96]. До речі, саме кератин вовни був одним із перших протеїнів, підданих рентгеноскопічному аналізу і на основі цих даних Л. Полінг побудував славнозвісну α -спіраль фібрилярних протеїнів [97]. Після розриву дисульфідних зв'язків кератин розчиняється у слаболужних розчинах. Дослідження структури кератину вовни ґрунтується саме на його розчиненні, яке досягається реакціями окиснення або відновлення дисульфідних груп [98].

Названі кератини, здатні за певних умов переходити з однієї форми в іншу. Саме на цьому ґрунтується еластичність вовняних волокон. Встановлено, що перетворення α -кератину в β -форму відбувається при розтягуванні волокна в гарячій воді або в атмосфері пари. Вважається, що при такому стані наступає

розрив дисульфідних зв'язків з одночасним утворенням нових поперечних зв'язків [99, 100].

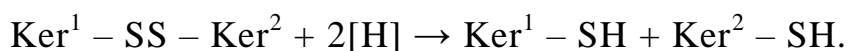
Окрім α - і β -форми, кератини вовни характеризуються трифазністю структурної композиції. Тобто, послідовно обробляючи вовну різними реагентами, що розривають чи блокують дисульфідні зв'язки, кератин розділяється на три фракції — альфа-, бета- і гамма-кератози або так звані кератеїни [101]. При окисненні дисульфідні зв'язки цистину окиснюються до двох залишків цистеїнової кислоти згідно з реакцією:



Якщо рН середовища довести до кислого (приблизно 4,4), то в осад випадає суміш протеїнів з великою молекулярною масою, це так звана альфа-кератоza. У розчині залишаються низькомолекулярні протеїни з великим вмістом Сульфуру — це гамма-кератоza. Нерозчинну частку вовняного волокна називають бета-кератозою, що становить 8–16 % [102].

Кератози — це поліпептиди, які з'єднані дисульфідними зв'язками. Вони відрізняються між собою за молекулярною масою. Так, альфа-кератоza має молекулярну масу 70000 Да. Молекулярна маса легкорозчинного протеїну — гамма-кератози становить близько 45000 Да. Альфа-кератоza дає рентгенограму, характерну для білків α -конфігурації. Натомість, бета-кератоza дає неорієнтовану дифрактограму, властиву білкам β -конфігурації. На рентгенограмах гамма-кератоza не виявляє яскраво виражених рефлексів, а спостерігається лише декілька дифузних кілець [103, 104].

Застосування відновлювальних агентів призводить до розриву дисульфідних зв'язків цистину з утворенням цистеїну, відповідно до реакції:



Протеїни, які при цьому утворюються, названо кератеїнами. Для надання їм більшої стійкості, SH-групи цистеїну зв'язують монойодоцтовою кислотою з утворенням карбоксиметилпохідних. Ці протеїни названо S-карбоксиметилкератеїнами [105].

Отже, основну частину вовни (80%), розчинену після попереднього окиснення або відновлення, можна розділити на дві групи білків: з великою молекулярною масою і низьким вмістом Сульфуру фібрилярної структури (SCMKA, або альфа-кератоза), і з меншою молекулярною масою та високим вмістом Сульфуру — глобулярна структура (SCMKB, або гамма-кератоза) [106,107,108,109].

Кератози вовни відповідають різним структурним компонентам волокна. Зокрема, α -кератоза (S-карбоксиметилкератеїн-A) відповідає білку макро- і мікрофібрил клітин кортексу; β -кератоза (нерозчинна частина вовнового волокна) — кутикулі і клітинним мембранам; γ -кератоза (S-карбоксиметилкератеїн-B) — міжволокнистій субстанції, цементуючій речовині, тобто матриксу волокна. Кількісне співвідношення кератоз у різній вовні є неоднакове, але на α -фракцію припадає в середньому близько 55%, γ -фракцію — 25% і β -фракцію — 16% [110, 111].

Із вовняного волокна можна виділити ще одну групу протеїнів, які містять великий відсоток амінокислот тирозину і гліцину. Це невеликі пептиди, молекулярна маса яких не перевищує 10000 Да, вони відрізняються незначною кількістю лізину, гістидину, ізолейцину, глютамінової кислоти та майже повною відсутністю метіоніну. Ці протеїни є складовою частиною нефібрилярного матриксу і мають пряме відношення до пластичності вовни [112, 113].

4.4 Фізичні властивості вовни

Вовна володіє комплексом ознак, які характеризують її фізичні та технологічні властивості — це тонина, довжина, міцність, звивистість, розтяжимість, пружність, еластичність, пластичність, блиск, колір. Прядильність і звалюваність відносяться до технологічних властивостей вовни [114–116].

Тонина (товщина) вовни — це діаметр поперечного перетину волокна, що виражається в мікрометрах (1 мкм=1/1000 мм). Тонина є однією із

найважливіших властивостей вовни, від якої залежить кількість і якість виготовлених з неї виробів. Чим тонша і вирівняна за тониною вовна, тим, за інших рівних умов, більше метрів тоншої пряжі можна з неї виготовити [117, 118].

У залежності від тинини і типу волокон овечу вовну класифікують як тонку, напівтонку, напівгрубу однорідну, грубу однорідну і неоднорідну. За брадфордською класифікацією вовну поділяють на 13 класів або якостей (табл. 15). Класи або якості позначаються числами від 80 до 32 [119, 120].

Таблиця 15. Брадфордська класифікація вовни за тониною

Вид вовни	Клас якості	Тонина, мкм
Тонка	80	14,5–17,0
	70	17,1–20,5
	64	20,6–23,0
	60	23,1–25,0
Напівтонка	58	25,1–27,0
	56	27,1–29,0
	50	29,1–31,0
Напівгруба однорідна	48	31,1–34,0
	46	34,1–37,0
	44	37,1–40,0
Напівгруба неоднорідна	40	40,1–43,0
	36	43,1–55,0
	32	55,1–67,0

Незважаючи на те, що тонина вовни зумовлена генетичними особливостями овець, вона може змінюватись під дією різних чинників, зокрема сезону, віку, рівня і характеру годівлі тварин, умов їх утримання, фізіологічного стану організму, стриження тощо [121–123].

Довжина вовни разом з тониною є основними ознаками на які звертають увагу при оцінці технологічних якостей вовни. Довжина вовни залежить від тривалості її росту, тобто від строків стриження, але, насамперед, від породних особливостей тварин. У тонкорунних овець вовна найбільш коротка і за період річного росту становить від 4,5 до 12 сантиметрів. Вівці напівтонкорунних порід мають вовну річного росту від 7 до 15 сантиметрів. У напівгрубововнових порід з косичною будовою руна довжина косиці річного росту сягає 30–40 сантиметрів. Грубововнові вівці при дворазовому стриженні на рік весною мають довжину косиці 10–18 сантиметрів, а восени — 8–12. Волос тварин росте до встановленої довжини, після чого старіє і випадає, середньодобовий приріст вовни становить близько 0,35 мм [124, 125].

Розрізняють природну і справжню довжину волокон. Природна довжина характеризує довжину вовни у її натуральному стані, без розпрямлення звивистості, а справжня — у розпрямленому, але не натягнутому стані. Природну довжину вовни визначають на тварині, як довжину штапеля чи косиці або при класифікації руна. Справжня довжина одиночного волокна є завжди більшою за природну. Від довжини волокна залежить номер пряжі [126, 127].

Міцність вовни — це опір волокон на розрив. Міцність вовни залежить від хімічного складу і структури вовняного волокна й тісно пов'язана з тониною. Зокрема, чим грубше волокно, тим більша його міцність [128, 129]. Цими чинниками зумовлена також і розтяжимість. Від міцності залежить стійкість волокон при первинному обробленні, а також тривалість використання готових виробів. У процесі перероблення вовни, починаючи з її миття, карбонізації, чесання, відбілювання тощо, міцність волокон, як правило, зменшується. На міцність вовни також впливають конституція тварини, її фізіологічний стан, індивідуальні властивості, умови годівлі та утримання [130]. Міцність на розрив вимірюють у кілограмах на 1 мм^2 . Для тонких волокон вона сягає 10–20 кг/мм^2 діаметра волокна. Грубше волокно має більшу

міцність. За допомогою динамометра типу ДШ-3М міцність вовни виражають у кілометрах або сН/текс.

Звивистість вовни — породна ознака, тому тісно пов'язана з конституцією тварин, густотою і тониною волокон, їхньою жиропітністю та іншими показниками. Звивистість волокон характерна лише для овечої вовни. Ця ознака дуже цінна, оскільки від неї залежать інші властивості, зокрема пружність вовни. Звивистістю також зумовлено поняття природної і справжньої довжини волокон. Характер звивистості визначається за співвідношенням у вовні орто- і паракортексу. Яскраво виражена звивистість тісно корелює із вмістом у корковому шарі паракортексу, а також Сульфуру [131, 132].

Колір (пігментація). Різні породи овець відрізняються забарвленням вовнового покриву. Тварини окремих порід характеризуються суцільним одноманітним його забарвленням. У окремих тварин колір вовни на тулубі інший, ніж покривного волоса на ногах і морді. Так, наприклад, тварини чорноголової напівтонкорунної породи мають рунну вовну білу, а на ногах і морді росте темно-бурий волос. Колір вовни зумовлений наявністю у ній пігменту меланіну [133].

За основним кольором вовна поділяється на білу, чорну, руду, сиву. У овець, що мають у вовновому покриві плями іншого кольору, руно вважається рябим чи строкатим. Коли в руні білого кольору є волокна іншого кольору, не властивого даній породі, вовна вважається кольоровою. Вовна білого кольору найбільш повно відповідає вимогам легкої промисловості, оскільки лише таку вовну можна фарбувати у будь який колір [134].

Блиск вовни можна визначити як на окремих волокнах, так і на руні. Блиск залежить від відбивання поверхнею волосинок променів сонця чи іншого джерела світла. Значну роль у цьому відіграє кут падіння світла. Залежно від сили блиску розрізняють сріблястий, люстровий і скловидний блиск. Вовна, яка не має блиску називається матовою або тьмяною. Сила блиску визначається також розміщенням лусок кутикули вовняного волокна [135].

Гігроскопічність — це здатність вовни поглинати і віддавати вологу. У порівнянні з іншими натуральними волокнами, вовна є найбільш гігроскопічною. Характерно, що за однакових умов вона поглинає вологу швидше, ніж її віддає. Вовна здатна забирати з повітря до 40 % води, а влітку в суху погоду вміст вологи у ній зменшується до 8–10 % [136].

Здатність вовни поглинати і віддавати вологу пов'язують з будовою епікутикули, тобто зі складом й структурою її протеїну, який здатний відштовхувати воду, тоді як інші протеїни вовни мають властивість лише поглинати її значну кількість. Останнім часом встановлено, що важливу роль у гігроскопічності вовни відіграють внутрішні ліпіди, які локалізуються в основному в КМК волокон. Цікаво, що вода може проходити через епікутикулу в обох напрямках.

Отже, завдяки властивості вовни «дихати» і утримувати вологу створюються комфортабельні гігроскопічні умови, що дуже важливо при носінні вовняних виробів. Збільшення у вовні вологи понад нормальну кількість є часто причиною ушкодження вовняної сировини, а іноді й остаточної втрати нею цінних властивостей. Вовна з високою вологістю стає добрим поживним середовищем для розвитку мікрофлори, яка руйнує нативний стан волокна [137, 138].

4.5 Внутрішні ліпіди вовни

У структурі волоса міститься незначна кількість (до 3 %) ліпідів, які знаходяться як у вільному, так і в зв'язаному з протеїном стані. Вважають, що останні ковалентно зв'язані через етерний чи тіоетерний зв'язки з протеїнами волоса і є основними компонентами плазматичних мембран клітин волоса та визначають його поверхневі властивості [139–141]. Оскільки ці ліпіди є інтегральною частиною волокна. Їхня більша частина не може бути виділена органічними розчинниками без попереднього лужного гідролізу, їх називають структурними, внутрішніми або інтегральними ліпідами. Однак на сьогодні

точно ще не встановлено їх склад, походження, а також є мало відомостей про функціональні властивості. Можливо, що згадані ліпіди утворюються ще до завершення процесів кератинізації, а відтак шляхом дифузії попадають у внутрішні структури волокон [142–145].

Новітніми дослідженнями показано, що волос містить холестерол сульфат, холестерол, а також цераміди, подібні до тих, що знайдені у роговому шарі епідермісу. Ці внутрішні ліпіди волокон істотно відрізняються від ліпідів воску (поверхневих ліпідів) та ліпідів шкіри [146] (див. табл. 12). Вони не походять з сальних залоз шкіри. На початкових дослідженнях, за допомогою світлової мікроскопії було показано, що ці ліпіди розташовані в інтерфібрилярних порожнинах [147, 148]. У подальшому, використовуючи електронно-мікроскопічні дослідження було встановлено, що ці ліпіди походять з клітинних мембран ще функціонуючих фолікулярних клітин, оскільки фарбуючі речовини не проникають всередину клітин у зрізах [149–151].

Відомо, що ліпіди виконують дві основні важливі функції в організмі — це структурна, яка полягає у формуванні клітинних мембран та енергетична [152–154].

На сьогодні встановлено, що структурні ліпіди волокна є компонентами КМК, які зв'язують між собою клітини кутикули і кортексу. Прийнято вважати, що внутрішні ліпіди, які локалізовані в КМК, становлять приблизно 1,5–2 % від маси волокон, але деяка кількість цих ліпідів може існувати як складова частина залишків клітинних ядер або в залишках клітинних органел, таких як мітохондрії [155].

Структурні ліпіди КМК включають в себе цераміди, холестерол, холестеролсульфат і жирні кислоти. Деякі дослідники вважають, що ліпіди, які локалізовані в КМК, на відміну від зв'язаних на епікутикулі жирних кислот, можуть бути виділені з волокна полярними розчинниками. Суміш хлороформ-метанол є найефективнішим розчинником для екстракції внутрішніх ліпідів. За допомогою електронно-мікроскопічних досліджень встановлено, що на різних

стадіях кератинізації у КМК відбувається модифікація плазматичних мембран, у результаті чого змінюється їх ліпідний склад — зменшується концентрація фосфоліпідів і збільшується вміст вільних стеринів, жирних кислот та сфінголіпідів [156].

За даними деяких авторів, ліпіди волоса формують безперевну структуру — ліпідний шар (F-шар). Хоча не зовсім зрозуміло, який саме з β -шарів відносять до цього ліпідного шару. Ймовірно, під цим терміном мають на увазі об'єднане поняття структурної організації цих шарів у КМК волоса або зовнішній β -шар КМК [157].

Завдяки ліпідній конфігурації кератинізовані тканини виконують бар'єрну функцію. Ліпідний F-шар, відіграє ключову роль у визначенні поверхневих властивостей волокон, підтриманні їх цілісності, а саме гідрофобності та міцності. З огляду на це, було запропоновано новий термін «бар'єр волосся» [158].

Електронно-мікроскопічні дослідження волокна на різних стадіях кератинізації показали, що КМК волосяних фолікулів утворений плазматичними мембранами суміжних живих клітин [159].

Процес кератинізації призводить до модифікації цих мембран і одночасно між суміжними клітинами закладається внутрішньоклітинний цемент. Також, в процесі кератинізації відбуваються зміни ліпідного складу волокна, а саме — зменшення концентрації фосфоліпідів і збільшення вмісту неетерифікованих стеринів, жирних кислот та сфінголіпідів [160].

Щодо фосфоліпідів, то у літературі є суперечливі дані. Деякі дослідники вказують на дуже незначний їх вміст у волоссі, інші ж повністю заперечують їх наявність [161].

За деякими даними у мериносовій вовні міститься в середньому 1 % ліпідів, з них 40 % стеролів (співвідношення холестерол:десмостерол 2:1), 30 % полярних ліпідів, серед яких незначна кількість фосфоліпідів і 25 % жирних кислот, основні з яких стеаринова, пальмітинова та олеїнова [162].

У всіх кератинізованих тканинах міститься значна частина церамідів і холестерол сульфату, сульфоліпідів та інших компонентів. У деяких кератинізованих тканинах (копито коня, волосся, нігті, епідерміс людини) основним полярним ліпідом є гліколіпід, названий унгуловою кислотою. Сфінголіпіди (особливо цераміди) є важливим компонентом біошару внутрішньоклітинних мембран рогового шару [163].

Дослідивши ліпіди волоса людини, вівці, свині, собаки і корови P. Wertz [164], встановив, що вони складаються з жирних кислот (2,4–4,0 мг/г), холестерол сульфату (0,7–2,9 мг/г), церамідів (0,6–1,4 мг/г), холестеролу (0,3–1,4 мг/г) і невеликої кількості жирних спиртів.

Загальна кількість полярних ліпідів, виділених з волосся різних видів тварин є набагато менша (0,6–1,6 %), ніж полярних ліпідів, які є у роговому шарі шкіри (8–10 %) [165]. Проте полярні ліпіди волоса у різних видів тварин надзвичайно подібні. Також характерною особливістю ліпідного складу волосся є великий вміст холестерол сульфату, у той час як у роговому шарі частка холестерол сульфату незначна. До речі, за загальною кількістю і вмістом холестерол сульфату найбільше наближеними до ліпідів волосся є ліпіди, виділені з копита коня [166].

Значна кількість ліпідів кератину припадає на сульфоліпіди. Останні утворюють різні за міцністю комплекси з протеїнами. Встановлено також, що вовна з високим вмістом Сульфуру і сульфоліпідів характеризується кращими показниками фізико-механічних властивостей, зокрема міцністю волокон на розрив [167, 168].

Великий вміст холестерол сульфату у ліпідному складі волосу вказує на те, що цей компонент волосу є важливою детермінантою у підтриманні цілісності волоса, тобто слугує міжклітинним «цементом» у кератинізованих тканинах. Холестерол сульфат, який міститься в ліпідах клітинних мембран вовни та інших кератинових волокон, представляє собою додатковий компонент з амфіпатичними властивостями, необхідний для побудови подвійного ліпідного шару. За даними різних авторів, холестеролсульфат може

міститись у складі ліпідів вовни як у незв'язаному, так і в зв'язаному стані [169]. У великих кількостях холестерол сульфат виявлений у фракціях полярних ліпідів рогового шару епідермісу людини і має істотне значення для когезії клітин [170–172].

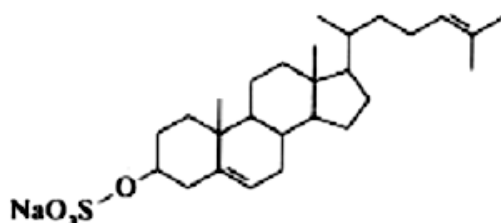


Рис. 13. Хімічна структура холестерол сульфату [5]

Цераміди і цереброзиди є сфінголіпідами, тобто глікосфінголіпідами, які утворюються від ненасиченого аміноспирту сфінгозину (якщо цукром є моносахариди — глюкоза або галактоза, то цей гліколіпід називається цереброзидом) [173, 174].

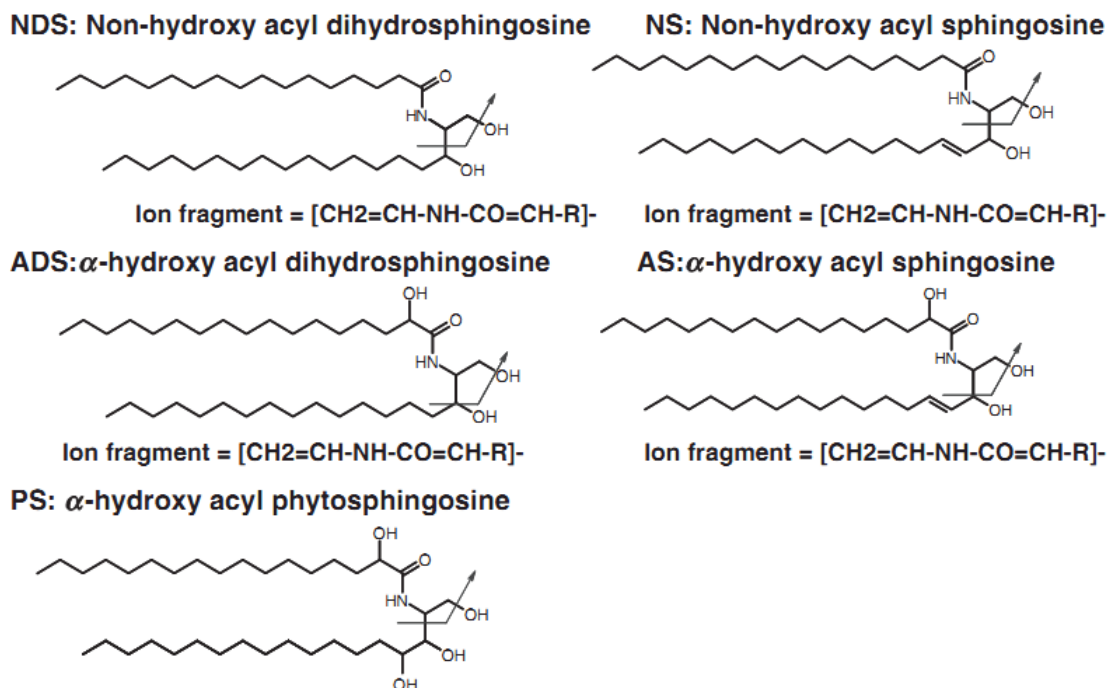


Рис. 14. Хімічна структура ceraмідів волоса [176]

Якісний склад сфінго- та гліколіпідів (цераміди, цереброзиди) у внутрішніх ліпідах вовни є маловивчений, на відміну від жирних кислот і стеринів. Але відомо, що сфінголіпіди відіграють важливу роль у формуванні подвійних ліпідних шарів у β -шарі КМК [175].

S. Thibaut зі співавторами [176] вдалося виділити з волосся 81 різний керамід. У структурній будові кератинів кераміди відіграють важливу роль. Їх специфічна роль пов'язана з формуванням інтрацелюлярних ламел (пластин) рогового шару, які є сплющеними везикулами, що виштовхнені з ламелярних гранул у міжклітинний простір. Ці сплющені везикули з'єднуються у спосіб «ребро до ребра» («край до краю») утворюючи, таким чином, спарений бішар [177, 178].

Виявлено, що кераміди разом з холестеролом і жирними кислотами беруть також участь у формуванні ліпідного бар'єру рогового шару шкіри, який складається з бішарових мембран [179, 180]. Ліпіди, що утворюють такі структури, мають особливу будову. Відомо, що самовільно збиратися у замкнуті везикули і двошарові мембрани можуть полярні ліпіди, що складаються з двох частин — гідрофобної та гідрофільної. Такі ліпіди у водному середовищі формують структури, що нагадують за своїми властивостями рідкі кристали.

Отже, ліпіди рогового шару і ліпіди волосу перебувають у впорядкованому рідкокристалічному стані [181–183].

На відміну від поверхневих ліпідів сальних залоз, жирнокислотний склад структурних ліпідів волоса різних видів ссавців є досить подібним. Основною жирною кислотою ліпідів волоса є антеізорозгалужена ($C_{21:0}$) 18-метилейкозанова кислота (18-МЕК) [184]. У зв'язаних ліпідах її кількість сягає близько 40 % від загального вмісту жирних кислот. 18-МЕК знайдена у невеликих кількостях у багатьох біологічних матеріалах, але інтерес представляє основна ковалентно зв'язана жирна кислота ліпідів волокон ссавців, що є незвичним, тому що протеїн-зв'язані жирні кислоти є типово прямоланцюгові (C_{14} – C_{18}) [185, 186].

У волосі жирні кислоти, найбільше з яких 18-МЕК, зв'язані через тіоетерний зв'язок з протеїном на зовнішній поверхні β -кутикулярних клітин [187, 188]. Цей ліпідний F шар вважається основним у визначенні поверхневих властивостей волоса чи вовни. Хоча роль цієї специфічної рідкісної жирної кислоти залишається нез'ясованою, але завдяки великій кількості цієї антеізоокислоти волокна володіють значною молекулярною рухливістю і мають рідиноподібну особливість, порівняно з прямоланцюговими аналогами [189, 190].

Вивчення поверхні волокон та ізольованих кутикулярних клітин за допомогою електронної мікроскопії підтверджує присутність тонкого ліпідного шару, що оточує кутикулярні клітини, а лужні обробки, які видаляють зв'язані жирні кислоти, вказують на те, що жирнокислотний шар на верхній поверхні і гранях кутикулярних клітин відрізняється від нижньої сторони клітин [191, 192].

Оброблення волоса розчином нейтрального гідроксиламіну або хлорної кислоти призводить до збільшення жирних кислот, що вказує на наявність тіоетерних зв'язків. Аналіз жирнокислотного та амінокислотного складу свідчить, що приблизно 1 залишок у 10 протеїнів кутикулярних мембран є тіоетер жирної кислоти і цистину. Видалення цієї ковалентно зв'язаної жирної кислоти робить волокно гідрофільним, що використовується у багатьох технологічних і косметичних процедурах [193, 194].

Як було зазначено вище, верхній β -шар КМК через 18-МЕК ковалентно зв'язаний із протеїновим А-шаром. Цікаво, що А-шар не містить 18-МЕК, а утворений, в основному, прямоланцюговими жирними кислотами, а саме пальмітиною ($C_{16:0}$) та олеїною ($C_{18:0}$). Деякі вчені вважають, що ці кислоти, а також стеаринова, належать до незв'язаних, розчинних органічними розчинниками ліпідів волокон [195, 196].



Рис. 15. Схематичне зображення розміщення 18-МЕК у кутикулі волоса [36]

Структурні ліпіди у волоссі відіграють не меншу роль, ніж у роговому шарі епідермісу, впливаючи на його зовнішній вигляд і властивості [197, 198]. Роль цих інтегральних ліпідів кератинових волокон у процесі кератинізації на сьогодні ще точно не визначена [199, 200]. Вважають, що наявність цих ліпідів у вигляді тонких прошарків обмежує процес утворення поперечних зв'язків при кератинізації, тим самим попереджується утворення «мертвого волосу». Останній, як відомо, має гірші фізико-механічні властивості, зокрема це стосується еластичності й міцності. Наявність ліпідів у сформованих волокнах може впливати на їх гідрофобні властивості [201], дифузію та сорбцію, стійкість до погодних умов та процеси пожовтіння, так само як і на їх фізичні властивості при розтягуванні та скручуванні [202, 203].

Встановлено також, що ліпіди волокон відіграють важливу роль при технології оброблення вовни (особливо при фарбуванні), вони захищають внутрішню субстрацію від ушкодження за рахунок створення умов сповільненого проникнення реагентів [203].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фрайзер Р. Молекулы и клетки. М.: Мир, 1970. 118 с.
2. Hossain K. M. G., Gonzalez M. D., Juan A. R., Tzanov T. Enzyme-mediated coupling of a bi-functional phenolic compound onto wool to enhance its physical, mechanical and functional properties. *Enzyme and Microbial Technology*. 2010. № 46 (3–4). P. 326–330.
3. Jovanci P., Joci D., Molina R. et al. Shrinkage properties of peroxide-enzyme-biopolymer treated wool. *Textile Research Journal*. 2001. № 71 (11). P. 948–953.
4. Rippon J. A. Wool. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. New York: Interscience, 2003. 1112 p.
5. Zahn H., Wortmann F.-J., Wortmann G. et al. Wool. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. 31 p.
6. Chun H. M., Wertz P., Deppa D., Duvel L. Skin care technology applied to hair care products — does it work? *Journal of Cosmetic Science*. January/February 2001. №. 52. P. 68–70.
7. Коцюмбас Г. І., Коцюмбас І. Я., Щебенцовська О. М. та ін. Морфологічні особливості шкіри та волоса різних видів тварин і людини в аспекті судово-ветеринарної експертизи: посібник / під редакцією Г. І. Коцюмбас та І. Я. Коцюмбаса. Львів: ТЗОВ ВФ «Афіша», 2010. 136 с.
8. Edmonds R. Proteolytic depilation of lambskins: A thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy in Bioprocess Engineering. Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2008. 308 p.
9. Robbins C. R. Chemical and physical behavior of human hair. New York, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. 483 p.
10. Ткачук В. М. Структура білої, пожовтілої та зваляної вовни асканійських тонкорунних овець. *Науково-технічний бюлетень Інституту*

біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок. Львів, 2012. Вип. 13, № 1–2. С. 63–66.

11. Ткачук В. М., Стапай П. В. Сравнительная характеристика структуры различных типов шерстных волокон. *Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья*. Россия, Тюмень, 2014. № 2 (25). С. 20–27.

12. Swift J. A. Fine details on the surface of human hair. *Journal of Cosmetic Science*. 1991. Vol. 13. P. 143–159.

13. Swift J. A., Smith J. R. Surface striations of human hair and other mammalian keratin fibres. Proc. 10th Int. Wool Textile Research Conf. Aachen, Germany, 26 Nov–2 Dec 2000. P. 1–9.

14. Lee Y., Kim Y. D., Hyun H. J. Hair shaft damage from heat and drying time of hair dryer. *Annals of Dermatologie*. 2011. Vol. 23, № 4. P. 455–462.

15. Ельсукова И. А., Ерохин А. И., Магомадов Т. А., Юлдашбаев Ю. А. Сравнительная характеристика ультраструктуры кутикулярного слоя шерсти овец бирликского и суюндукского внутривидового типа эдильбаевской породы. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2011. Вып. 3. С. 139–144.

16. Ткачук В. М., Стапай П. В. Структура, амінокислотний і мінеральний склад білої і пожовтілої вовни асканійських тонкорунних вівцематок. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету*. Серія: «Сільськогосподарські науки». Луганськ, 2012. № 36. С. 223–226.

17. You H., Yu L. Atomic force microscopy as a tool for study of human hair. *Scanning*. 1997. Vol. 19. P. 431–437.

18. Smith J. R., Swift J. A. Atomic force microscopy of the human hair cuticle [Електронний ресурс]. 1st Annual ThermoMicroscopes Scanning Probe Microscopy Applications and Users Meeting. University of Cambridge, 10 Nov., 1999. Режим доступу: http://www.sci.port.ac.uk/camb99_1.htm.

19. Crossley A. A., Gibson C. T., Mapledoram L. D. et al. Atomic force microscopy analysis of wool fibre surfaces in air and under liquid. *Micron*. 2000. Vol. 31. P. 659–667.
20. Ткачук В. М., Параняк Н. М., Стапай П. В. Видовий склад мікрофлори руна, кількісні та якісні показники жиропоту і структура нормальної та дефектної вовни вівцематок асканійської тонкорунної породи. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Житомир, 2012. № 1 (32), Т. 3, Ч. 1. С. 238–242.
21. Smith G. J. New trends in photobiology: Photodegradation of keratin and other structural proteins. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 1995. Vol. 27. P. 187–198.
22. Swift J. A. The cuticle controls bending stiffness of hair. *Journal of Cosmetic Science*. 2000. Vol. 51. P. 37–38.
23. Blach J., Loughlin W., Watson G., Myhra S. Surface characterization of human hair by atomic force microscopy in the imaging and F-d modes. *Journal of Cosmetic Science*. 2001. Vol. 23. P. 165–174.
24. Abdualach A. Investigating the effect of dyeing on the surface of wool fibres with atomic force microscopy (AFM): Thesis presented in partial fulfilment of the degree of master of science. University of Stellenbosh, 2006. 149 p.
25. O'Connor S. D., Komisarek K. L., Baldeschwieler J. D. Atomic force microscopy of human hair cuticles: A microscopic study of environmental effects on hair morphology. *Journal Investigative Dermatology*. 1995. Vol. 105 (1). P. 96–99.
26. Goudarzi G., Sepehrizadeh Z., Yazdi M. T., Jamshidiha M. Comparison of surface modification of wool fibres using pronase, trypsin, papain and pepsin. *Fibres and textiles in Eastern Europe*. 2008. Vol. 16, № 3 (68). P. 90–92.
27. Robbins C. R. Chemical and physical behavior of human hair. New York, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. 724 p.
28. Millington K. R. Diffuse reflectance spectroscopy of fibrous proteins. *Amino Acids*. 2012. Vol. 43, Issue 3. P. 1277–1285.

29. Smith J. R., Swift J. A. Lamellar subcomponents of the cuticular cell membrane complex of mammalian keratin fibres show friction and hardness contrast by AFM. *Journal of Microscopy*. 2002. Vol. 206. P. 182–193.
30. Pötsch L., Moeller M. R. On pathways for small molecules into and out of human hair fibers. *Journal of Forensic Sciences*. 1996. Vol. 41, № 1. P. 121–125.
31. Meade S. J., Dyer J. M., Caldwell J. P., Bryson W. G. Covalent modification of the wool fiber surface: Removal of the outer lipid layer. *Textile Research Journal*. 2008. Vol. 78, № 11. P. 943–957.
32. Robert R. O., Michelle J. F. Atlas of human hair microscopic characteristics. CRC Press LLC, 1999. 83 p.
33. Ryder M. L. Wool biology. *Textile magazine*. 2001. Vol. 30 (1). P. 16–21.
34. Draelos Z. D. The biology of hair care. *Dermatology Clin*. 2000. Vol. 18. P. 651–658.
35. Gurden S. P., Monteiro V. F., Longo E., Ferreira M. M. C. Quantitative analysis and classification of AFM images of human hair. *Journal of Microscopy*. 2004. Vol. 215. P. 13–23.
36. Bhushan B. Nanoscale characterization of human hair and hair conditioners. *Progress in Materials Science*. 2008. Vol. 53. P. 585–710.
37. Franbourg A., Hallegot P., Baltenneck F. et al. Current research on ethnic hair. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2003. Vol. 48, № 6. P. S115–S119. Режим доступа: <http://deben.co.uk/wp-content/uploads/2011/08/SEM-Research.pdf>.
38. Wortmann F., Zahn H. The stress strain curve of γ -keratin fibres and the structure of the intermediate filament. *Textile Research Journal*. 1994. Vol. 64. P. 737–743.
39. Bawden C. S., McLaughlan C., Nesci A., Rogers G. A unique type I keratin intermediate filament gene family is abundantly expressed in the inner root sheaths of sheep and human hair follicles. *Journal of Investigative Dermatology*. 2001. Vol. 116. P. 157–166.

40. Rogel M., Jaitovich A., Ridge K. M. The role of the ubiquitin proteasome pathway in keratin intermediate filament protein degradation. *Proceedings of the american thoracic society*. 2010. Vol. 7. P. 71–76.
41. Powell B. C., Beltrame J. S. Characterisation of a hair (wool) keratin intermediate filament gene domain. *Journal Investigative Dermatology*. 1994. Vol. 102. P. 171–177.
42. Dunn S. M., Keough R. A., Rogers G. E., Powell B. C. Regulation of a hair follicle keratin intermediate filament gene promoter. *Journal of Cell Science*. 1998. Vol. 111 (Pt 23). P. 3487–3496.
43. Kreplak L., Aebi U., Herrmann H. Molecular mechanisms underlying the assembly of intermediate filaments. *Experimental cell research*. 2004. Vol. 301. P. 77–83.
44. Kreplak L., Fudge D. Biomechanical properties of intermediate filaments: from tissues to single filaments and back. *BioEssays*. 2007. Vol. 29. P. 26–35.
45. James V. The molecular architecture for the intermediate filaments of hard α -keratin based on the superlattice data obtained from a study of mammals using synchrotron fibre diffraction [Электронный ресурс]. *Biochemistry Research International*. Vol. 2011 (2011), Article ID 198325. 10 pages. Режим доступа: <http://www.hindawi.com/journals/bcri/2011/198325/>.
46. Jones L. N., Simon M., Watts N. R. et al. Intermediate filament structure: hard alpha-keratin. *Biophys Chem*. 1997. Vol. 68, № 1–3. P. 83–93.
47. Parry D. A. D., Steinert P. M. Intermediate filaments: molecular architecture, assembly, dynamics and polymorphism. *Quarterly Reviews of Biophysics*. 1999. Vol. 32. P. 99–187.
48. Bawden C. S., McLaughlan C., Nesci A., Rogers G. A unique type i keratin intermediate filament gene family is abundantly expressed in the inner root sheaths of sheep and human hair follicles. *Journal of Investigative Dermatology*. 2001. Vol. 116. P. 157–166.

49. Paramio J. Intermediate filaments. New York: Springer Science+Business Media, LLC. 2006. 149 p.
50. Lee C. H. Structure of intermediate filaments. *BioWave*. 2007. Vol. 9, № 8. P. 1–16.
51. Moll R., Markus D., Lutz L. The human keratins: biology and pathology [Электронный ресурс]. *Histochemistry and Cell Biology*. 2008. Vol. 129. P. 705–733.
52. James V. The molecular architecture for the intermediate filaments of hard α -keratin based on the superlattice data obtained from a study of mammals using synchrotron fibre diffraction [Электронный ресурс]. *Biochemistry Research International*. Vol. 2011 (2011), Article ID 198325. 10 pages. Режим доступа: <http://www.hindawi.com/journals/bcri/2011/198325/>.
53. James V. J., Wilk K. E., McConnell J. F., Baranov E. P. Intermediate filament structure of α -keratin in baboon hair. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1995. Vol. 17, Issue 2. P. 99–104.
54. Hynd P. I., Edwards N. M., Hebart M. Wool fibre crimp is determined by mitotic asymmetry and position of final keratinisation and not ortho- and paracortical cell segmentation. *Animal*. 2009. Vol. 3 (6). P. 838–843.
55. Rippon J. A. The structure of wool. In: *Wool Dyeing*, Ed. Lewis, D. M. Bradford: Society of Dyers and Colourists. 1992. P. 1–51.
56. Monteiro V. F., Maciel A. P., Longo E. Thermal analysis of caucasian human hair. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2005. Vol. 79. P. 289–293.
57. Сарибекова Ю. Г. Модификация шерстяных волокон электроразрядной нелинейной объемной кавитацией. Херсон: ФЛП Гринь Д. С., 2015. 184 с.
58. Castanet J., Ortonne J.-P. Hair melanin and hair color. In book: *Formation and structure of human hair*. P. Jolles, H. Zahn, H. Höcker. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1997. P. 209–227.

59. Байбеков Е., Паржанов Ж. А. Генетический механизм ингибирования меланогенеза у цветных каракульских овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2011. № 2. С. 30–33.
60. Аршакуни А. А., Губин С. П. Наноматериалы на основе природных белковых волокон. *Неорганические материалы*. 2010. № 7, Т. 46. С. 818–826.
61. Аршакуни А. А., Губин С. П. Природные биоволокна как полифункциональные лиганды для металлсодержащих наночастиц. *Координационная химия*. 2010. № 4, Т. 36. С. 251–255.
62. Pötsch L., Moeller M. R. On pathways for small molecules into and out of human hair fibers. *Journal of Forensic Sciences*. 1996. Vol. 41, № 1. P. 121–125.
63. Robbins C. R. The cell membrane complex: three related but different cellular cohesion components of mammalian hair fibers. *Journal of Cosmetic Science*. 2009. Vol. 60 (4). P. 437–465.
64. Smith J. R. Use of atomic force microscopy for high resolution noninvasive structural studies of human hair. *Journal of the society of cosmetic chemists*. 1997. Vol. 48, № 4. P. 199–208.
65. Wortmann F. The structure and properties of wool and hair fibres. In: S Eichhorn, J. W. S. Hearle, M. Jaffe, T. Kikutani. Handbook of textile fibre structure: Vol. 2: Natural, regenerated, inorganic and specialist fibres. CRC Press LLC, 2009. 532 p.
66. Jafari A., Edriss M. A., Alikhani M., Emtiazi G. Effects of treated wheat straw with exogenous fibre-degrading enzymes on wool characteristics of ewe lambs. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2005. Vol. 4 (5). P. 321–326.
67. Jones L. N., Rivett D. E., Tucker D. J. Wool and Related Mammalian Fibers. In Handbook of Fiber Chemistry, Third Edition Edited by M. Lewin. CRC Press, 2006. P. 332–382.
68. Šebetić K., Sjerobabski Masnec I., Čavka V. et al. UV Radiation and Hair. *Coll. Antropol.* 2008. Vol 32, Suppl. 2. P. 163–165.

69. Mozaffari-Medley M. Colour matching of dyed wool by vibrational spectroscopy: A thesis submitted in partial fulfilment of the degree of master of applied science. Queensland University of Technology, 2003. 151 p.

70. Puig A., Bonilla A., Cebrian J. et al. New delivery systems for hair and fabric care [Електронний ресурс]. Business briefing: global cosmetics manufacturing. 2004. P. 1–7. Режим доступу: http://www.touchbriefings.com/pdf/846/Lipotec_tech.pdf.

71. Стапай П. В., Огородник Н. З., Бальковський В. В., Павкович С. Я. Фізіолого-біохімічні основи формування вовнової продуктивності овець. Львів: «Новий Світ — 2000», 2017. 150 с.

72. Yu J., Yu D. W., Checkla D. M. et al. Human hair keratins. *Journal of Investigative Dermatology*. 1993. Vol. 101. P. 56S–59S.

73. Feughelman M. Mechanical properties and structure of alpha-keratin fibres: wool, human hair and related fibres. Sydney, University of new south wales Press. 1997. 148 p.

74. Gillespie J. M. The structural proteins of hair: isolation, characterization and regulation of biosynthesis. In: *Physiology, Biochemistry of the skin* / Ed. L. A. Goldsmith. Oxford Univ. Press, Oxford. 1991. Vol. 1. P. 625–659.

75. Лико І. Я., Макара І. А., Стапай П. В. та ін. Гетерогенність кератину волосся. Матеріали ІХ Українського біохімічного з'їзду (24–27 жовтня 2006 р., Харків). Харків, 2006. Т. 1. С. 51.

76. K pker K. Investigation of human hair carbohydrates and development of a new active: Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften im Fachbereich Chemie und Pharmazie. Der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultat der Westfalischen Wilhelms-Universitat Munster, Deutschland, 2002. 92 s.

77. Zahn H., Gattner H. G. Hair sulfur amino acid analysis. *EXS*. 1997. Vol. 78. P. 239–258.

78. Zahn H., Gattner H.-G. Hair sulfur amino acid analysis. In book: Formation and structure of human hair. P. Jolles, H. Zahn, H. Höcker. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1997. P. 239–259.
79. Chao Yuan, Ying Zou, Yao Xueqiu et al. Properties of skin in Chinese infants: developmental changes in ceramides and in protein secondary structure of the stratum corneum. *Bio Med Research International*. 2017. Режим доступа: <http://doi:10.1155/2017/3594629>.
80. Илчев А., Славов Р. Минеральный состав шерсти овец. II Влияние возраста, пола и района содержания. Минеральный состав на вынута на овцете. II Влияние на возрастта пола и района на отлеждане. *Животновъдни науки*. 1997. Suppl. С. 275–277.
81. Zahn H. Wool chemistry and processes. Abstracts of Proc. 9th Int. Wool Textile Res. Conf (Biella). 1995. P. 1–16.
82. Седіло Г. М., Макап І. А., Гавриляк В. В., Гуменюк В. В. Метаболічна і продуктивна дія сірки в організмі овець. Львів: Паїс, 2009. 148 с.
83. Pötsch L. A discourse human hair fibres and reflections on the conservation of drug molecules. *International Journal of Legal Medicine*. 1996. Vol. 108 (6). P. 285–293.
84. Aitken F. J., Cottle D. J., Reidand T. C., Wilkinson B. R. Mineral and amino acid composition of wool from New Zealand merino sheep differing in susceptibility to yellowing. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1994. Vol. 45, № 2. P. 391–401.
85. Hynd P. I., Nattrass G., Wilson N., Powell B. Amino acid transport in wool and hair follicles. *Experimental Dermatology*. 1999. Vol. 8, № 4. P. 325–326.
86. Горбачева М. В. Формирование товарных свойств шерсти путем оптимизации процесса промывки: автореф. дис.... канд. техн. наук / М. В. Горбачева. Москва, 2005. 24 с.
87. Kenyon P. R., Sherlock R. G., Lee J., Blair H. T. Relationship between wool sulfur concentration and wool characteristics. In *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 1999. Vol. 59. P. 43–45.

88. Макар І. А., Стапай П. В., Параняк Н. М. та ін. Морфобіохімічні аспекти формування та росту вовни овець. *Біологія тварин*. Львів, 2001. Т. 3, № 1. С. 53–63.
89. Kozo A. Cross-linking structure and mechanical properties of wool and hair. *Journal Society of Cosmetic Chemists of Japan*. 2003. Vol. 37, № 2. P. 63–83.
90. The chemical and physical structure of Merino wool. Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. [Electronic resource] URL. 2010. 5 p. Режим доступу: <http://www.csiro.au/files/files/p9ti.pdf>.
91. Райчев С., Памукова Д., Станков И., Славов Р. Аминокиселинен състав на тънка, полутънка и груба вълна. *Животновъдни науки*. 2007. № 44 (6). С. 122–128.
92. Peet D. J., Wettenhall R. E. H., Rivett D. E. The chemistry of the cuticle surface of keratin fibers. *Textile Research Journal*. 1995. Vol. 64. P. 58–59.
93. Powell B. C. Differentiation in hard keratin tissues: hair and related structures. In: *Keratinocyte Handbook*, Ed. B. C. Powell, G. E. Rogers Ed. I. Leigh, F. Watt, E. B. Lane. Cambridge University Press. Cambridge, 1994 (a). P. 401–436.
94. Gillespie J. M. The proteins of hair and other hard α -keratins. *Cellular and Molecular Biology*, Plenum, New-York. 1990. P. 95–128.
95. Barba C., Méndez S., Roddick-Lanzilotta A. et al. Cosmetic effectiveness of topically applied hydrolysed keratin peptides and lipids derived from wool. *Skin Research and Technology*. 2008. Vol. 14, Issue 2. P. 243–248.
96. Гавриляк В. В., Седіло Г. М. Порівняльна характеристика кератинів людського волоса та вовняного волокна. *Біологія тварин*. Львів, 2012. Т. 14, № 1–2. С. 69–73.
97. Pauling L., Corey R. B., Branson H. R. The structure of proteins: Two hydrogen-bonded helical configurations of the polypeptide chain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1951. Vol. 37, Issue 4. P. 205–211.
98. Макар И. А. Биохимические основы шерстной продуктивности овец. М.: Колос, 1977. 192 с.

99. Naik S., Speakman P. T. Associations between intermediate filament and intermediate filament associated protein and membrane protein in wool. *Biochemical Society Transactions*. 1993. Vol. 21. P. 279–283.
100. Zahn H., Wortmann F. J., Höcker H. Chemie und Aufbau der Wolle. *Chemie in unserer Zeit*. 1997. Vol. 31 (6) P. 280–290.
101. Feughelman M., Lyman D., Menefee E., Willis B. The orientation of the α -helices in α -keratin fibres. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2003. Vol. 33 (1–3). P. 149–152.
102. Flanagan L. M., Plowman J. E., Bryson W. G. The high sulphur of wool: Towards an understanding of sheep breed diversity. *Proteomics*. 2002. Vol. 2, № 9. P. 1240–1246.
103. Weatherall I. L., Dunn L. A. Variations in the chemical properties of wool fibers induced by sunlight during growth. *Photochemistry and Photobiology*. 1992. Vol. 55, № 2. P. 305–308.
104. Fraser R. D. B., Parry D. A. D. Macrofibril assembly in trichocyte (hard α -keratins). *Journal of Structural Biology*. 2003. Vol. 142 (2). P. 319–325.
105. Gong H., Zhou H., McKenzie G. W. et al. An updated nomenclature for keratin-associated proteins (KAPs). *International Journal of Biological Sciences*. 2012. Vol. 8 (2). P. 258–264.
106. Feughelman M. Natural protein fibres. *Journal of Applied Polim. Sci.* 2002. Vol. 83 (3). P. 489–507.
107. Rogers M. A., Langbein L., Winter H. et al. Characterization of a first domain of human high glycine-tyrosine and high sulfur keratin-associated protein (KAP) genes on chromosome 21q22.1. *Journal of Biological Chemistry*. 2004. Vol. 277. P. 48993–49002.
108. Rogers M. A., Langbein L., Winter H. et al. Hair keratin associated proteins: characterization of a second high sulfur KAP gene domain on human chromosome. *Journal Investigative Dermatology*. 2004. Vol. 122. P. 147–158.
109. Powell B. C., Rogers G. E., Jones Ed. P., Zahn H., Hacker H. The role of keratin proteins and their genes in the growth, structure and properties of hair. In:

Formation and structure of human hair. Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag, 1997. P. 59–148.

110. Макар І. А., Швець С. Ф., Стапай П. В., Новосад М. П. Вплив інсуліну та тиреоїдину на ріст вовни, її структуру та фізичні показники. *Проблеми АПК Карпат*. В. Бахта. 1995. № 4. С. 241–246.

111. Rogers M. A., Langbein L., Praetzel-Wunder S. et al. Human hair keratin-associated proteins (KAPs). *International Review of Cytology*. 2006. Vol. 251. P. 209–263.

112. Лико І. Я. Порівняльна характеристика структури, хімічного складу, фізичних показників нормальної і дефектної вовни: автореф. дис.... канд. с.-г. наук / І. Я. Лико. Львів, 2003. 16 с.

113. Eichhorn S., Hearle J. W. S., Jaffe M., Kikutani T. Handbook of textile fibre structure. Vol. 2: natural, regenerated, inorganic, and specialist fibres. CRC Press, 2009. 532 p.

114. Пасемко О. Й. Характеристика продуктивності та інтер'єрних особливостей закарпатських тонкорунних овець прекокс: дис....канд. с.-г. наук / О. Й. Пасемко. Львів, 1998. 138 с.

115. Абонеев В. В., Шумаєнко С. Н. Шерстная продуктивность помесных ярок. *Зоотехния*. 2002. № 11. С. 27–28.

116. Popescu C., Höcker H. Hair — the most sophisticated biological composite material. *International Review of Cell and Molecular Biology*. 2009. Vol. 277. P. 137–156.

117. Peterson P. M. Protein composition associated with variation in fibre diameter along the length of merino wool staples. *Experimental Dermatology*. 1999. Vol. 8, № 4. P. 307–308.

118. Визе Л. Я. Возрастные особенности шерстной продукции овец советской мясошерстной породы с пониженной тониной шерсти: автореф. дис....канд. с.-х. наук / Л. Я. Визе. Ставрополь, 2000. 22 с.

119. Сухарльов В. О., Дерев'янюк О. П. Вівчарство: навчальний посібник. Харків: Еспада, 2005. 250 с.

120. Остроухов Н. А. Особенности кроссбредной шерсти разной тонины и длины и использование её в ковроделии: дис....докт. с.-х. наук / Н.А. Остроухов, Ставрополь, 2010. 265 с.
121. Hynd P. W. Follicular determinants of the length and diameter of wool fibres. Comparison of sheep differing in fibre length/diameter ratio at two levels of nutrition. *Australian Journal Agricultur Research*. 1994. Vol. 45, № 6. 49 p.
122. Макар І. А. Біологічні аспекти патологічного стоншення («голодна тонина») вовни овець. *Біологія тварин*. Т. 1, № 2. 1999. С. 5–11.
123. Белик Н. И., Асеева Н. В. Продуктивность ярок породы советский меринос с разной тониной шерсти, выращенных на различном уровне энерго-протеинового питания. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2008. № 3. С. 29–34.
124. Мороз В. А. Овцеводство и козоводство. Ставрополь: Кн.изд-во, 2002. 357 с.
125. Пименов В. С., Заикина Т. Н. Шерстная продуктивность и качество шерсти ярок разного происхождения. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2009. № 4. С. 13–14.
126. Араев Х. М., Араев Х. Х. Влияние кормления и сезона года на длину и тонины шерсти овец. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2009. № 3. С. 45–46.
127. Alagirusamy R., Das A. Technical textiles yarns. CRC Press, 2010. 510 p.
128. Остроухов Н. А., Мироненко В. В. Влияние возрастных и сезонных факторов на прочность шерсти овец советской мясошерстной породы. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2007. № 2. С. 25–29.
129. Miraftab M. Fatigue failure of textile fibres. CRC Press, 2009. 248 p.
130. Bunsell A. R., Schwartz P. Handbook of tensile properties of textile and technical fibres. CRC Press, 2009. 696 p.
131. Калинин В. В., Муртазаев А. Х. Химический состав и физические свойства каракульской шерсти разных сезонов роста. Вопросы улучшения качества и рационального использования сырья животного происхождения и продуктов животноводства. Моск. вет. акад. М., 1992. С. 71–73.

132. Behera B. K., Hari P. K. Woven textile structure: theory and applications. CRC Press, 2010. 450 p.
133. Hoting E., Zimmermann M., Hocker H. Photochemical alterations in human hair. Part II: Analysis of melanin. *Journal of the society of cosmetic chemistry*. 1995. Vol. 46. P. 201–211.
134. Вершинин А. С., Ладугина Л. А., Нефедова В. М. Шерстная продуктивность овец нерчинского заводского типа забайкальской тонкорунной породы с разной тониной и цветом жиропота шерсти. *Овцы, козы, шерсное дело*. 2004. № 1. С. 24–27.
135. Ювенко В. М., Польська П. І., Антонєць О. Г. та ін. Вівчарство України; за редакцією В. П. Бурката. Київ: Аграрна наука, 2006. 614 с.
136. Kozłowski R. Handbook of natural fibres: types, properties and factors affecting breeding and cultivation (Vol. 1). Woodhead publishing Ltd, Cambridge, England, 2012. 390 p.
137. Simpson W. S., Crawshaw G. Wool: science and technology. Woodhead publishing Ltd, Cambridge, England and CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 2002. 384 p.
138. Вороненко В. І., Ювенко В. М., Польська П. І. та ін. Довідник з вівчарства. Нова Каховка: ПИЕЛ, 2008. 126 с.
139. Evans D. J., Lanczki M. Cleavage of integral surface lipids of wool by aminolysis. *Textile Research Journal*. 1997. Vol. 67, № 6. P. 435–444.
140. Coderch L., Lopez O., Maza A. de la. et al. Integral lipid wool structure modification due to a nonionic auxiliary used in dyeing at low temperatures. *Textile Research Journal*. 1997. Vol. 67 (2). P. 131–136.
141. Coderch L., Fonollosa J., Marti M. et al. Extraction and analysis of ceramides from internal wool lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2002. Vol. 79, № 12. P. 1215–1220.
142. Lee W.-S., Oh T. H., Chun S. H. et al. Integral lipid in human hair follicle. *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*. 2005. Vol. 10. P. 234–237.

143. Jones L. N. Locations of synthesis of hair structural proteins in human anagen follicles. *British Journal of Dermatology*. 1996. Vol. 134, № 4. P. 649–656.
144. Lee W. S. Integral hair lipid in human hair follicle. *Journal of Dermatological Science*. 2011. Vol. 64 (3). P. 153–158.
145. Строгуш Н. С. Особливості ліпідного складу шкіри овець різних порід і вовни у зв'язку з її ростом та фізико-хімічними параметрами: дис.... канд. с.-г. наук: 03.00.04 / Н. С. Строгуш. Львів, 2011. 166 с.
146. Ahn S. K., Hwang S. M., Choi E. H. Morphologic characteristics of skin barrier and stratum corneum. *Journal Skin Barrier Research*. 1999. Vol. 1. P. 22–28.
147. Smith J. R., Eaton J. R., Waddington K. et al. Adhesion behavior of covalently-bound 18-MEA and other fatty acids. Proceedings of the 10th International Wool Textile Research Conference. Aachen, Germany. 26 Nov.–2 Dec. 2000. P. 1–10.
148. LaTorre C., Bhushan B. Nanotribological characterization of human hair and skin using atomic force microscopy. *Ultramicroscopy*. 2005. Vol. 105. P. 75–155.
149. Schwan A., Herrling J., Zahn H. Characterization of internal lipids from wool. *Colloid & Polymer Science*. 1986. Vol. 264 P. 171–175.
150. Motta S. M., Monti M., Sesana S. et al. Ceramide composition of the psoriatic scale. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1993. Vol. 1182. P. 147–151.
151. Ponc M., Weerheim A., Lankhorst P., Wertz P. W. New acylceramide in native and reconstructed epidermis. *Journal Investigative Dermatology*. 2003. Vol. 120. P. 581–588.
152. Lee S. H., Koo S. W., Hwang M. S. The rate of recovery after disruption of the skin barrier and the composition of human surface lipids at different anatomic sites of skin. *Korean Journal Dermatol*. 1996. № 34. P. 38–45.
153. Гонський Я. І., Максимчук Т. П., Калинський М. І. Біохімія людини. Тернопіль: Укрмедкнига, 2002. 744 с.
154. Губський Ю. І. Біологічна хімія. Вінниця: Нова книга, 2007. 656 с.

155. Körner A., Petrovic S., Höcker H. Cell membrane lipids of wool and human hair form liposomes. *Textile Research Journal*. 1995. Vol. 65. P. 56–58.
156. Thäringen C. Untersuchungen zur Modifizierung der Zellmembranelipide von Wolle durch industrielle Ausrüstungsprozesse: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der Naturwissenschaften. Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Deutschland, 2002. 116 s.
157. Wertz P. W., Downing T. D. Integral lipids of mammalian hair. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1989. Vol. 92B, № 4. P. 759–761.
158. Lee S. H., Chang S. N. Epidermal lipid and skin barrier. *Journal Aerospace Environ. Med.* 1992. № 2. P. 15–24.
159. Leeder J. D., Bishop D. G. Internal lipids of wool fibers. *Textile Research Journal*. 1983. Vol. 53, № 7. P. 402–407.
160. Marti M., Ramirez R., Barba C. et al. Influence of internal lipid on dyeing of wool fibers. *Textile Research Journal*. 2010. Vol 80 (4). P. 365–373.
161. Jager M. W. de, Gooris G. S., Dolbnya I. P. et al. Novel lipid mixtures based on synthetic ceramides reproduce the unique stratum corneum lipid organization. *Journal of Lipid Research*. 2004. Vol. 45. P. 923–932.
162. Rivett D. E. Structural lipid of the wool fibre. *Wool. Sci. Res.* 1991. № 67. P. 1–25.
163. Bertrand L., Doucet J., Simionovici A. et al. Lead-revealed lipid organization in human hair. *Biochemical and Biophysical Acta*. 2003. Vol. 1620. P. 218–224.
164. Wertz P. W. Lipid of keratinizing tissues. *Biology of Integumen*. 1986. Vol. 2. P. 815–823.
165. Wertz P. W., Miethke M. C., Long S. A. et al. The composition of the ceramides from human stratum corneum and from comedones. *Journal Investigative Dermatology*. 1985. Vol. 84. P. 410–412.
166. Wertz P. W., Downing D. T. Cholesteryl sulfate: The major polar lipid of horse hoof. *Journal of Lipid Research*. 1984. Vol. 25. P. 1320–1323.

167. Brosche T., Platt D., Dressler S. Age-associated variations of integral cholesterol and cholesterol sulphate concentrations in human hair and finger nail. *Deutsche Gesellschaft für Alterns forschung 10*. 2000. Vol. 13, № 2. P. 163–169.
168. Brosche T., Platt D., Dressler S. Age-associated changes in integral cholesterol and cholesterol sulphate concentrations in human scalp hair and finger nail clippings. *Aging clinical and experimental research*. 2001. Vol. 13, № 2. P. 131–138.
169. Bouwstra J. A., Gooris G. S., Dubbelaar F. E. R. et al. pH, cholesterol sulfate, and fatty acids affect the stratum corneum lipid organization. *Journal Investigative Dermatology*. 1998. V. 3. P. 69–73.
170. Raith K., Zellmer S., Lasch J. et al. Comparative investigation of human stratum corneum ceramides. *Lipids*. 2001. Vol. 36. P. 299–304.
171. Hill J. R., Wertz P. W. Structures of the ceramides from porcine palatal stratum corneum. *Lipids*. 2009. Vol. 44, № 3. P. 291–295.
172. Charles A. S., Higashi Y. Cholesterol sulfate in human physiology. *Journal of Lipid Research*. 2003. Vol. 44. P. 1268–1278.
173. Ramirez R., Marti M., Manich A. et al. Ceramides extracted from wool: pilot plant solvent extraction. *Textile Research Journal*. 2008. Vol. 78 (1). P. 73–80.
174. Raudenkolb S., Hübner W., Rettig W. et al. Polymorphism of ceramide 3. Part 1. An investigation focused on the head group of N-octadecanoylphytoosphingosine. *Chemistry and Physics of Lipids*. 2003. Vol. 123. P 9–17.
175. Masukawa Y., Tanamachi H., Tsujimura H. Characterization of hair lipid images by argon sputter etching-scanning electron microscopy. *Lipids*. 2006. Vol. 41, № 2. P. 197–205.
176. Thibaut S., de Becker E., Bernard B. A. et al. Chronological ageing of human hair keratin fibres. *International Journal of Cosmetic Science*. 2010. Vol. 32. P. 422–434.
177. Mendez S., Marti M., Barba C. et al. Thermotropic behavior of ceramides and their isolation from wool. *Langmuir*. 2007. Vol. 23. P. 1359–1364.

178. Coderch L., Méndez S., Barba C. et al. Lamellar rearrangement of internal lipids from human hair. *Chemistry and physics of lipids*. 2008. Vol. 155 (1). P. 1–6.
179. Mendez S., Barba C., Roddick-Lanzilotta A. et al. Application of internal wool lipids to hair. *Skin Research and Technology*. 2008. Vol. 14 (4). P. 448–453.
180. Ramirez R., Garay I., Álvarez J. et al. Supercritical fluid extraction to obtain ceramides from wool fibers. *Separation and Purification Technology*. 2008. Vol. 63, Issue 3. P. 552–557.
181. Masukawa Y., Narita H., Imokawa G. Characterization of the lipid composition at the proximal root regions of human hair. *Journal of Lipid Research*. 2006. Vol. 47. P. 1559–1571.
182. Masukawa Y., Tsujimura H., Narita H. Liquid chromatography-mass spectrometry for comprehensive profiling of ceramide molecules in human hair. *Journal of Cosmetic Science*. 2005. Vol. 56. P. 1–16.
183. Ramirez R., Marti M., Barba C. et al. Skin efficacy of liposomes composed of internal wool lipids rich in ceramides. *Journal of Cosmetic Science*. 2010. Vol. 61 (3). P. 235–245.
184. Dauvermann-Gotsche C., Körner A., Höcker H. Characterization of 18-Methyleicosanoic Acid-containing Proteolipids of Wool. *Journal of the Textile Institute*. 1999. № 90, Part 3. P. 13–29.
185. Körner A., Dauvermann C., Höcker H. Studies on the isolation of 18-methyleicosanoic acid containing proteolipids in the cell membrane complex of keratin fibres. Joint International Congress and Expo Lipids, Fats and Oils Opportunities and Responsibilities in the New Century Wurzburg, Germany, 8–10 October, 2000. P. 27.
186. Brack N., Lamb R., Pham D., Turner P. Nonionic surfactants and the wool fibre surface. *Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 1999. Vol. 146. P. 405–415.

187. Ganske F., Meyer H. H., Deutz H., Bornscheuer U. Enzyme-catalysed hydrolysis of 18-methyleicosanoic acid-cysteine thioester. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2003. Vol. 105, Issue 10. P. 627–632.
188. Akiyama Y., Doi Y., Matsue Y. Effect of oxidation stress on the mechanical property of human hair. *International Journal of Computational Bioscience*. 2011. P. 1–7.
189. Kon R., Nakamura A., Hirabayashi N., Takeuchi K. Analysis of the damaged components of permed hair using biochemical technique. *Journal of Cosmetic Science*. 1998. Vol. 49. P. 13–22.
190. Yamamoto T. Fatty acids compositions and structures of internal lipids from human hair. *Japan. Journal Dermatology*. 1994. Vol. 104. P. 543–549.
191. Peet D. J., Wettenhall R. E. H., Rivett D. E., Allen A. K. A comparative study of covalently-bound fatty acids in keratinised tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1992. 102 B. P. 363–366.
192. Fonolossa J., Campos L., Marti M. et al. X-Ray diffraction analysis of internal wool lipids. *Chemistry and Physics of Lipids*. 2004. Vol. 130 (2). P. 159–166.
193. Swift J. A. Human hair cuticle: biologically conspired to the owner's advantage. *Journal of Cosmetic Science*. 1999. Vol. 50, № 1. P. 23–47.
194. Swift J. A., Smith J. R. Microscopic investigations on the epicuticle of mammalian keratin fibres. *Journal of Microscopy*. 2001. № 204. P. 203–211.
195. Jones L. N., Rivett D. E. The role of 18-methyleicosanoic acid in the structure and formation of mammalian hair fibres. *Micron*. 1997. Vol. 28, № 6. P. 469–485.
196. Dauvermann-Gotsche C., Evans D. J., Corino G. L., Korner A. Labelling of 18-methyleicosanoic acid containing proteolipids of wool with monomaleimido nanogold. Proceedings of the 10th International Wool Textile Research Conference, Aachen, Germany, 2000. ST-10. P. 1–10.
197. Wertz P. W. The nature of the epidermal barrier: biochemical aspects. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 1996. Vol. 18. P. 283–294.

198. Нойман Д. Ceramide II в современных средствах по уходу за кожей и волосами. *Косметика и медицина*. 2001. С. 1–7.
199. Стапай П. В., Ткачук В. М. Характеристика структурних ліпідів волосся людини і вовни овець. *Український біохімічний журнал*. Т. 74. № 4а (додаток 1). Матеріали VIII Українського біохімічного з'їзду 1–3 жовтня 2002 р. Чернівці, 2002. С. 180.
200. Yoonhee Lee, Youn-duk Kim, Sung-Hae Kim, Tae-Sik Park, Won-Soo Lee. Changes of integral hair lipid according to intrinsic hair aging: 6th World Congress for Hair Research 16-19 June 2010, Cairns, Australia. [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.hair2010.org/abstract/41.asp>.
201. Marti M., Ramirez R., Manich A. M. et al. Thermal analysis of merino wool fibres without internal lipids. *Journal Applied Polymer Science*. 2007. Vol 104. P. 545–551.
202. Marti M., Manich A. M., Ussman M. H., Bondia I., Parra J. L., Coderch L. J. Internal lipid content and viscoelastic behavior of wool fibers. *Appl. Polym. Science*. 2004. Vol 92. P. 3252–3259.
203. Marti M., Ramirez R., Barba C., Coderch L., Parra J. Influence of internal lipid on dyeing of wool fibers. *Textile Research Journal*. 2010. Vol 80 (4). P. 365–373.

5. ВПЛИВ РІЗНИХ ЧИННИКІВ НА ЛІПІДНИЙ СКЛАД ШКІРИ І ВОВНИ ТА ПРОЦЕСИ ВОВНОУТВОРЕННЯ

5.1 Вплив гормонів на обмін ліпідів та процеси вовноутворення

Волос є особливим рогоподібним утворенням шкіри і розглядається як продукт діяльності волосяного фолікула. Ріст його зумовлений складними біологічними процесами, які послідовно відбуваються у волосяному фолікулі, зокрема проліферацією, синтезом і кератинізацією [1, 2]. За нормальних фізіологічних умов усі ці процеси перебувають у динамічній рівновазі, що забезпечує нормальне формування і ріст вовнового волокна. Порушення цих умов спричиняє зміни у співвідношенні вказаних процесів, що негативно позначається на рості вовни. Своєю чергою порушення процесів вовноутворення проявляються у метаболічних процесах усього організму вівці, насамперед у волосяних фолікулах [3, 4].

Ріст вовни, передусім, зумовлений генетичними чинниками [5, 6]. Окрім того, він значною мірою залежить від породних особливостей тварин, їх віку, статі, фізіологічного стану організму, а також характеру і рівня годівлі, кліматичних та інших чинників, які впливають на процеси метаболізму в організмі тварин.

На розвиток і функцію волосяних фолікулів впливають ендокринні залози. Серед значної кількості гормонів, які так чи інакше стосуються процесів вовноутворення, гормонам щитоподібної залози належить чи не найважливіше значення [7]. Гормони щитоподібної залози 3,3',5,5'-тетрайод-L-тиронін (тироксин T_4) і 3,3',5-трийод-L-тиронін (T_3) — стимулюють ріст вовни навіть на фоні зниження маси тіла [7, 12]. Вони діють безпосередньо на фолікули, підвищуючи мітотичну активність матриксу волосяної цибулини, чим і прискорюють формування й ріст волокон у довжину, не справляючи помітного впливу на їх діаметр [8–13].

Вважають, що основним метаболітом T_4 у сироватці крові плода вівці є тироксинсульфат (T_4S) — обов'язковий проміжний продукт в інактивуючому шляху метаболізму тиреоїдних гормонів ($T_4-T_4S-rT_3$) [14]. Концентрація його поступово зростає упродовж 130 діб розвитку плода і до часу народження зменшується.

У роботах багатьох дослідників показано, що під впливом ін'єкцій або імплантацій тироксину чи згодовування тиреоїдину настриги вовни у тонкорунних овець збільшуються на 15–30 % [8, 15]. Тироксин прискорює розвиток вторинних волосяних фолікулів, стимулює функції первинних фолікулів і сальних залоз. Характерно, що ефективніша дія T_4 проявляється у молодих тварин. Його ефект значно послаблює вагітність вівцематок. У зв'язку з цим практикується комплексне застосування тироксину з метіоніном. При цьому настриги вовни значно збільшуються, а катаболічний вплив тироксину зменшується.

Встановлено [16–18], що T_4 за певних умов стимулює процеси окиснення, прискорює обмін протеїнів, а в малих дозах стимулює їх синтез та ріст тканин. Ця властивість особливо чітко проявляється в молодому віці у період інтенсивного росту тварин. Тироксин стимулює залучення до тканин амінокислот, сприяє переносу їх зв'язаних з т-РНК до рибосом. Цим, зокрема, пояснюється той факт, що за оптимальної функції щитоподібної залози у тварин спостерігається висока продуктивність. У зв'язку з цим введення ростучим тваринам речовин, які пригнічують діяльність щитоподібної залози, не завжди бажане. Водночас пригнічення її функції у дорослих тварин може мати позитивний ефект. Однак у цьому випадку зниження рівня T_4 не повинно бути нижчим за фізіологічний рівень.

Гормон підшлункової залози інсулін своїм впливом на біосинтез протеїнів посилює ріст вовни і призводить до певних змін в обміні речовин [19, 20], зокрема обміні глюкози та ліпідів [21–23].

Виявлено, що стосування гормону інсуліну (по 0,5 одиниць на 1 кг маси тіла на тиждень) сприяє збільшенню приростів маси тіла овець приблизно на

17 %. Незбалансовані раціони за енергією та перетравним протеїном негативно позначаються на показниках ліпідного обміну в шкірі: має місце накопичення загальних ліпідів, в основному за рахунок ацилгліцеролів на фоні зменшення фосфоліпідів. Темпи росту вовни при цьому також різко загальмовуються.

Дослідження проводились на трьох групах баранчиків латвійської темноголової породи. Тварини першої дослідної групи два рази на тиждень на фоні основного раціону одержували у вигляді ін'єкцій інсулін з розрахунку по 0,5 МО на 1 кг маси тіла, а другої — у такій же кратності per os по 0,4 г препарату тиреоїдину. Дослід проводили у два етапи, тривалістю по три місяці кожний: у період пожвавлення процесів вовноутворення (березень-травень) і їх депресії (грудень-лютий). Результати цих досліджень представлені у таблицях 17 і 18.

Зокрема з таблиці 17 видно, що інтенсивність росту вовни має яскраво виражений сезонний характер, який проявляється в тому, що найвищі її темпи росту спостерігались у перший період після стриження овець, котрий співпадає з настанням літа. Тут доречно нагадати, що мітотична активність клітин волосяних фолікулів саме в цей час була найвищою. Отже, між цими двома показниками існує тісний корелятивний взаємозв'язок.

Таблиця 17. Вплив інсуліну та тиреоїдину на мітотичну активність клітин волосяних фолікулів і ріст вовни у різні періоди ($M \pm m$, $n=3$)

Група тварин	Період досліджень			
	грудень–лютий		березень–травень	
	кількість мітозів	ріст вовни мкг/см ² /добу	кількість мітозів	ріст вовни мкг/см ² /добу
Контрольна	39,6±7,56	664±15	35,2±6,60	1160±22
I дослідна	32,5±2,27	729±92	37,4±4,82	1286±186
II дослідна	39,3±4,09	684±60	55,3±11,33	1369±86*

Дослідженнями встановлено, що застосовані нами гормони підшлункової і щитоподібної залоз по-різному впливали на характер мітотичних процесів у волосяних фолікулах. У період активації процесів вовноутворення тиреоїдин, без сумніву, підвищував активність клітин волосяних фолікулів. І як наслідок цього — середньодобові прирости вовни у тварин цієї групи були в середньому на 18 % вищими, порівняно з контролем. Однак, у зимово-стійловий період утримання тварин дія цього гормону на процеси вовноутворення помітно знизилась і в подальшому нічим не відрізнялась від контрольної групи.

Дещо інший характер у цьому відношенні проявляв інсулін. У весняно-літній період він дещо активізував мітотичну активність волосяних фолікулів, а в зимово-стійловий період навіть пригнічував її. Тим не менше, темпи росту вовни в обидвох випадках були на 10 % вищими за контроль.

Отже, одержані дані досить яскраво засвідчили певну специфіку дії застосованих нами гормонів по відношенню до процесів вовноутворення. Щодо тиреоїдину, то його вплив на згадані процеси безпосередньо спрямований на ріст та диференціацію клітин волосяних фолікулів. Що ж стосується інсуліну, то з огляду на факт незначного впливу його на мітотичні процеси при одночасному посиленні росту вовни (незалежно від періоду дослідження) можна вважати, що його дія спрямована, в основному, на інтенсифікацію процесів синтезу та забезпечення їх необхідною енергією.

Саме про це свідчать результати досліджень показників ліпідного обміну у шкірі (табл. 18). Аналіз їх показав, що характер змін окремих ліпідних компонентів мав чітко виражену специфіку. Так, під впливом гормону інсуліну спостерігалась двояка картина: підвищений синтез структурних ліпідів, тобто фосфоліпідів і холестеролу та посилений катаболізм триацилгліцеролів на фоні різкого зменшення фонду неетерифікованих жирних кислот і відносної стабільності загальних ліпідів. Отже, в даному випадку виявлена класична картина регуляторного впливу гормону інсуліну на основний обмін речовин в організмі загалом і, зокрема, в шкірі. При цьому варто також зауважити, що не зважаючи на значні міжгрупові відмінності в окремих показниках вони не

завжди мали вірогідний характер у зв'язку зі значними індивідуальними особливостями тварин [24].

Таблиця 18. Вплив інсуліну та тиреоїдину на показники ліпідного обміну в шкірі овець ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Група тварин		
	Контрольна	I дослідна	II дослідна
Загальні ліпіди, %	8,9±0,69	8,7±0,48	8,2±1,04
Фосфоліпіди, мг%	1030±58,6	1202±112,5	1090±180,7
Нейтральні ліпіди, %:			
— загальний холестерол	62,3±13,58	96,3±33,08*	62,3±25,20
в т.ч. – неестерифікований	6,2±2,68	41,8±15,67*	37,3±9,90*
– естерифікований	56,1±10,90	54,5±17,41	25,0±15,30*
— НЕЖК	9,2±4,14	3,7±1,77*	28,6±16,60*
— триацилгліцероли	28,5±9,67	0,1±17,41*	9,1±5,47*

Зовсім протилежна картина змін ліпідних компонентів спостерігалась у групі тварин, яким згодовували препарат тиреоїдин. У шкірі цих тварин, порівняно з контрольними, зафіксовано значне накопичення неестерифікованих жирних кислот при досить помітному зменшенні фракції триацилгліцеролів. Цікавим є і той факт, що кількість загального холестеролу залишається на рівні контрольних тварин, але окремі його фракції зазнавали кількісного перерозподілу на користь фракції неестерифікованого холестеролу.

Отже, в даному випадку можна стверджувати, що гормони щитоподібної залози меншою мірою проявляють свій вплив на мобілізацію і використання енергетичного потенціалу для процесів вовноутворення за рахунок енергії ліпідів шкіри. Не виключено, що така мобілізація могла мати місце в період інтенсифікації процесів вовноутворення, тобто в літній період, як це було зафіксовано по відношенню мітотичної активності. Адже в цей період було відмічено збільшення темпів росту вовни у порівнянні із зимовим періодом.

Гормон передньої частки гіпофіза (СТГ) має складну кінетику дії [25, 26]. У разі його використання може спостерігатись різке посилення росту вовни (на 20 %, порівняно з нормою), а також зниження її росту в 3 рази за одночасного збільшення діаметра в 1,5–2 рази.

Гормон росту посилює анаболічні процеси, стимулює закладання й розвиток фолікулів, їх мітотичну активність і тим самим підвищує густоту волокон та їх ріст.

Пролактин гальмує ріст вовни, особливо в період вагітності і лактації вівцематок. Деякі дані [27] свідчать, що він, а також мелатонін, стимулюють ріст волосу залежно від пори року. Синтез і секреція останнього підвищується у нічний час, що своєю чергою позначається на багатьох фізіологічних процесах у різних видів тварин [28].

Отже, серед численних і в той же час малоз'ясованих питань, пов'язаних з механізмами вовноутворення, чільне місце займають дослідження гормональної регуляції проліферативних та синтетичних процесів у волосяних фолікулах і шкірі. На сьогодні незаперечним є факт потужного регуляторного впливу гормонів на всі основні ланки обмінних процесів в організмі загалом і в шкірі, зокрема.

5.2 Вплив аліментарних чинників на ліпогенез у шкірі овець, їх продуктивність та формування захисних властивостей жиропоту

Рівень і спрямованість ліпогенезу в шкірі значною мірою залежить від рівня та характеру годівлі овець. Зокрема, показано, що згодовування їм сірчаноокислого нартію (по 8 г на голову/добу) у складі основного раціону, а також вітаміну А (по 3500 МО на голову/добу) позитивно позначається на показниках ліпідного обміну в шкірному покриві. Встановлено, що загальна кількість ліпідів за таких умов зменшується, а фосфоліпідів, навпаки, зростає. Стосування згаданих сполук сприяє збільшенню приростів маси тіла та настригів вовни відповідно на 7 і 14 % [29, 30].

Встановлено, що вітамін А нормалізує обмін ліпідів і жирних кислот в організмі овець. Додатки його до раціонів сприяють збільшенню приростів маси тіла на 48 %, а настригів вовни — на 20 %. Що стосується сульфурвмісних сполук, то численні дані літератури однозначно стверджують про позитивну їх роль в обміні речовин у організмі овець і, зокрема, в процесах вовноутворення. Нагадаємо, що синтез кератину тісно пов'язаний з інтенсивним використанням сульфурвмісних сполук, головним чином цистину.

У результаті проведених нами досліджень було з'ясовано, що підвищення вовнової продуктивності під впливом згодовування сульфурвмісних сполук тісно пов'язано з ліпідним обміном у шкірі, зокрема полярними ліпідами. Проведені нами спеціальні дослідження з використанням методу індикації показали, що *in vitro* Сульфур сульфатів інтенсивно включається в полярні ліпіди шкіри (фото 11). Отже, одержані дані, з одного боку, вказують на важливу роль Сульфуру в процесах ліпогенезу шкірного покриву овець, а з іншого — збагачують наші знання про механізми впливу ліпідів на процеси вовноутворення [31, 32].

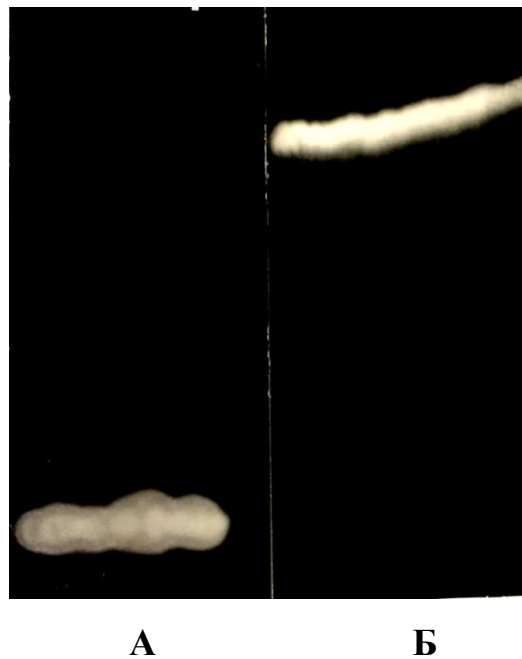


Фото 11. Включення $\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$ в полярні ліпіди шкіри

(А — загальна фракція полярних ліпідів, старт на хроматографі,

Б — включення міченого Сульфуру у фракцію сульфоліпідів)

У іншій серії досліджень ми вивчали вплив довготривалого згодовування баранчикам породи прекос мінеральних речовин — Сульфур у та Купруму, а також амінокислоти тирозину на показники ліпідного обміну в шкірі. Одержані результати представлені у таблиці 19.

Так, з даних цієї таблиці видно, що згодовування баранчикам згаданих компонентів загалом впливало на показники ліпідного обміну в шкірі, хоча їх ефект у кожному конкретному випадку був різний. В усіх дослідних тварин упродовж усього періоду досліджень спостерігалася тенденція до зменшення у шкірі вмісту загальних ліпідів, але найбільш чітко це проявлялось у групі тварин з добавками тирозину. Подібна картина, але протилежного характеру, спостерігалась з боку фосфоліпідів (концентрація їх завжди була вищою у шкірі тварин дослідних груп).

На жаль, нам не вдалось дослідити характер змін ацилгліцеролів та неетерифікованих жирних кислот. Але, незважаючи на це, з впевненістю можна стверджувати, що зменшення вмісту загальних ліпідів проходило саме за рахунок цих класів, оскільки концентрація холестеролу та його фракцій не проявляли вірогідних змін упродовж усього дослідного періоду. Коротко зупинимось на характері їх змін у окремі періоди взяття матеріалу, щоб дало уявлення про сезонну залежність цих метаболітів шкірного покриву овець.

З наближенням весни кількість загального холестеролу за умов цих досліджень дещо зростає, причому відбувається це переважно за рахунок етернозв'язаної фракції. У дослідних тварин зафіксовано також вірогідне зменшення фракції неетерифікованого холестеролу в зимовий період. Досить виразні міжгрупові відмінності виявлено з боку таких показників, як йодне число та етерифіковані жирні кислоти. Показано, що концентрація останніх у шкірі усіх тварин дослідних груп мала тенденцію до зменшення. Нагадаємо, що подібну закономірність зафіксовано і стосовно етерів холестеролу. До певної міри подібне зауважено і з боку йодного числа, показника, який характеризує насиченість ліпідів.

Таблиця 19. Вплив згодовування баранчикам породи прекос сульфату натрію, Купруму і тирозину на кількісні та якісні показники ліпідів шкіри ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Періоди досліджень	Група тварин			
		Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Загальні ліпіди, %	листопад	9,1±0,85	9,5±1,82	9,3±1,31	6,3±0,07*
	березень	12,8±1,97	11,0±0,57	10,0±1,03	9,5±0,68
	травень	13,0±1,46	10,6±0,60	11,5±1,24	10,0±0,40
Фосфоліпіди, мг/г	листопад	7,7±1,34	11,2±1,19	8,9±1,48	7,2±1,70
	березень	6,2±0,25	7,6±0,18*	8,0±0,47*	8,7±0,17*
	травень	8,1±0,55	8,3±0,43	7,6±0,73	8,1±0,87
Загальний холестерол, мг%	листопад	1100±90,3	1147±155,7	1174±126,1	1022±104,7
	березень	1518±25,0	1467±77,0	1797±72,4*	1271±99,3
	травень	1649±7,15	1408±27,6*	1797±78,9	1295±58,8*
Неестерифікований холестерол, мг%	листопад	191,2±30,9	59,9±5,47*	21,9±3,63*	14,5±1,74*
	березень	175,4±6,63	217,4±11,6*	180,6±12,0	236,4±26,9
	травень	205,3±3,98	198,2±9,09	203,0±16,4	201,6±,27
Естерифікований холестерол, мг%	листопад	909,6±120,4	1087±156,4	1152±127,9	1008±102,0
	березень	1343±19,3	1249±78,3	1536±102,3	1034±72,6*
	травень	1443±46,9	1210±21,6*	1594±62,6	1093±56,2*
Естерифіковані жирні кислоти, мг%	листопад	20,5±2,30	25,0±4,80	17,4±1,32	19,2±0,22
	березень	30,0±4,11	25,9±1,88	26,2±2,41	19,9±1,72
	травень	33,3±1,30	25,9±1,52*	32,3±0,41	20,4±1,16*

Отже, як бачимо, по ходу досліду, тобто з плином часу, насиченість ліпідів значно зростає.

З метою з'ясування впливу різних кормових інгредієнтів на показники ліпідного обміну в організмі овець, їх продуктивні якості та формування захисних властивостей жиропоту нами проведено цілу низку спеціальних досліджень, у тому числі й із застосуванням нетрадиційних кормових засобів.

Серед біологічно активних компонентів раціону велике значення мають мінеральні елементи, які хоча і не володіють пластичними та енергетичними цінностями, проте, відіграють надзвичайно важливу і багатогранну роль. Особливо важливе значення для організму вівці мають Сульфур, Купрум, Цинк, Кобальт та Йод. З цими елементами нерозривно пов'язані основні процеси обміну речовин та вовноутворення [29].

Багатьма дослідниками доведено істотний вплив кормових чинників на кількісні і якісні параметри жиропоту. Встановлено, що підвищений рівень протеїну в раціоні овець покращує захисні властивості воску, а раціони з великим вмістом енергії, навпаки, погіршують його склад.

При підвищеному рівні годівлі овець, особливо концентрованими кормами, в яких міститься значна кількість лінолевої кислоти, зростає кількість ненасичених жирних кислот у плазмі крові, лінолевої кислоти — в ліпідах м'язової тканини і у складі резервних ліпідів. Одночасно з цим вовновий віск стає більш насиченим, що підвищує його якість, а, отже, й покращує якість вовни.

Встановлено позитивну дію метіоніну, яка полягає у тому, що він сприяє збільшенню у воску вмісту насичених жирних кислот і тим самим підвищує його температуру плавлення. Водночас, насичення раціонів овець кукурудзяним силосом призводить до збільшення у вовновому воску вмісту ненасичених жирних кислот і підвищення лужності поту [34–37].

Відомо, що найбільша кількість затрат при утриманні сільськогосподарських тварин, у тому числі і овець, припадає на корми. У зв'язку з дефіцитом зерна і його високою вартістю, останнім часом інтенсивно

ведуться пошуки дешевих кормів, які здатні замінити зерноконцентрати у раціонах тварин. До таких нетрадиційних кормів можна віднести відходи олійної промисловості — фільтроперліт [33].

Фільтроперліт, який залишається після фільтрації соняшникової олії, — це дешеві відходи, а по суті — природний сорбент, який містить певну кількість ліпідів, і може бути використаний як кормова добавка для годівлі тварин, зокрема овець [38–40].

З огляду на це, нами проведено дослідження з метою з'ясування впливу фільтроперліту, збагаченого ліпідами, та підвищених рівнів макро- і мікроелементів на захисні властивості жиропоту руна вівцематок породи прекос та ягнят, отриманих від них. Для цього було сформовано чотири групи вівцематок: одну контрольну і три дослідні. Тварини контрольної групи отримували основний раціон зрівняльного періоду. Вівцематкам першої дослідної групи до складу основного раціону включали суміш макро- та мікроелементів (Сульфур, Цинк, Купрум, Йод і Кобальт) на 20 % більше існуючих норм. Тварини другої дослідної групи у складі основного раціону отримували 50 г фільтроперліту замість еквівалентної за поживністю кількості ячменю. Тварини третьої дослідної групи отримували фільтроперліт і премікс із додаванням макро- й мікроелементів, аналогічно як і тварини першої дослідної групи.

У результаті проведених досліджень кількісних і якісних показників вовнового жиру (воску) встановлено, що за добу вівцематки продукують 3,4–3,8 мг воску на 1 см² шкіри, а ягнята — 3,9–4,3 мг. У тварин дослідних груп секреція воску зростає, причому як у вівцематок, так і в отриманих від них ягнят (рис. 16). Однак, збільшення секреції воску відбувається лише у тих тварин, яким у складі основного раціону згодовували ліпідну добавку у вигляді фільтроперліту, тобто у овець і ягнят другої та третьої дослідних груп.

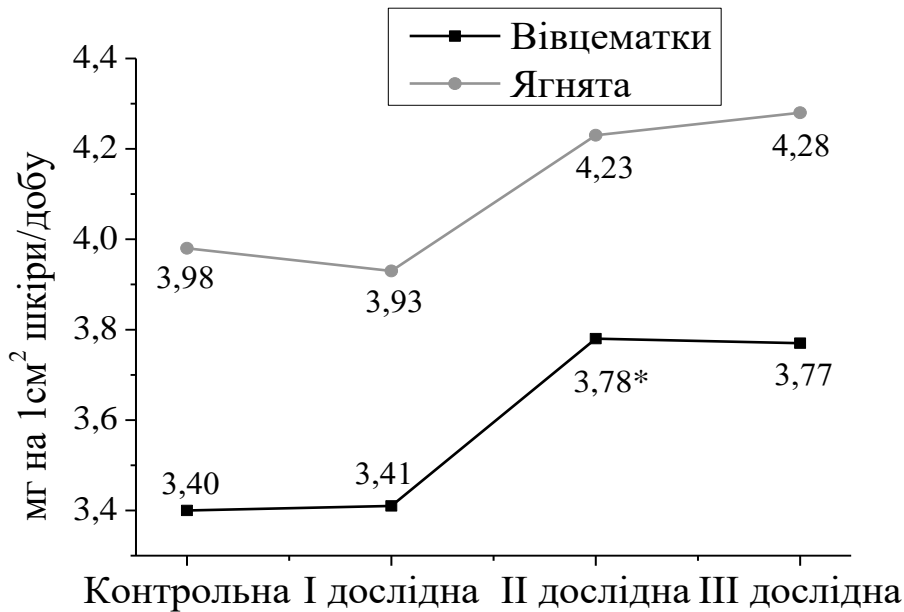


Рис. 16. Вплив фільтроперліту і мінеральних елементів на секрецію воску у вівцематок та ягнят

Аналогічний характер змін спостерігався й стосовно воску, отриманого з жиропоту руна вівцематок і ягнят, але лише у тварин другої та третьої дослідних груп (табл. 20). У результаті збільшення кількості воску в жиропоті суттєво покращувався такий інтегральний показник як співвідношення «віск:піт», оскільки кращими захисними властивостями володіє жиропіт, у якому на одиницю воску припадає менша кількість поту із нижчими показниками його рН.

З цифрових даних таблиці 20 видно, що показники рН поту з жиропоту ягнят, у порівнянні з повновіковими вівцематками, є вірогідно меншими і наближаються до нейтрального середовища.

Відомо, що захисні властивості воску зумовлені його специфічним складом ліпідів та оптимальним співвідношення їх окремих класів. Аналіз даних ліпідів нативного воску і воску отриманого з жиропоту (табл. 21–24) засвідчив, що за кількісним складом він є однаковий, але співвідношення між його окремими фракціями у вівцематок та ягнят різне.

Таблиця 20. Вплив фільтроперліту і мінеральних елементів на кількісні показники жиropoty руна вівцематок та ягнят ($M \pm m$)

Показник	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Вівцематки (n=5)				
Кількість воску, %	12,89±0,83	12,85±0,58	13,99±0,56	13,95±0,40
Кількість поту, %	14,22±0,40	13,97±0,49	14,30±0,70	14,11±1,01
pH поту	8,56±0,12	8,51±0,08	8,67±0,09	8,61±0,13
Співвідношення віск:піт	1:1,10	1:1,09	1:1,02	1:1,01
Ягнята (n=3)				
Кількість воску, %	13,75±0,47	13,68±0,29	14,76±0,44	14,74±0,35
Кількість поту, %	12,44±0,85	11,79±0,62 ⁺	12,45±0,75	11,77±0,63
pH поту	7,32±0,21 ⁺⁺	7,21±0,34 ⁺⁺	7,39±0,20 ⁺	7,31±0,19 ⁺
Співвідношення віск:піт	1:0,90	1:0,86	1:0,84	1:0,80

Так, у складі нативного воску ягнят, тобто воску, отриманого безпосередньо із поверхні шкіри, міститься менша кількість полярних ліпідів, ланостеролу, неетерифікованих жирних кислот та сквалену. Натомість у ньому є більша кількість фракції етерифікованого холестеролу, причому його збільшення відбувається за рахунок етерів насичених та частково мононенасичених кислот.

Вікові різниці у ліпідному складі воску зумовлені, на нашу думку, різним характером живлення, оскільки основним продуктом живлення ягнят у цей час було материнське молоко. Загалом же якісна характеристика ліпідного складу нативного воску в ягнят є кращою у порівнянні з дорослими тваринами. До речі, з цифрових даних таблиці 21 видно, що згодовування вівцематкам у складі основного раціону підвищених рівнів мінеральних елементів, а особливо ліпідів, призводить до зниження у складі нативного воску фракції полярних

ліпідів та неестерифікованих жирних кислот з одночасним збільшенням фракції естерифікованого холестеролу за рахунок полієнових і дієнових етерів та частково етерів насичених кислот.

Таблиця 21. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад нативного воску вівцематок, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Полярні ліпіди	19,13±0,17	18,79±0,12	18,24±0,95	17,54±0,59*
Неестерифікований холестерол	10,00±0,14	10,01±0,22	9,24±0,50	9,49±0,45
Ланостерол	10,03±0,19	9,80±0,23	10,52±0,20	10,48±0,45
НЕЖК	4,50±0,09	4,42±0,04	3,79±0,12**	3,59±0,11***
Дегідрохолестерол	8,82±0,21	8,61±0,10	8,60±0,48	9,32±0,40
Сквален	4,23±0,08	4,53±0,09*	4,08±0,22	4,07±0,15
Естерифікований холестерол	43,30±0,34	43,84±0,20	45,53±0,90*	45,52±0,86*
в тому числі етери:				
— насичених кислот	18,40±0,42	18,05±0,27	19,04±0,33	19,30±0,39
— моноєнові	13,39±0,36	13,74±0,28	13,91±0,39	13,74±0,17
— дієнові	5,48±0,11	5,89±0,26	6,05±0,26	6,20±0,24*
— триєнові	1,60±0,09	1,81±0,09	1,86±0,08	1,85±0,08
— тетраєнові	2,43±0,17	2,07±0,16	2,18±0,22	2,00±0,14
— інші полієнові	1,99±0,13	2,28±0,05	2,50±0,11*	2,43±0,18

Подібна картина змін спостерігається і у складі ліпідів воску ягнят (табл. 22). Так, у тварин другої дослідної групи вірогідно зменшується вміст фракції полярних ліпідів (на 0,7 %) і збільшується вміст естерифікованого холестеролу; у тварин другої дослідної групи на 3 %, а третьої — на 2,7 %.

Збільшення вмісту етерифікованого холестеролу відбувається, в основному за рахунок дієнових етерів.

Таблиця 22. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад нативного воску ягнят, % (M±m, n=3)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Полярні ліпіди	8,27±0,18	8,32±0,56	7,56±0,10*	7,66±0,36
Неетерифікований холестерол	10,95±0,39	10,30±0,45	9,91±0,30	10,17±0,18
Ланостерол	7,61±0,07	7,67±0,55	7,55±0,19	7,33±0,32
НЕЖК	2,99±0,20	3,05±0,19	2,59±0,03	2,63±0,03
Дегідрохолестерол	13,04±0,56	12,81±0,31	12,32±0,30	12,54±0,61
Сквален	5,78±0,24	5,99±0,38	5,77±0,24	5,63±0,22
Етерифікований холестерол	51,35±0,45	51,87±1,18	54,30±0,54*	54,04±0,70*
в тому числі етери:				
— насичених кислот	23,54±0,52	23,77±0,84	24,40±0,38	25,01±0,28
— моноєнові	15,06±0,23	15,34±0,28	15,78±0,38	15,23±0,32
— дієнові	6,26±0,27	6,77±0,64	7,23±0,30	7,33±0,09**
— триєнові	1,97±0,10	1,83±0,07	2,07±0,13	1,94±0,21
— тетраєнові	2,17±0,28	1,92±0,16	2,20±0,07	2,05±0,31
— інші полієнові	2,35±0,03	2,24±0,14	2,62±0,19	2,48±0,39

Загалом, отримані дані чітко вказують на якісні зміни у ліпідному складі воску під впливом застосованих нами аліментарних чинників, тобто покращення його захисних властивостей, а особливо це характерно для воску ягнят.

Згодовування вівцематкам у складі основного раціону ліпідів у складі фільтроперліту призводить до певних змін у якісному складі ліпідів (табл. 23). Цікаво, що зміни, які відбулися у ліпідному складі нативного воску, встановлені і у воску, отриманому з жиропоту. Зокрема, вміст неестерифікованих жирних кислот з 7,8 % у контрольній групі вівцематок і 5,3 % у ягнят, зменшується у другій дослідній групі до 6,3 % та 4,4 %, а у третій — 5,9 % і 4,2 % відповідно.

Таблиця 23. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад воску жиропоту вівцематок, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Полярні ліпіди	19,24±0,51	18,26±0,70	18,35±0,55	18,89±0,94
Неестерифікований холестерол	12,26±0,59	12,08±0,75	10,96±0,57	10,45±0,32*
Ланостерол	9,85±0,32	9,75±0,23	10,29±0,19	10,32±0,30
НЕЖК	7,75±0,40	7,12±0,24	6,33±0,33*	5,89±0,25**
Дегідрохолестерол	8,65±0,39	8,61±0,46	9,00±0,37	9,06±0,80
Сквален	4,56±0,21	5,05±0,38	5,13±0,19	5,83±0,47*
Етерифікований холестерол	37,69±0,38	39,13±0,88	39,93±0,67*	39,57±0,50*
в тому числі етери:				
— насичених кислот	14,09±0,40	14,52±0,52	15,18±0,51	15,24±0,25*
— моноєнові	11,53±0,51	11,97±0,62	11,99±0,72	11,99±0,71
— дієнові	6,20±0,52	6,48±0,46	6,26±0,29	6,22±0,14
— триєнові	1,84±0,08	1,96±0,05	1,97±0,10	1,84±0,12
— тетраєнові	1,95±0,10	1,99±0,05	2,07±0,12	1,87±0,18
— інші полієнові	2,08±0,09	2,21±0,07	2,46±0,10*	2,41±0,08*

Натомість фракція етерифікованого холестеролу у воску з жиропоту вівцематок з 37,7 % у контрольній групі, зростає до 39,9 % і 39,6 % у другій та третій дослідних групах; а у воску з жиропоту руна ягнят з 46,8 % у контрольній групі, до 50,5 % і 50,8 % у другій та третій дослідних групах відповідно (табл. 24). Важливо, що збільшення кількості етерифікованого холестеролу відбувається, в основному, за рахунок етерів насичених кислот.

Таблиця 24. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад воску жиропоту ягнят, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Полярні ліпіди	9,43±0,53	8,52±0,40	8,39±0,34	8,26±0,57
Неетерифікований холестерол	11,59±0,24	11,10±0,41	10,53±0,65	10,31±0,95
Ланостерол	8,22±0,29	8,32±0,59	8,02±0,31	8,59±0,41
НЕЖК	5,31±0,33	4,88±0,32	4,39±0,06*	4,23±0,19*
Дегідрохолестерол	12,78±1,05	11,89±0,53	12,20±0,65	11,63±1,03
Сквален	5,85±0,36	6,13±0,33	6,00±0,17	6,16±0,38
Етерифікований холестерол	46,82±1,18	49,16±1,25	50,48±1,25	50,83±0,50*
в тому числі етери:				
— насичених кислот	20,06±0,78	21,21±0,90	22,24±0,52*	22,18±0,40*
— моноєнові	13,80±0,46	14,58±0,71	14,67±0,75	14,69±0,37
— дієнові	6,97±0,27	7,10±0,55	7,25±0,19	7,69±0,14*
— триєнові	1,85±0,14	1,93±0,09	1,94±0,08	1,96±0,04
— тетраєнові	1,96±0,17	2,08±0,10	2,12±0,11	1,99±0,05
— інші полієнові	2,18±0,13	2,26±0,11	2,26±0,12	2,32±0,07

При дослідженні впливу фільтроперліту, збагаченого ліпідами, та підвищених рівнів мінеральних елементів на вміст внутрішніх ліпідів у вовні овець, перш за все, встановлено (рис. 17), що згодовування вівцематкам ліпідної добавки у складі фільтроперліту призводить до збільшення вмісту фракції зв'язаних ліпідів на 0,2 %, а вільних — на 0,1 %.

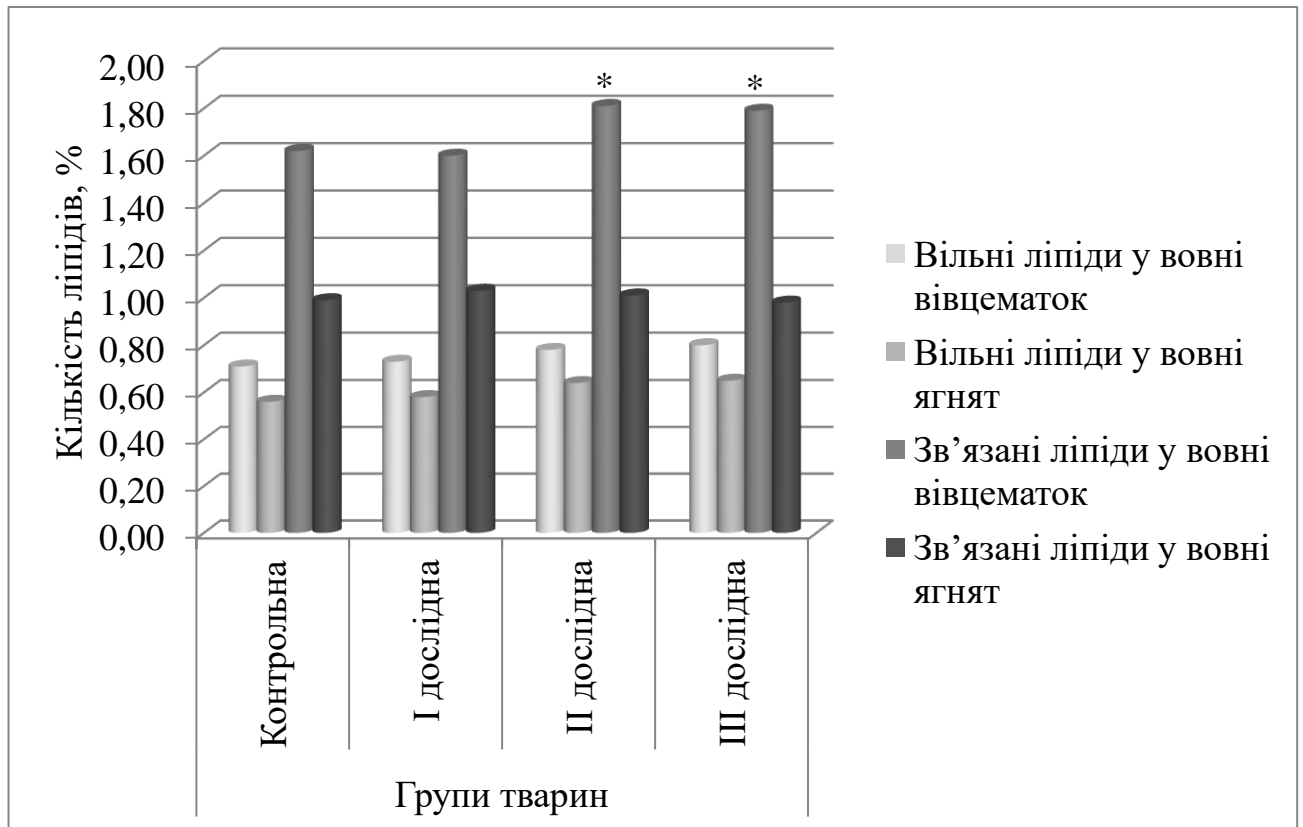


Рис. 17. Вплив фільтроперліту і мінеральних елементів на вміст внутрішніх ліпідів у вовні вівцематок та ягнят

Аналіз даних якісного складу вільних та зв'язаних внутрішніх ліпідів вовни показав, що між ними існують суттєві різниці (табл. 25, 26). Зокрема, у складі фракції вільних ліпідів міститься значно менша кількість неетерифікованих жирних кислот, ніж у зв'язаній фракції, причому це характерно як для вовни вівцематок, так і ягнят.

Таблиця 25. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад вільних внутрішніх ліпідів у вовні вівцематок, %(M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):				
Гліколіпіди найвищої полярності	3,92±0,20	3,96±0,36	4,24±0,30	3,97±0,30
Холестерол сульфат	9,97±0,40	11,31±0,23*	10,07±0,38	11,52±0,21**
Глюкозилцераміди	14,03±0,59	13,33±0,56	12,62±0,95	12,11±0,56*
Сульфоліпіди	23,03±0,90	24,87±0,68	23,26±1,19	25,53±0,56*
Цераміди	49,05±0,88	46,53±0,84	49,81±0,66	46,87±0,52
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):				
Неестерифікований холестерол	63,28±0,42	63,15±1,19	60,78±0,98*	60,84±0,72*
НЕЖК	14,58±0,76	13,22±0,88	13,70±0,39	12,71±0,17*
Стеринова фракція	13,21±0,70	14,50±0,50	15,06±0,64	14,34±0,73
Естерифікований холестерол	8,93±0,36	9,12±0,29	10,46±0,52*	12,09±1,03*
в т. ч. в естерифікованому холестеролі (система н-гептан-толуол (8:2) етери:				
— насичених кислот	5,13±0,15	5,12±0,16	5,95±0,30*	6,95±0,68*
— моноєнові	2,94±0,20	3,13±0,20	3,56±0,25	4,05±0,34*
— полієнові	0,86±0,08	0,87±0,05	0,95±0,07	1,09±0,06

Крім того, у вільних ліпідах вовни вівцематок кількісно переважає фракція неестерифікованого холестеролу. Зокрема, на його частку припадає більше 60 %, а на фракцію естерифікованого — лише 8–14 %.

Таблиця 26. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад вільних внутрішніх ліпідів у вовні ягнят, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):				
Гліколіпіди найвищої полярності	5,37±0,30	4,73±0,51	5,33±0,34	4,72±0,43
Холестерол сульфат	10,54±0,85	13,43±0,77*	10,83±0,37	13,66±0,59*
Глюкозилцераміди	14,98±0,68	13,96±1,00	15,11±0,71	13,87±1,16
Сульфоліпіди	19,38±0,90	18,14±0,91	19,11±0,60	18,81±0,96
Цераміди	49,73±1,26	49,74±1,16	49,61±0,77	48,93±0,91
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):				
Неетерифікований холестерол	61,58±1,16	61,82±1,30	60,39±0,56	58,31±0,73*
НЕЖК	12,28±0,50	12,21±0,83	12,02±0,80	11,33±0,74
Стеринова фракція	12,85±0,78	13,02±0,71	13,14±0,59	14,31±1,79
Етерифікований холестерол	13,28±0,68	12,95±0,77	14,45±0,90	16,05±0,85*
в т. ч. в етерифікованому холестеролі (система н-гептан-толуол (8:2) етери:				
— насичених кислот	6,88±0,36	6,31±0,32	7,21±0,28	8,06±0,60
— моноєнові	4,86±0,27	4,82±0,38	5,17±0,48	5,96±0,32*
— ді-, три- і тетраєнові	1,04±0,09	1,29±0,09	1,50±0,14*	1,41±0,10*
— інші полієнові	0,50±0,04	0,53±0,06	0,57±0,05	0,61±0,03

У зв'язаних ліпідах на холестеролові фракції припадає значно менший відсоток, причому на фракцію етерифікованого холестеролу у вовні вівцематок припадає майже 40 %, а неетерифікованого холестеролу — близько 24 %. У той же час у вовні ягнят співвідношення між холестероловими фракціями є дуже близьке, але все ж таки кількісно переважає фракція неетерифікованого холестеролу.

Очевидно, що значна кількість неетерифікованого холестеролу може вказувати на вищий рівень процесів окиснення у результаті чого істотно зменшується вміст усіх форм жирних кислот.

Так, у вовні вівцематок у вільних ліпідах, у яких є найменша кількість етерифікованого холестеролу, останній у системі н-гептан-толуол (8:2) вдалось розділити лише на три класи, натомість у всіх інших ліпідах у складі етерифікованого холестеролу виявлено чотири фракції.

На жаль, нам не вдалось ідентифікувати усі класи ліпідів, які розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4). Тим не менше встановлено, що у вовні вівцематок у складі зв'язаних ліпідів є сім класів, а у ягнят — вісім. Натомість вільні ліпіди розділяються лише на п'ять класів, причому як у вовні вівцематок, так і ягнят.

За умов наших досліджень нам не вдалось чітко встановити за рахунок яких класів ліпідів збільшується загальний вміст у вовні вівцематок і ягнят незв'язаних ліпідів. Зафіксовані лише істотні зміни у співвідношенні між холестероловими фракціями.

Зокрема, з даних таблиць 25 і 26 видно, що у вовні тварин другої і третьої дослідних груп, тобто у групах овець, яким у складі основного раціону згодовували жирову добавку у вигляді фільтроперліту, зменшується вміст неетерифікованого холестеролу й збільшується кількість його етерифікованої фракції.

Натомість з цифрових даних таблиць 27 і 28 видно, що збільшення вмісту зв'язаних ліпідів у вовні вівцематок та ягнят відбувається в основному за рахунок глюкозилцерамідів і стеринової фракції.

Таблиця 27. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад зв'язаних внутрішніх ліпідів у вовні вівцематок, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):				
Гліколіпіди найвищої полярності	4,24±0,29	4,55±0,24	4,44±0,24	4,06±0,29
Неідентифіковано	4,17±0,15	4,07±0,29	3,90±0,27	3,77±0,29
Холестерол сульфат	13,63±0,83	12,50±0,74	12,88±1,22	12,04±0,72
Неідентифіковано	4,84±0,54	4,22±0,35	4,67±0,45	3,85±0,24
Глюкозилцераміди	15,59±0,62	14,54±0,75	17,61±0,58*	17,39±0,25*
Сульфоліпіди	22,28±0,45	24,63±0,71*	21,51±0,64	24,30±0,60*
Цераміди	35,27±0,76	35,48±0,29	34,99±1,15	34,57±0,94
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):				
Неетерифікований холестерол	24,06±0,66	25,86±0,82	23,64±0,30	22,02±0,80
НЕЖК	20,10±0,77	21,04±1,05	19,23±0,66	19,24±0,80
Стеринова фракція	16,39±0,53	16,97±0,57	19,26±0,42**	19,25±0,47**
Етерифікований холестерол	39,45±1,46	36,12±1,72	37,87±0,35	39,49±0,49
в т. ч. в етерифікованому холестеролі (система н-гептан-толуол (8:2) етери:				
— насичених кислот	27,90±1,25	25,71±0,96	25,40±1,32	26,15±0,81
— моноєнові	5,53±0,57	4,87±0,73	6,23±0,49	6,85±0,57
— ді-, три- і тетраєнові	3,91±0,37	3,48±0,49	3,78±0,50	4,17±0,26
— інші полієнові	2,11±0,18	2,06±0,16	2,46±0,25	2,32±0,10

Показано, що у вовні вівцематок і ягнят у складі вільних та зв'язаних ліпідів міститься найбільше керамідів, відповідно 46,5–49,8 % й 34,2–36,0 % і майже четверта частина припадає на сульфоліпиди. Щоправда у вовні ягнят вміст цих ліпідів дещо менший, у порівнянні з вівцематками, і не перевищує 20 %. До речі, такі вікові особливості притаманні і для фракції зв'язаних ліпідів.

У групах тварин, яким згодовували підвищені на 20 % рівні мінеральних елементів, найбільш суттєвих змін зазнають сульфурвмісні класи ліпідів, тобто сульфоліпиди та холестерол сульфат. Зокрема, у вовні вівцематок і ягнят першої та третьої дослідних груп вміст холестерол сульфату у вільних ліпідах вовни збільшується відповідно на 1,3 і 2,9 % та на 1,6 й 3,1 %, а сульфоліпідів у вівцематок відповідно — на 1,8 та 2,5 % (табл. 25, 26).

Нагадаємо, що холестерол сульфат є важливою детермінантою у формуванні монолітності волоса, тобто слугує міжклітинним «цементом» і представляє собою додатковий компонент з амфіпатичними властивостями, необхідний для побудови подвійного ліпідного шару.

Натомість у зв'язаних ліпідах вовни вівцематок першої та третьої дослідних груп, тобто у тварин, яким згодовували добавки мінеральних елементів, вірогідно збільшується лише вміст сульфоліпідів на 2,4 і 2,0 % відповідно.

Проте, основні зміни у складі зв'язаних внутрішніх ліпідів у вовні ягнят відбуваються з боку неідентифікованих нами класів (табл. 28). Причому, у вовні тварин першої та третьої дослідних груп вірогідно зменшується вміст усіх трьох неідентифікованих фракцій, а у другій групі — лише однієї.

Отже, згодовування вівцематкам у складі основного раціону фільтроперліту, збагаченого ліпідами, позитивно відобразилося на захисних властивостях вовнового жиру (воску), а також кількісному та якісному складі внутрішніх ліпідів вовни, причому як у вівцематок, так і народжених від них ягнят.

Таблиця 28. Вплив фільтроперліту та мінеральних елементів на ліпідний склад зв'язаних внутрішніх ліпідів у вовні ягнят, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):				
Гліколіпіди найвищої полярності	5,84±0,66	5,57±0,36	5,80±0,75	5,43±0,39
Неідентифіковано	4,48±0,09	3,42±0,16***	3,91±0,55	3,41±0,20*
Неідентифіковано	5,46±0,31	3,97±0,28**	4,31±0,51	3,63±0,20*
Холестерол сульфат	11,24±0,88	11,92±0,81	12,40±0,92	13,01±0,85
Неідентифіковано	6,83±0,21	4,68±0,35***	4,37±0,39***	4,45±0,24***
Глюкозилцераміди	13,61±1,07	15,12±1,00	16,24±0,97	16,02±0,88
Сульфоліпіди	17,81±0,86	19,32±0,61	18,75±0,47	18,92±0,46
Цераміди	34,74±1,65	35,99±1,12	34,21±2,35	35,12±0,89
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):				
Неетерифікований холестерол	30,48±0,69	29,92±1,23	29,82±0,55	30,00±0,71
НЕЖК	26,08±0,72	26,15±0,94	24,11±2,08	24,70±2,38
Стеринова фракція	18,37±0,74	19,26±0,72	21,22±0,80*	20,76±0,90
Етерифікований холестерол	25,07±0,71	24,67±1,73	24,86±2,16	24,53±1,90
в т. ч. в етерифікованому холестеролі (система н-гептан-толуол (8:2) етери:				
— насичених кислот	18,61±0,64	18,04±1,11	18,84±1,83	18,09±1,45
— моноєнові	2,72±0,16	2,73±0,23	2,48±0,23	2,67±0,18
— ді-, три- і тетраєнові	2,11±0,20	2,11±0,32	1,94±0,27	2,05±0,20
— інші полієнові	1,63±0,18	1,79±0,31	1,60±0,23	1,72±0,20

Метою наших наступних досліджень було з'ясування впливу сухих яблучних вичавок на кількісні та якісні показники жиропоту овець. У попередніх дослідженнях нами було встановлено, що сухі яблучні вичавки за поживністю суттєво не поступаються зерновим концентратам, проте, містять велику кількість біологічно активних речовин, зокрема каротиноїдів, фосфоліпідів і цілу низку мінеральних елементів, а особливо Кобальту та Йоду [42].

Для досліджень було сформовано чотири групи повновікових вівцематок, з яких одна контрольна і три дослідні. Тварини контрольної групи отримували основний раціон зрівняльного періоду. Тваринам першої дослідної групи до складу основного раціону було включено 50 г сухих яблучних вичавок (з розрахунку на голову/добу) замість еквівалентної за поживністю кількості зернових (ячменю) комбікорму (30 г за масою). Тварини другої дослідної групи у складі основного раціону отримували 100 г сухих яблучних вичавок, а тварини третьої дослідної групи — 150 г замість еквівалентної за поживністю кількості зернових комбікорму — відповідно 60 та 90 г.

У результаті проведених досліджень встановлено (табл. 29), що згодовування вівцематкам у складі основного раціону сухих яблучних вичавок, замість еквівалентної за поживністю кількості зернових концентратів, не впливало на загальну кількість жиропоту.

Таблиця 29. Вплив сухих яблучних вичавок на показники жиропоту у руні вівцематок ($M \pm m$, $n=4$)

Показник	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Кількість воску, %	13,10±0,66	12,83±0,79	13,06±0,22	13,17±0,45
Кількість поту, %	14,50±0,27	14,47±0,99	14,34±0,71	14,37±0,51
pH поту	8,41±0,20	8,36±0,17	8,35±0,15	8,49±0,11
Співвідношення віск:піт	1:1,11	1:1,13	1:1,11	1:1,10

Значення рН поту у руні вівцематок також залишалось практично однаковим у тварин усіх дослідних груп. Натомість, деякі зміни відмічено у якісному складі вовнового жиру, тобто воску. Так, з даних, наведених у таблиці 30 видно, що у воску вівцематок другої і третьої дослідної групи вірогідно зменшується кількість ланостеролу. Нагадаємо, що тварини другої дослідної групи отримували 100, а третьої — 150 г сухих яблучних вичавок на голову на добу. Також привертає увагу те, що у вовновому жирі вівцематок третьої дослідної групи зменшується кількість полярних ліпідів.

Таблиця 30. Вплив сухих яблучних вичавок на ліпідний склад воску жиропоту вівцематок, % (M±m, n=4)

Ліпіди	Група тварин			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Полярні ліпіди	17,74±0,22	17,19±0,41	17,18±0,45	15,89±1,18
Неетерифікований холестерол	13,99±0,96	15,23±0,42	14,32±0,64	16,59±0,75
Ланостерол	11,12±0,75	11,26±0,16	8,09±0,67*	8,12±0,44*
НЕЖК	6,85±0,50	5,58±0,44	6,19±0,73	6,39±0,54
Дегідрохолестерол	8,66±0,90	9,89±0,41	7,85±0,30	8,54±0,61
Сквален	6,28±0,47	5,71±0,71	7,76±0,29	7,55±1,61
Етерифікований холестерол	35,37±1,53	35,14±0,52	38,62±0,92	36,93±2,83
в тому числі етери:				
— насичених кислот	13,45±0,76	13,34±0,38	14,87±0,56	13,94±0,98
— моноєнові	10,88±0,45	10,39±0,52	11,18±0,35	11,18±0,61
— дієнові	5,38±0,12	5,55±0,38	6,17±0,40	6,16±0,55
— триєнові	1,60±0,12	1,71±0,14	1,90±0,11	1,64±0,22
— тетраєнові	1,75±0,13	1,78±0,16	2,00±0,12	1,74±0,28
— інші полієнові	2,31±0,23	2,37±0,14	2,50±0,17	2,27±0,29

Щодо вмісту холестеролу, неестерифікованих жирних кислот, дегідрохолестеролу і сквалену, то їх кількість у воску тварин усіх груп була практично однаковою. Отже, згодовування вівцематкам у складі основного раціону сухих яблучних вичавок суттєво не впливає на кількісні показники жиropoty, однак, призводить до позитивних змін у ліпідному складі воску.

За останні роки досить успішно ведеться пошук шляхів ефективного використання відходів переробки ріпаку в годівлі сільськогосподарських тварин [43–46]. Щоправда, цього не скажеш відносно овець, хоч можна сподіватись, що саме організм цього виду тварин повинен би використовувати ці корми найінтенсивніше. Таке припущення ґрунтується на декількох аргументах. По-перше, в овець найвищий поріг чутливості до незвичних інгредієнтів корму, а по-друге — високий вміст Сульфуру в ріпакових кормах є дуже важливим чинником з огляду на значення цього елемента для процесів вовноутворення [47–51]. Адже відомо, що овеча вовна відзначається особливо високим вмістом Сульфуру. А ще ріпакові корми, порівняно навіть із соєвими, краще забезпечені доступними формами й інших елементів, зокрема, Кальцію, Феруму, Мангану, Фосфору, Магнію і Селену, що також є важливим для процесів вовноутворення.

У даний час широке застосування ріпакових кормів є все більш реальним заходом, що пов'язано з досягненнями селекціонерів зі створення нових безерукових, так званих канолових сортів ріпаку, які містять допустиму кількість шкідливих речовин — глюкозинолатів [52, 53].

Метою наступної серії досліджень було вивчення впливу добавок до раціону овець ріпакової макухи як джерела підвищеного вмісту незамінних амінокислот, у тому числі сульфурвмісних, і довголанцюгових жирних кислот, а також різних кількостей Сульфуру, Селену, Йоду та Сіліцію на вміст і склад ліпідів вовни.

Дослідження проводили на баранчиках асканійського багатоплідного типу каракулю. Тварини контрольної групи отримували основний раціон зрівняльного періоду, а тваринам двох дослідних груп до основного раціону

вводили 25 % ріпакової макухи (замість еквівалентної кількості за енергетичною поживністю ячменю), збагаченої підвищеними кількостями відносно існуючих норм на 25 % (перша дослідна група) і 50 % (друга дослідна група) Сульфуру (сірка елементарна), Селену (селеніт натрію), Йоду (йодистий калій) та Сіліцію (метасилікат натрію).

Отримані дані засвідчили, що згодовування вівцям у складі основного раціону ріпакової макухи і різних доз макро- та мікроелементів певним чином відображається на ліпідному складі вовни. Загалом показано, що виявлені зміни загальних ліпідів та їх окремих фракцій у структурі волокон під впливом вищезгаданих чинників пов'язані як з ріпаковою макухою, зокрема, з її ліпідною частиною, так і з окремими мінеральними речовинами, які додатково були введені до раціону. Так із даних рисунку 18, насамперед, видно, що у волокнах, які виростили за період досліджень у тварин дослідних груп, є вірогідно більший вміст загальних вільних внутрішніх ліпідів.

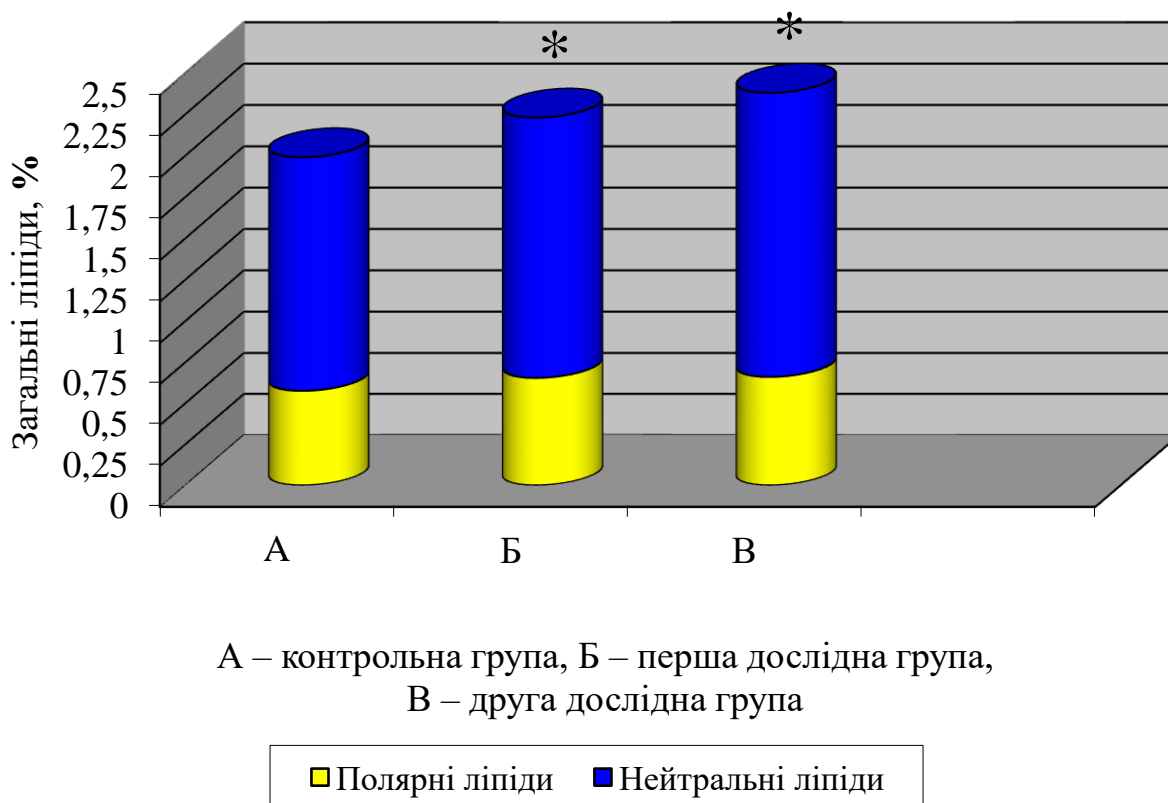


Рис. 18. Загальний вміст вільних внутрішніх ліпідів у вовні каракульських овець

У тварин першої дослідної групи кількість загальних ліпідів у вовні збільшилась на 0,3 %, в порівнянні з контрольною групою, а у другій дослідній групі ці показники були ще вищими — на 0,4 %.

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільш характерні зміни серед вільних внутрішніх ліпідів, розділених у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1), пов'язані, насамперед, зі стериновими компонентами. З даних таблиці 31 видно, що у ліпідах, виділених з волокон овець, яким згодовували ріпакову макуху та мінеральні речовини, зменшився вміст неетерифікованого холестеролу, а натомість зросла його етерифікована фракція та ще одна стеринова фракція, яка до кінця ще неідентифікована.

Виявлені зміни, на нашу думку, пов'язані, насамперед, зі збільшенням в раціоні тварин дослідних груп ліпідів, якими багата макуха, особливо з її жирнокислотним складом, оскільки загальна кількість холестеролу у ліпідах волокон є практично однаковою в усіх дослідних групах тварин. Однак важливо, що концентрація неетерифікованих жирних кислот при цьому не збільшується, а навпаки, має чітку динаміку до зменшення. Останнє, на нашу думку, може мати позитивне значення, оскільки збільшення концентрації неетерифікованих жирних кислот може призводити до інтенсифікації різних процесів, в тому числі вільнорадикального окиснення ліпідів.

Аналіз цифрових даних стосовно окремих фракцій вільних внутрішніх ліпідів, розділених у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4) показав, що найбільш суттєві зміни зафіксовані з боку холестерол сульфату та фракції, яка є домінуючою серед цих класів ліпідів, тобто церамідів. Кількість останніх у кератині вовни дослідних тварин є вірогідно меншою, а концентрація холестерол сульфату, навпаки — вищою. Нам поки що важко пояснити факт зменшення вмісту церамідів під впливом застосованих нами чинників, а от збільшення холестерол сульфату пов'язане саме з мінеральними компонентами раціону, зокрема Сульфуром та, очевидно, і з ріпаковою макухою, яка також багата на сульфурвмісні амінокислоти.

Таблиця 31. Вміст та склад вільних внутрішніх ліпідів у вовни каракульських овець, % (M±m, n=5)

Ліпіди	Група тварин		
	Контрольна	I дослідна	II дослідна
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1)			
Неетерифікований холестерол	71,26±1,11	66,95±0,57**	67,38±0,85*
НЕЖК	12,10±1,51	9,79±0,66	10,14±0,20
Стеринова фракція	10,24±0,61	14,75±0,47***	12,41±1,24
Етерифікований холестерол	6,40±0,59	8,51±1,36	10,07±1,03*
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4)			
Гліколіпіди найвищої полярності	4,56±0,18	4,39±0,14	4,28±0,09
Неідентифіковано	1,29±0,06	1,19±0,04	1,22±0,06
Неідентифіковано	1,60±0,06	1,53±0,05	1,47±0,06
Холестерол сульфат	8,67±0,06	11,12±0,08***	10,72±0,24***
Неідентифіковано	2,82±0,06	2,56±0,05**	2,65±0,11
Глюкозилцераміди	10,80±0,24	10,04±0,24	11,19±0,34
Сульфоліпіди	19,33±0,51	19,96±0,32	20,07±0,14
Цераміди	50,93±0,41	49,20±0,44*	48,38±0,54**

Правдоподібність такого припущення підтверджується й тим, що ще одна фракція полярних ліпідів, яка у своїй структурі містить Сульфур (сульфоліпіди), також проявляла тенденцію до збільшення.

Дослідження жирнокислотного складу кератину вовни каракульських баранчиків засвідчили, що добавки до їх раціонів ріпакової макухи та підвищених рівнів Сульфуру, Сіліцію, Селену і Йоду певним чином відобразились на жирнокислотному складі ліпідів вовни, яка виросла за період експерименту (табл. 32).

Таблиця 32. Жирнокислотний склад вільних внутрішніх ліпідів вовни каракульських овець, % (M±m, n=3)

Жирині кислоти	Код кислоти	Група тварин		
		Контрольна	I дослідна	II дослідна
Міристинова	14:0	0,79±0,05	0,90±0,13	0,91±0,12
Пентадеканова	15:0	0,69±0,06	0,83±0,25	0,95±0,19
Пальмітинова	16:0	23,48±2,59	24,65±1,17	23,28±1,50
Пальмітоолеїнова	16:1	2,07±0,19	2,49±0,68	2,22±0,36
17-Метилгексоздеканова	17:0 ізо	1,83±0,06	2,47±0,53	2,30±0,34
Гептадеканова	17:0	1,42±0,16	2,09±0,57	2,18±0,36
Стеаринова	18:0	31,13±1,48	28,39±0,66*	26,43±1,59*
Олеїнова	18:1	21,80±0,85	20,80±3,03	23,98±1,40
18-Метилоктадеканова	19:0 ізо	5,00±0,54	4,28±0,75	5,19±0,94
Нонадеканова	19:0	3,36±1,79	2,39±0,21	2,57±0,51
19-Метилнонадеканова	20:0 ізо	1,19±0,25	1,69±0,36	1,21±0,50
Арахінова	20:0	0,96±0,27	1,12±0,14	1,14±0,25
Ейкозаснова	20:1	0,27±0,12	0,20±0,06	0,46±0,18
Неідентифікована-1	–	0,14±0,03	0,15±0,03	0,19±0,04
18-Метилейкозанова	21:0 антеізо	1,58±0,08	1,76±0,09	1,79±0,33
Неідентифікована-2	–	0,56±0,11	0,57±0,05	0,72±0,11
Неідентифікована-3	–	0,29±0,10	0,21±0,07	0,29±0,02
Неідентифікована-4	–	0,41±0,10	1,24±0,25	0,36±0,10
Неідентифікована-5	–	3,02±0,63	3,78±1,55	3,84±0,28
Σ насичених		71,44	70,56	67,94
Σ ненасичених		24,14	23,49	26,66
Σ неідентифікованих		4,42	5,95	5,40

Зокрема, з даних таблиці 32 видно, що найбільш істотні зміни у жирнокислотному складі ліпідів кератину вовни спостерігались з боку стеаринової кислоти, кількість якої у тварин першої дослідної групи

зменшилась на 2,7 %, а у овець другої дослідної групи, в раціоні яких кількість застосованих макро- та мікроелементів була на 25 % більшою, порівняно з тваринами першої дослідної групи і на 50 %, порівняно з контрольною групою, кількість цієї кислоти зменшилась на 4,7 %.

Вірогідне зменшення у складі вільних внутрішніх ліпідів вовни каракульських овець кількості стеаринової кислоти істотно позначилось на показниках загального вмісту насичених жирних кислот. Сума насичених кислот у вовні цієї групи тварин була на 3,5 % меншою, порівняно з контролем.

Отже, у результаті проведених досліджень встановлено, що включення до основного раціону каракульських овець ріпакової макухи, збагаченої підвищеним рівнем Сульфуру, Селену, Йоду та Сіліцію позитивно позначається на ліпідному і жирнокислотному складі вільних внутрішніх ліпідів вовни.

5.3 Породні особливості жиропоту руна та внутрішніх ліпідів вовни

Жиропіт захищає вовняні волокна від дії негативних чинників оточуючого середовища. Власне цю функцію виконує тільки віск — секрет сальних залоз. Натомість піт, навпаки, негативно впливає на якісні показники вовни. Відомо, що високолузний піт здатний гідролізувати протеїн кератину і тим самим послаблювати його структурну організацію. Зміни кількісних та якісних параметрів жиропоту відбуваються за певних умов. Насамперед, це стосується об'ємного співвідношення його основних компонентів — воску до поту. Чим вища концентрація поту, тим інтенсивніше проходить деградація самого воску, особливо за умов високої лужності поту [54–58].

Отже, дослідження кількісних і якісних показників жиропоту, тобто його захисних властивостей, має наукове та практичне значення. У зв'язку з цим нами проведено дослідження нативного воску та жиропоту, який перебуваючи певний час на тілі вівці зазнає дії різних негативних чинників навколишнього середовища, причому, такі експерименти проведені на вівцях різних порід, тобто з різним характером вовнового покриву (тонкорунні, грубововнові).

Дослідження породних особливостей жиропоту та якісного і кількісного складу внутрішніх ліпідів проведено на повновікових вівцематках асканійської тонкорунної та української гірськокарпатської породах, а також породі прекоc і їх помісях різної кровності — $\frac{1}{2}$ прекоc x $\frac{1}{2}$ суффолк, $\frac{3}{4}$ прекоc x $\frac{1}{4}$ суффолк.

У результаті проведених досліджень встановлено (табл. 33), що у жиропоті вівцематок асканійської тонкорунної породи міститься 18,4 % воску, у прекоcів — 12,9 %, а в УГКП — 8,2 %. Натомість у жиротопі вівцематок УГКП є найвища частка поту — 20,6 %, у овець тонкорунних порід його кількість значно менша і становить — 15,5 % у асканійської породи та 12,8 % — у прекоcів. Нагадаємо, що важливим показником для оцінки захисних властивостей жиропоту є співвідношення воску до поту. Кращими захисними властивостями володіє жиропіт, у якому на одну одиницю воску припадає менше однієї одиниці поту [59–61].

Таким чином, з огляду на це кращими захисними властивостями володіє жиропіт асканійських тонкорунних вівцематок, у яких це співвідношення становить 1:0,84, а у тварин породи прекоc і УГКП відповідно 1:0,99 та 1:2,52.

Таблиця 33. Кількісні показники жиропоту вовни вівцематок різних порід (M±m, n=3–4)

Ліпіди	Порода		
	асканійська тонкорунна	прекоc	УГКП
Кількість воску, %	18,41±0,76	12,90±1,00**	8,18±0,37***
Кількість поту, %	15,52±0,47	12,79±0,52*	20,62±1,80*
pH поту	7,80±0,11	8,68±0,22*	9,58±0,13***
Співвідношення віск:піт	1:0,84	1:0,99	1:2,52

Подібні відмінності спостерігались і з боку такого показника, як рН поту. Так, найнижчі показники рН поту були у вівцематок асканійської тонкорунної породи — 7,8, дещо вища лужність поту спостерігалась у вівцематок породи прекос — 8,7, а найвища (9,6) — в УГКП.

У результаті проведених досліджень встановлено також характерні породні особливості ліпідного складу воску та його захисних властивостей.

Відомо, що захисні властивості воску зумовлені його специфічним складом ліпідів та оптимальним співвідношенням їх окремих класів [62–64]. За умов наших досліджень (табл. 34) не виявлено суттєвих породних особливостей стосовно вмісту у воску полярних ліпідів та фракції неетерифікованого холестеролу, але такі особливості спостерігаються з боку інших класів ліпідів, зокрема, неетерифікованих жирних кислот та дегідрохолестеролу — чим грубша вовна, тим вищий вміст цих компонентів у воску.

**Таблиця 34. Ліпідний склад воску жиропоту вівцематок різних порід,
% (M±m, n=3–4)**

Показник	Порода		
	асканійська тонкорунна	прекос	УГКП
Полярні ліпіди	21,04±1,06	19,47±0,34	21,84±0,96
Неетерифікований холестерол	11,86±0,52	11,01±0,27	10,91±0,45
Ланостерол	6,35±0,41	8,92±0,58*	8,76±0,62*
НЕЖК	3,64±0,51	5,37±0,13*	6,10±0,34*
Дегідрохолестерол	8,92±0,51	9,21±0,26	12,64±0,64**
Сквален	6,32±0,21	4,84±0,67	5,16±0,27*
Етерифікований холестерол	41,88±1,21	41,17±0,75	34,58±0,57**

Окрім того, певні породні особливості зафіксовані і з боку ланостеролу та етерифікованого холестеролу. Так, вміст останнього у тонкорунних порід виявився майже однаковим й перебував у межах 41 %, натомість у УГКП його кількість була значно нижчою, і складала 34,6 %. У зв'язку з цим нагадаємо, що кращими захисними властивостями володіє віск з високим вмістом фракції етерифікованого холестеролу і низьким вмістом полярних ліпідів та неетерифікованих жирних кислот. Щодо ланостеролу, то у асканійських тонкорунних вівцематок його кількість становила 6,4 %, а у породи прекос та УГКП була вірогідно вищою і перевищувала 8 %.

За добу вівцематки породи прекос продукують 3,3 мг воску на 1 см² шкіри, а у їх помісей із суффолками цей показник був дещо меншим, і становив у помісей першого покоління — 3,0 мг, а у тварин другого покоління — 2,9 мг на 1 см² шкіри (рис. 19).

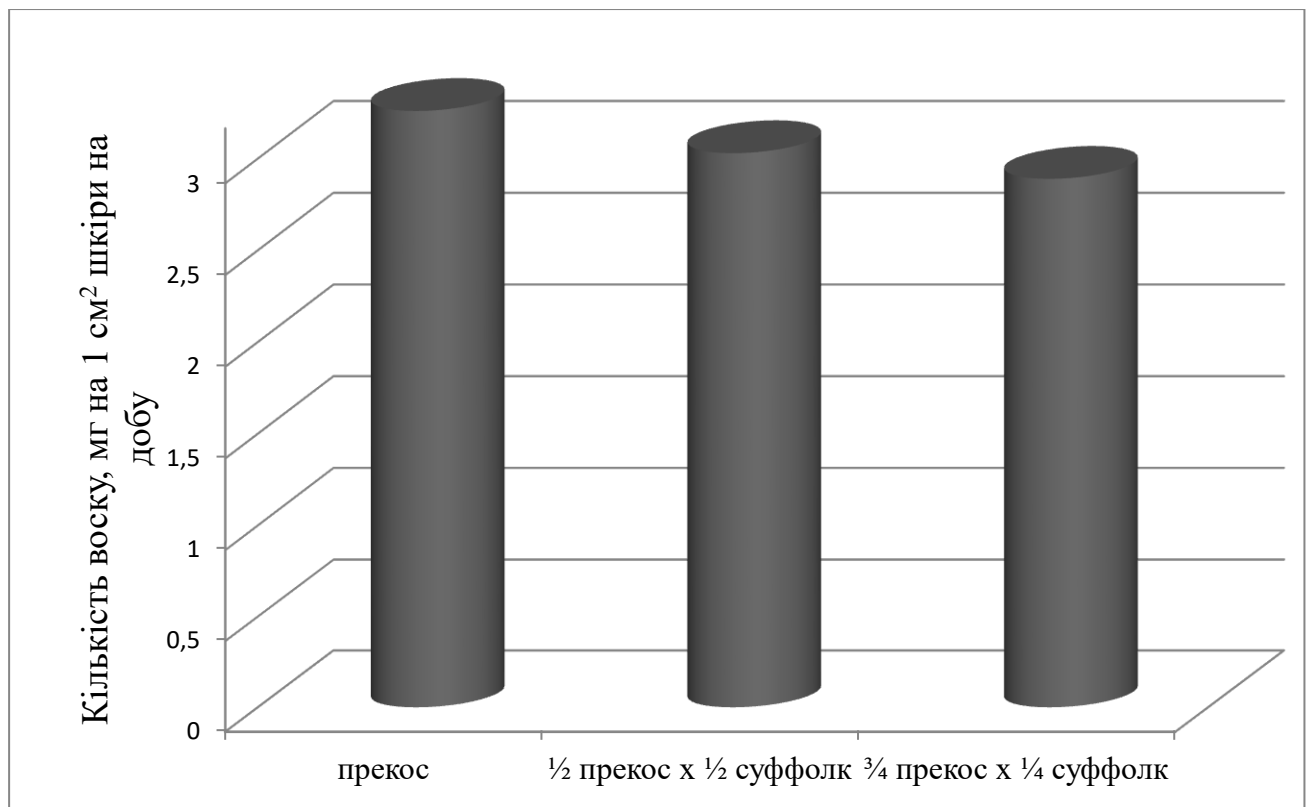


Рис. 19. Добова секреція воску у вівцематок породи прекос та їх помісей із суффолками

Процес схрещування вівцематок породи прекос з баранами породи суффолк досить помітно вплинув на кількісні та якісні параметри жиропоту в їх нащадків. Так, найбільша кількість воску містилась у жиропоті вівцематок породи прекос і дещо менше — у помісей різної кровності прекос х суффолк (табл. 35).

Таблиця 35. Кількісні показники жиропоту вовни вівцематок породи прекос та їх помісей ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Порода і породність		
	прекос	½ прекос х ½ суффолк	¾ прекос х ¼ суффолк
Кількість воску, %	12,75±0,98	10,80±0,82	9,72±0,52
Кількість поту, %	12,74±1,15	13,98±0,92	11,84±0,60
pH поту	8,83±0,16	9,05±0,13	8,97±0,13
Співвідношення віск:піт	1:1	1:1,29	1:1,22

Аналогічний вектор змін притаманний і для другої частини жиропоту, тобто поту, з тією лише різницею, що найбільша кількість поту й найвищі показники його лужності були у руні помісей першого покоління. У результаті цього такий інтегральний показник як співвідношення «віск:піт» у тварин цього генотипу є найгіршим, тобто на одну частку воску припадає 1,29 частки поту. У помісей другого покоління цей показник складає 1,22, а в чистокровних тварин — 1,0.

Отже, отримані дані вказують на те, що із збільшенням частки кровності овець породи суффолк кількісні показники жиропоту наближаються до меж, встановлених для цієї породи.

Дослідження внутрішніх ліпідів вовни показали (рис. 20), що різні категорії вовняних волокон містять різну кількість загальних ліпідів. Зокрема, найменша кількість вільних внутрішніх ліпідів міститься у тонкому пуху гірськокарпатських вівцематок — 0,75 % і тонкій вовні вівцематок породи

прекос — 0,71 % та асканійських тонкорунних вівцематок — 0,83 %, а найбільше у напівгрубій вовні гірськокарпатської породи — 1,39 %.

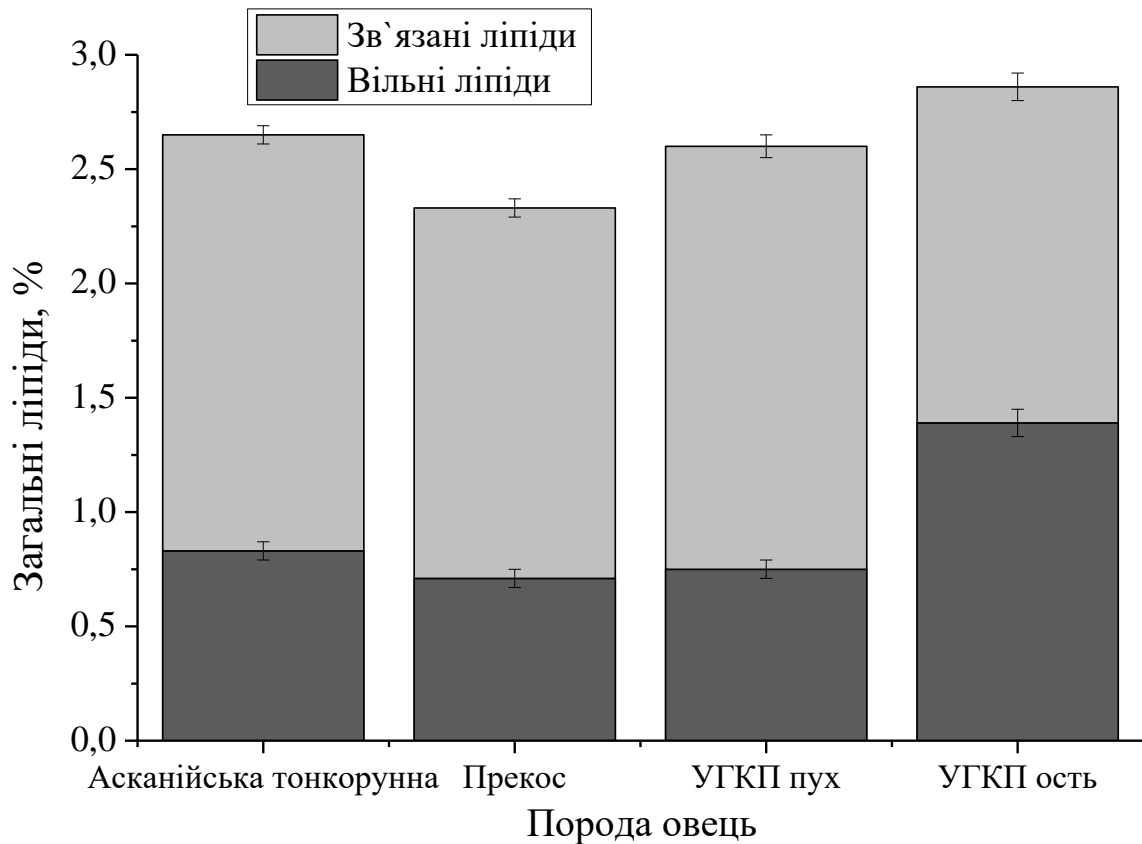


Рис. 20. Вміст внутрішніх ліпідів у вовні різних порід овець

Стосовно зв'язаних ліпідів, то тут, навпаки, найбільша кількість ліпідів виявлена у тонкому пуху (1,85 %), а найменша — у напівгрубій ості (1,47 %). Якщо підсумувати загальну кількість вільних і зв'язаних загальних ліпідів, то їх кількість у різних категоріях волокон є майже однаковою. Зокрема, пух містить 2,6 %, а вовна асканійських тонкорунних овець, породи прекоп і ость УГКП відповідно — 2,7, 2,3 та 2,9 %.

Такий розподіл загальних ліпідів пов'язаний із структурною будовою волокна. Зокрема, з цифрових даних таблиці 36 видно, що макроструктура вовни різних порід овець є різною, що залежить, в основному, від тонини волокон.

Таблиця 36. Макроструктура вовни овець різних порід, % (M±m, n=4)

Кератоза	Порода			
	асканійська тонкорунна	прекос	УГКП	
			пух	ость
Альфа	61,18±2,84	59,83±1,95	61,37±3,30	58,23±1,60
Бета	12,95±0,47	11,47±0,61	10,23±0,52**	15,10±0,64* ⁺⁺
Гамма	25,87±2,64	28,70±2,28	28,40±2,98	26,67±1,25

Примітка: тут і надалі статистично вірогідні різниці:

між різними породами: *– $p < 0,05$; **– $p < 0,01$; ***– $p < 0,001$;

між пуховими та остьовими волокнами УГКП: ⁺– $p < 0,05$; ⁺⁺– $p < 0,01$; ⁺⁺⁺– $p < 0,001$

Як уже згадувалось, при фракціонуванні окисненої вовни з неї виділяється три основні фракції, відомі як α , β і γ -кератози. Альфа кератоза складає 50–60 % маси волокна і характеризується низьким вмістом Сульфуру (близько 2 %), вона відповідає протеїну макро- та мікрофібрил клітин коркового шару.

Бета кератоза — це мембрани веретеноподібних клітин і клітинних ядер, а також найбільш стійкі фібрили коркового шару. До цієї фракції відноситься також оболонка волокна, тобто його кутикула. На частку цієї фракції припадає усього 10–15 % маси волокна.

Гамма кератоза — міжволоконна субстанція або цементуюча речовина, тобто матрикс волокна. Вона становить приблизно 30 % маси вихідної вовни й характеризується як протеїн з великим вмістом Сульфуру (в середньому 6 %) [65].

Найменшим вмістом β -кератози характеризуються пухові волокна гірськокарпатських вівцематок (10,2 %). У тонкій вовні асканійської тонкорунної та породи прекос приблизно однакова кількість протеїнів цієї фракції, відповідно 12,9 і 11,5 %. А найбільша її кількість міститься в остьових волокнах УГКП — 15,1 %.

Як уже згадувалось вище, вільні ліпіди локалізовані в основному в кутикулі, яка у кількісному відношенні становить не більше 15 %. Не

виключено, що частково ці ліпіди походять із поверхневого воску, але в більшій мірі, які втратили зв'язок із протеїнами волокна ще у процесах його кератинізації або інших чинників.

Отже, можна припустити, що між вмістом структурних ліпідів вовни і β -кератозою існує позитивна кореляція. Однак, це більшою мірою відноситься до вільної фракції ліпідів. У той же час найбільша кількість зв'язаних ліпідів міститься у пухових волокнах (1,9 %), які характеризуються найвищим рівнем α -кератози (61,4 %) і найнижчим — β -кератози (10,2 %).

Таким чином, різне співвідношення вільних і зв'язаних ліпідів у пуху, тонкій і напівгрубій вовні можна пояснити особливостями структурної організації цих волокон.

Аналізуючи дані якісного складу ліпідів зауважено (табл. 37), що у остьових волокнах гірськокарпатських овець найбільша кількість вільних ліпідів припадає на фракції неетерифікованого холестеролу (64,9 % проти 56,5 % у пуху, 57,7 % у вовні асканійських тонкорунних вівцематок та 63,3 % — у вівцематок породи прекос). Усі інші фракції, а особливо фракція етерифікованого холестеролу, знаходяться у меншій кількості, а найменша кількість цієї фракції є у вовні овець породи прекос. Натомість, у вовні цих тварин міститься найбільша кількість неетерифікованих жирних кислот.

При цьому слід відзначити, що нами не встановлено суттєвих відмінностей у складі ліпідів, які розділяються в полярній системі хлороформ-метанол-вода, за виключенням вірогідно більшого вмісту сульфоліпідів і меншого вмісту гліколіпідів найвищої полярності у вовні вівцематок породи прекос.

**Таблиця 37. Склад вільних внутрішніх ліпідів вовни овець різних порід, %
(M±m, n=3–5)**

Ліпіди	Порода			
	асканійська тонкорунна	прекос	УГКП	
			пух	ость
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1)				
Неетерифікований холестерол	57,66±1,37	63,28±0,42*	56,54±2,63	64,92±0,79*** ⁺
НЕЖК	10,35±0,53	14,58±0,76**	10,41±0,83	9,60±0,36
Стеринова фракція	12,51±0,97	13,21±0,70	12,54±0,74	9,25±0,49* ⁺
Етерифікований холестерол	19,49±0,90	8,93±0,36***	20,51±1,10	16,25±0,72* ⁺
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4)				
Гліколіпіди найвищої полярності	6,17±0,15	3,92±0,20***	5,95±0,30	5,83±0,30
Холестерол сульфат	10,55±0,34	9,97±0,40	10,62±0,42	10,26±0,27
Глюкозилцераміди	13,79±0,38	14,03±0,59	12,77±0,50	15,32±0,66 ⁺
Сульфоліпіди	20,52±0,30	23,03±0,90*	20,84±0,27	20,43±0,89
Цераміди	48,98±0,43	49,05±0,88	49,83±0,47	48,16±0,53

За умов наших досліджень встановлено, що більш суттєві зміни окремих ліпідних компонентів спостерігаються з боку фракції зв'язаних ліпідів. Зокрема, з даних таблиці 38 видно, що відсоткове співвідношення окремих класів ліпідів, виділених з різних категорій волокон, відрізняється. Але при цьому дуже важко визначити за рахунок яких власне класів ліпідів збільшується чи зменшується вміст загальних ліпідів.

**Таблиця 38. Склад зв'язаних внутрішніх ліпідів вовни овець різних порід,
% (M±m, n=3–5)**

Ліпіди	Порода			
	асканійська тонкорунна	прекос	УГКП	
			пух	ость
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):				
Неетерифікований холестерол	26,47±0,95	24,06±0,66	25,49±1,01	29,10±0,96 ⁺
НЕЖК	16,51±1,00	20,10±0,77*	16,61±0,38	22,50±0,60**+++
Стеринова фракція	16,58±0,62	16,39±0,53	16,58±0,58	16,49±0,83
Етерифікований холестерол	40,43±1,27	39,45±1,46	41,33±0,82	31,91±0,86**+++
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):				
Гліколіпіди найвищої полярності	5,20±0,24	4,24±0,29	5,20±0,47	5,44±0,52
Неідентифіковано	3,01±0,21	4,17±0,15	2,89±0,21	4,76±0,30**+++
Холестерол сульфат	12,78±1,03	13,63±0,83	12,80±0,33	13,04±0,48
Неідентифіковано	3,59±0,23	4,84±0,54	3,66±0,23	3,51±0,17
Глюкозилцераміди	15,88±0,99	15,59±0,62	16,48±0,28	12,80±0,33*+++
Сульфоліпіди	21,92±1,01	22,28±0,45	21,43±0,51	21,07±0,26
Цераміди	37,63±0,63	35,27±0,76*	37,54±0,36	39,39±0,67

Так, найбільша кількість загальних зв'язаних ліпідів зафіксована у пуху, а їх відсоткове співвідношення мало чим відрізняється від тонкої мериносової вовни. У той же час, у напівгрубій вовні ці різниці більш суттєві. Так, у складі цих ліпідів переважають фракції неетерифікованого холестеролу, НЕЖК, а також неідентифікованої нами фракції полярних ліпідів, на фоні зменшення фракції етерифікованого холестеролу і фракції глюкозилцерамідів. Тобто,

вказані особливості співвідношення окремих класів зв'язаних ліпідів практично аналогічні.

Дослідження вільних внутрішніх ліпідів вовни вівцематок породи прекоос та їх помісей із суффолками показали, що хоча за умов наших експериментів не встановлено суттєвих різниць за вмістом загальних ліпідів, однак, відмічено зміни у їх складі. Зокрема, у помісних вівцематок виявлено вірогідне збільшення гліколіпідів найвищої полярності та холестерол сульфату. Це збільшення відбувається в основному за рахунок фракцій церамідів та глюкозилцерамідів (табл. 39).

Таблиця 39. Вміст і склад вільних внутрішніх ліпідів вовни вівцематок породи прекоос та їх помісей із суффолками, % (M±m, n=3)

Ліпіди	Порода і породність		
	прекоос	½ прекоос х ½ суффолк	¾ прекоос х ¼ суффолк
Загальна кількість	1,02±0,05	1,02±0,08	1,05±0,02
З них: ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):			
Неетерифікований холестерол	62,28±0,79	63,14±2,91	61,69±1,01
НЕЖК	13,59±0,37	13,59±0,59	14,17±0,16
Стеринова фракція	14,67±0,98	13,14±1,52	14,17±0,46
Етерифікований холестерол	9,46±1,09	10,13±0,88	9,97±0,42
ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):			
Гліколіпіди найвищої полярності	3,63±0,31	5,31±0,42*	4,85±0,28*
Холестерол сульфат	8,00±0,47	10,68±0,19**	10,68±0,38*
Глюкозилцераміди	14,32±0,70	13,38±0,44	13,69±1,31
Сульфоліпіди	24,99±1,34	24,02±1,37	23,28±0,73
Цераміди	49,07±1,86	46,60±1,26	47,50±0,36

Результати досліджень фізичних властивостей вовни певною мірою віддзеркалюють особливості структури та ліпідного складу волокон різних порід овець. Так з рисунку 21 видно, що остьові волокна УГКП, характеризуються найвищими показниками міцності (9,1 сН/текс) та тинини (48,8 мкм), і це закономірно, з огляду на те, що в ості є найбільший вміст бета-кератоци, тобто кутикули, й саме ці волокна переважають у складі внутрішніх ліпідів.

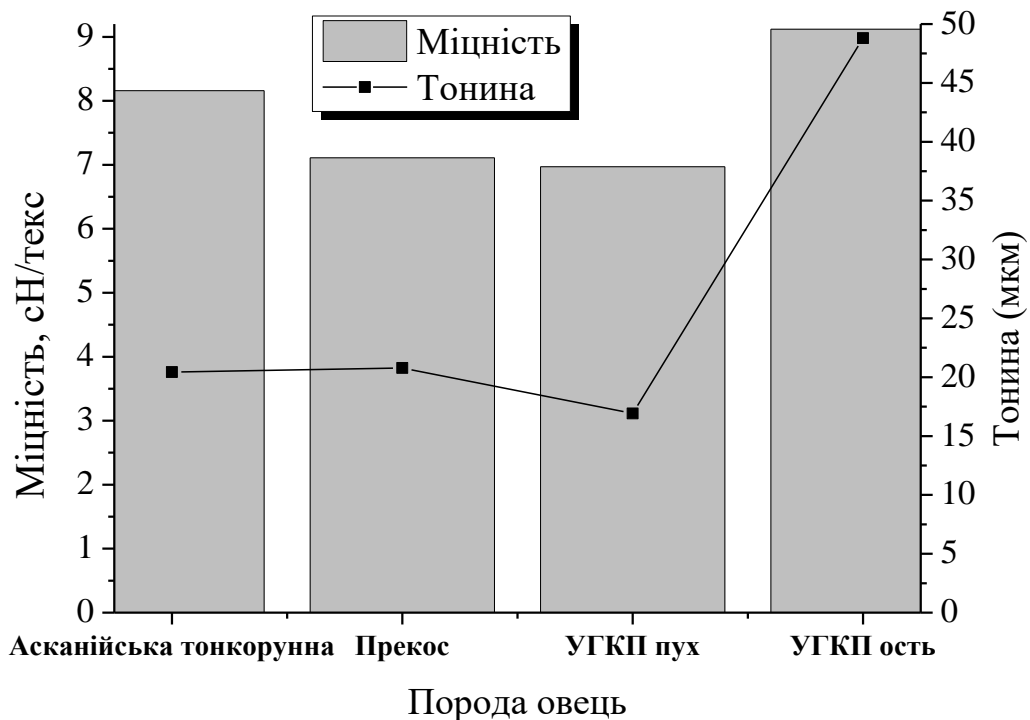


Рис. 21. Фізичні показники вовни овець різних порід

Натомість найтоншими є пухові волокна (16,9 мкм) і вони ж характеризуються найнижчою міцністю (7,0 сН/текс), причому як було показано вище, саме ці волокна містять найменшу кількість бета-кератоци. Вовна овець асканійської тонкорунної породи та породи прекос займає проміжне значення як за показниками тинини (20,4 та 20,8 мкм), так і міцності (8,2 і 7,1 сН/текс) [66].

Таким чином, між вмістом фракції вільних ліпідів та діаметром волокна існує пряма залежність ($r=0,996, 0,887, 0,746$ відповідно для пуху, тонкої та

напівгрубої вовни), а між вмістом зв'язаних ліпідів — обернена ($r = -0,993, -0,995, -0,694$) [67].

Отже, отримані дані чітко вказують на зв'язок ліпідного складу вовни, різних порід овець, з її структурною організацією та фізичними властивостями.

5.4. Вплив сезонних та вікових чинників на захисні властивості жиропоту та внутрішні ліпіди вовни

Питання про склад жиропоту та формування його захисних властивостей в овець різних порід до кінця не вивчено. Основна кількість робіт цього напрямку присвячена, насамперед, вивченню гістоструктури сальних і потових залоз, а також характеристиці фізико-хімічних констант жиропоту [68–70].

Відносно кількісних величин жиропоту, то безсумніву, це пов'язано з особливостями самої гістоструктури шкірного покриву, зокрема, його залозистого апарату. Як вже згадувалось, первинні волосяні фолікули супроводжують сальні і потові залози. Для вторинних фолікулів властиві тільки сальні залози [71]. Таким чином, залежно від співвідношення між фолікулами (їх густоти), а також будови залоз в овець різних порід кількість жиропоту і його об'ємне співвідношення природно буде різним.

У той же час, кількість і якість воску є дуже мінливими показниками, що залежить від багатьох чинників, зокрема породних та індивідуальних особливостей тварин, характеру годівлі і умов їх утримання, сезонних та кліматичних умов й цілої низки інших чинників. Потрібно зауважити, що незважаючи на значну кількість літератури з цих питань, окремі з них з'ясовані ще дуже слабо. Тому й не дивно, що на даний час немає єдиного критерію оцінки якості жиропоту, тобто параметрів його захисних властивостей.

На кількісні та якісні параметри жиропоту впливають сезонні чинники [72–74]. Встановлено, що вовновий віск, отриманий з літньо-осінньої вовни, порівняно з зимовою, характеризується кращим комплексом фізико-хімічних властивостей, що, очевидно, пояснюється сезонним характером діяльності

сальних залоз [75]. До речі, активність сальних і потових залоз у різні періоди життя вівці змінюється, що пояснюється впливом багатьох чинників: породних й вікових особливостей, сезону року, а також характеру годівлі [76, 77]. Зокрема, виявлено, що у вовні одно- й дворічних баранчиків міститься більше жиропоту, ніж у вовні вівцематок, ярок і переярок. Зафіксовано [78], що із збільшенням віку ярок кількість воску і поту зростає. У поті збільшується вміст оксиду Калію і рН. Одночасно з цим зменшується вихід вовни та її міцність. До речі, автор вказує, що за цими показниками можна прогнозувати продуктивні якості овець вже в 4-х місячному віці, оскільки вони спадково детерміновані.

Сезонні особливості якісного та кількісного складу жиропоту вивчали на вівцематках породи прекос та української гірськокарпатської породи. Вівцематки УГКП додатково були розділені на три групи. До першої групи входили тварини з білою вовною, до другої — з сірою, а до третьої — з чорною. Дослідження тривали упродовж календарного року. Зразки жиропоту та нативного воску для досліджень відбирали чотири рази: зимою, весною, літом і восени (рис. 22).

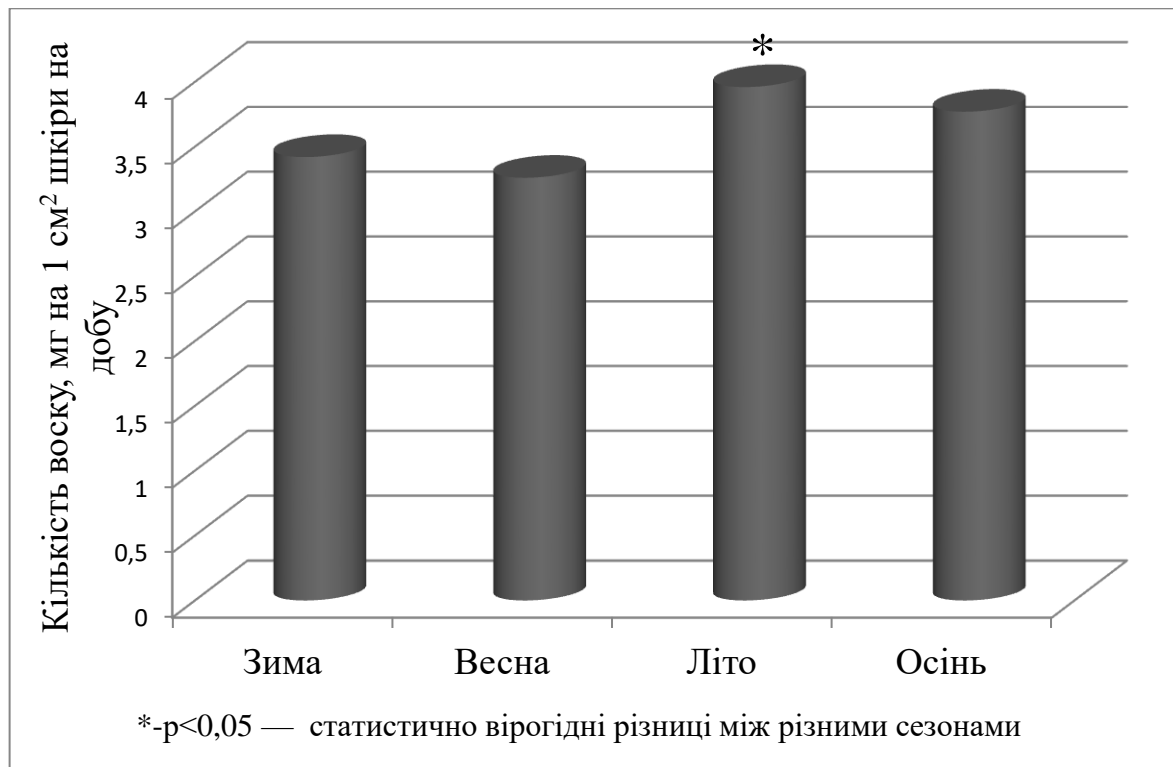


Рис. 22. Сезонна динаміка секреції воску у вівцематок породи прекос

Встановлено, що найменша секреція воску відбувається у весняний період утримання тварин. Влітку продукція воску різко збільшується, а з настанням зими знову зменшується.

З цифрових даних таблиці 40 видно, що такий же сезонний характер змін вмісту воску спостерігався у жиропоті, отриманому безпосередньо з руна овець. Так, найбільша його кількість містилась у жиропоті літнього періоду росту вовни, а найменша — у весняний період. Однак, у літній період у жиропоті є найбільша кількість поту та найвищі показники його рН. У наслідок цього в цей же період співвідношення воску до поту було найгіршим. Найкраще ж співвідношення воску до поту спостерігалось в осінній та зимовий періоди.

Таблиця 40. Сезонна динаміка вмісту жиропоту у руні вівцематок породи прекокс ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Кількість воску, %	12,90±1,00	12,75±0,98	13,15±0,61	12,98±0,29
Кількість поту, %	12,79±0,52	12,74±1,15	13,59±0,89	12,92±0,63
рН поту	8,68±0,22	8,83±0,16	9,27±0,12	8,63±0,11
Співвідношення віск:піт	1:0,99	1:1	1:1,03	1:0,99

Аналіз даних ліпідного складу нативного воску і воску, отриманого з жиропоту засвідчив, що за складом вони є однаковими, але співвідношення між їх окремими фракціями — різне (табл. 41).

Із отриманих даних також випливає, що найбільших змін сезонного характеру зазнають обидві холестеролові фракції та фракція неестерифікованих жирних кислот, а найменших — ланостерол, дегідрохолестерол, сквален і фракція, яка умовно названа «полярні ліпіди», оскільки при розділенні ліпідів у системі петролейний етер:диетиловий етер 4:1 вона залишається на старті хроматограми і, на нашу думку, тут можуть накопичуватись продукти

пероксидного окиснення ліпідів. Так, у нативному воску вміст неестерифікованих жирних кислот у різні пори року становить — 3,8–4,9 %.

Таблиця 41. Сезонна динаміка ліпідного складу нативного воску та воску руна вівцематок породи прекос, % ($M \pm m$, $n=3$)

Ліпіди	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Нативний віск				
Полярні ліпіди	17,83±0,61	18,16±0,50	18,83±1,31	17,51±1,02
Неестерифікований холестерол	8,94±0,41	9,54±0,73	9,39±0,70	8,70±0,72
Ланостерол	9,99±0,68	11,53±0,59	10,74±0,28	9,89±0,32
НЕЖК	3,78±0,04	4,07±0,49	4,79±0,56	4,95±0,39*
Дегідрохолестерол	8,40±0,33	8,50±0,09	9,20±0,21	8,39±0,13
Сквален	4,32±0,27	4,97±0,19	4,80±0,41	4,80±0,25
Етерифікований холестерол	46,73±1,44	43,22±1,11	42,25±0,65*	45,75±0,45
Віск з руна				
Полярні ліпіди	19,47±0,34	18,33±0,49	18,67±0,40	18,81±0,20
Неестерифікований холестерол	11,01±0,27 ⁺	13,49±0,42 ^{**++}	13,80±0,62 ^{**++}	12,94±0,22 ^{**++}
Ланостерол	8,92±0,58	11,23±0,61	10,25±0,31	9,34±0,93
НЕЖК	5,37±0,13 ⁺⁺⁺	7,40±0,63 ^{*+}	8,52±0,37 ^{**++}	8,87±0,18 ^{***+++}
Дегідрохолестерол	9,21±0,26	10,00±0,34 ⁺	8,53±0,15	8,37±0,36
Сквален	4,84±0,67	3,91±0,34	3,66±0,31	3,36±0,30 ⁺
Етерифікований холестерол	41,17±0,75 ⁺	35,64±0,80 ^{**++}	36,56±0,68 ^{**++}	38,30±0,86 ⁺⁺

У той же час у воску, добутого з руна, кількість цих кислот збільшується майже вдвічі і становить 5,4–8,9 %. Аналогічна картина змін стосується окремих холестеролових фракцій. Зокрема, найвищий вміст етерифікованого холестеролу є у нативному воску, причому в усіх групах тварин, а найменший — у воску, добутого із жиропоту руна. Картина змін неетерифікованої фракції холестеролу є діаметрально протилежна етерифікованій фракції.

При цьому слід також зауважити, що між співвідношенням холестеролових фракцій і неетерифікованих жирних кислот спостерігається чіткий корелятивний зв'язок, який може свідчити про те, що джерелом збільшення у воску вмісту неетерифікованих жирних кислот є фракція етерифікованого холестеролу, як результат гідролітичних процесів. У результаті цього одночасно збільшується вміст фракції неетерифікованого холестеролу.

Однак, як свідчать результати досліджень інших авторів при пізніх строках стриження овець або довготривалому зберіганні вовни після стриження, вміст неетерифікованих жирних кислот у жиропоті може різко зменшуватись внаслідок їх інтенсивного окиснення. Паралельно з цим зменшується фракція етерифікованого холестеролу і збільшується фракція неетерифікованого холестеролу, а також вміст полярних ліпідів, як результат накопичення пероксидів [79, 80].

Отже, отримані результати вказують на кількісні та якісні зміни у складі воску в процесі річного росту вовни, які пов'язані із впливом різних чинників навколишнього середовища, зокрема з підвищенням температурних режимів у літній період.

Під впливом підвищених температур у середовищі жиропоту інтенсифікуються процеси гідролізу і окиснення воску, в результаті чого збільшується вміст продуктів окиснення, зменшується фракція етерифікованого холестеролу й збільшується концентрація неетерифікованого холестеролу та

неестерифікованих жирних кислот. Усі ці зміни в кінцевому результаті призводять до погіршення захисних властивостей воску в цілому.

У результаті проведених досліджень встановлено, що за добу вівцематка української гірськокарпатської породи продукує від 1,7 до 2,5 мг воску на 1 см² шкіри. Найменшим цей показник є у зимовий період утримання тварин. З настанням весни продукція воску збільшується і досягає свого піку влітку, а восени знову починає зменшуватись (рис. 23). Тобто сезонна динаміка продукування вовнового жиру (воску) у гірськокарпатських овець є аналогічною, як і в овець породи прекос, з тією лише різницею, що продукція воску на 1 см² шкіри у них є набагато меншою (1,7–2,5 проти 3,3–4,0 мг).

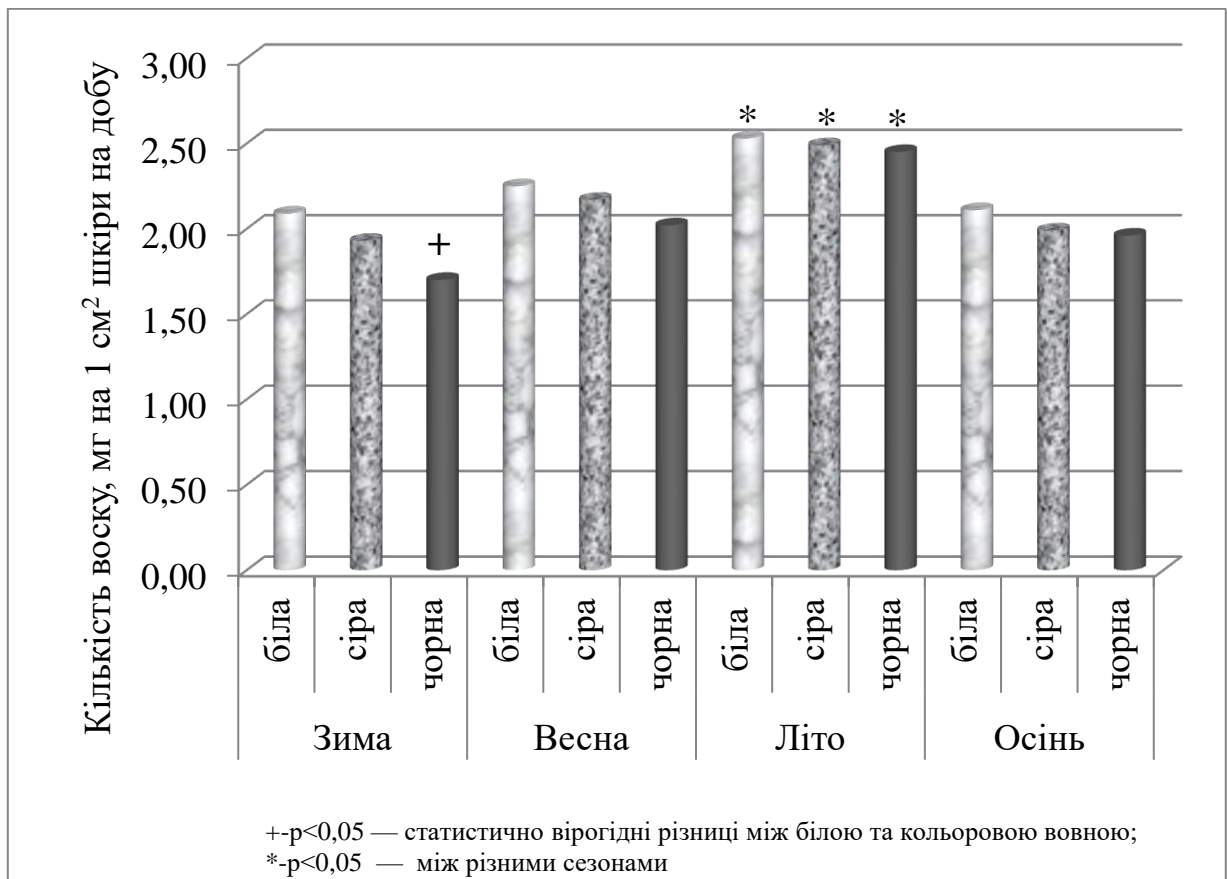


Рис. 23. Сезонна динаміка секреції воску у гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву

З даних рисунка 23 також видно, що кількість продукованого воску залежить й від генотипу тварин. Так, найбільша його секреція є у овець з білою

вовною, а найменша, особливо зимою — у тварин з чорним забарвленням руна. Вівцематки з сірим кольором руна займають проміжне місце. Стосовно потової частини жиропоту, то виявилось, що найбільша його кількість є у руні білого кольору. Крім цього, спостерігалась тенденція до збільшення показників його рН (табл. 42).

Таблиця 42.Сезонна динаміка вмісту жиропоту у руні гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Біла вовна				
Кількість воску, %	8,18±0,37	8,33±0,36	8,16±0,14	7,98±0,65
Кількість поту, %	20,62±1,80	21,68±1,31	22,13±0,84	19,61±0,93
рН поту	9,58±0,13	9,75±0,08	9,95±0,12	9,30±0,10
Співвідношення віск:піт	1:2,52	1:2,60	1:2,71	1:2,46
Сіра вовна				
Кількість воску, %	7,14±0,83	7,96±0,44	7,83±0,41	7,70±0,33
Кількість поту, %	18,74±1,56	20,19±0,54	21,17±0,13	19,40±1,85
рН поту	9,25±0,17	9,32±0,07 ⁺	9,77±0,09	9,28±0,09
Співвідношення віск:піт	1:2,62	1:2,63	1:2,70	1:2,52
Чорна вовна				
Кількість воску, %	6,41±0,36 ⁺	7,33±0,45	7,48±0,19	7,93±0,55
Кількість поту, %	16,96±1,25	19,91±1,64	21,29±0,76*	19,85±0,86
рН поту	8,83±0,46	9,12±0,34	9,72±0,05	9,32±0,07
Співвідношення віск:піт	1:2,64	1:2,72	1:2,85	1:2,50

Для потової частини жиропоту також властивий пік наростання, який припадає на літній період. Власне у цей час якість самого воску є найгіршою. Посилення потовиділення пов'язане з підвищенням температури повітря, під впливом якого посилюється енергетичний обмін в шкірі. У результаті цього, збільшується кількість води, яка і випаровується у вигляді поту [81].

Важливим показником для оцінки захисних властивостей жиропоту є співвідношення воску до поту. Кращими захисними властивостями володіє жиропіт, у якому на одну одиницю воску припадає менше однієї одиниці поту. З представлених у таблиці 42 даних видно, що у гірськокарпатських вівцематок частка поту є у 2,5–2,9 рази більшою за частку воску. За умов наших досліджень міжгрупових різниць не встановлено, оскільки у тварин з пігментованою вовною міститься менша кількість як воску, так і поту, в порівнянні з тваринами з білою вовною.

При дослідженні порівняльної характеристики ліпідного складу нативного воску, і воску, отриманого безпосередньо з поверхні шкіри встановлено, що ліпідний склад воску є однаковий, але співвідношення у ньому окремих ліпідних компонентів різне (табл. 43, 44).

Так, у нативному воску, отриманому безпосередньо з поверхні шкіри у різні періоди сезону, є менший вміст полярних ліпідів, у порівнянні з воском, отриманим з руна. Проте найбільша кількість цих ліпідів як у першому, так і в другому випадку, є у весняний і літній періоди, тобто у ті пори року, коли температура повітря найвища. Причому ця закономірність властива для овець з різним забарвленням вовнового покриву з тією лише різницею, що у тварин з пігментованою вовною вміст цього компонента воску є меншим, в порівнянні до тварин з білою вовною. Така ж закономірність стосується і неетерифікованих жирних кислот, а також фракції етерифікованого холестеролу, але з діаметрально протилежним значенням, тобто кількість останнього у нативному воску є значно більшою.

Таблиця 43. Сезонна динаміка ліпідного складу нативного воску гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву, % (M±m, n=3)

Ліпіди	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Біла вовна				
Полярні ліпіди	16,24±0,18	17,44±0,22*	18,47±0,39**	16,18±0,35
Неетерифікований холестерол	9,67±0,14	10,46±0,44	9,78±0,58	9,18±0,38
Ланостерол	9,72±0,37	10,47±0,10	10,20±0,45	10,58±0,32
НЕЖК	5,01±0,22	4,77±0,22	6,13±0,19**	4,66±0,27
Дегідрохолестерол	10,22±0,52	10,24±0,65	9,38±0,69	8,57±0,32
Сквален	8,34±0,62	8,59±0,26	8,45±0,52	8,26±0,67
Етерифікований холестерол	40,79±1,01	38,02±0,67	37,59±0,49*	42,57±0,69
Сіра вовна				
Полярні ліпіди	14,75±0,47 ⁺	15,27±0,48 ⁺	17,68±0,43*	15,42±0,76
Неетерифікований холестерол	10,36±0,41	11,06±0,40	10,56±0,52	10,22±0,07
Ланостерол	9,65±0,20	9,37±0,41	9,45±0,80	8,90±0,46 ⁺
НЕЖК	4,93±0,53	4,92±0,17	6,04±0,21	4,86±0,26
Дегідрохолестерол	10,34±0,43	10,75±0,36	10,26±0,19	9,87±0,85
Сквален	9,13±0,68	9,05±0,79	9,02±0,34	8,39±0,16
Етерифікований холестерол	40,84±1,07	39,58±0,87	37,00±0,42*	42,33±1,14
Чорна вовна				
Полярні ліпіди	14,77±0,37 ⁺	15,01±0,54 ⁺	17,49±0,62*	15,54±1,32
Неетерифікований холестерол	10,69±0,33	12,17±0,41* ⁺	10,02±0,34	8,18±0,48*
Ланостерол	8,52±0,47	9,94±0,62	9,84±0,61	8,82±0,45 ⁺
НЕЖК	4,78±0,11	4,92±0,34	5,75±0,13**	5,51±0,68
Дегідрохолестерол	10,02±0,16	10,18±0,29	10,16±0,30	9,74±0,23 ⁺
Сквален	9,38±0,22	9,56±0,84	9,48±0,47	8,67±0,60
Етерифікований холестерол	41,83±0,72	38,22±1,43	37,28±0,21**	43,55±1,28

Отже, отримані результати чітко вказують на те, що у процесі річного росту вовни її віск зазнає кількісних і якісних змін, пов'язаних із впливом різних чинників навколишнього середовища. У нашому випадку — це підвищення температурних режимів у весняний і літній періоди.

**Таблиця 44. Сезонна динаміка ліпідного складу воску з жиропоту у гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву, %
($M \pm m$, $n=3$)**

Ліпіди	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Біла вовна				
Полярні ліпіди	21,84±0,96	25,93±1,02*	23,10±0,31	19,09±0,34
Неетерифікований холестерол	10,91±0,45	11,95±0,06	11,98±0,25	10,84±0,54
Ланостерол	8,76±0,62	10,28±0,25	10,11±0,14	9,19±0,97
НЕЖК	6,10±0,34	6,11±0,14	8,22±0,08**	7,02±0,28
Дегідрохолестерол	12,64±0,64	11,13±0,67	10,81±0,75	9,18±0,28**
Сквален	5,16±0,27	5,24±0,22	4,94±0,28	5,99±0,50
Етерифікований холестерол	34,58±0,57	29,36±1,06*	30,85±0,17**	38,68±1,13*
Сіра вовна				
Полярні ліпіди	14,68±0,51 ⁺⁺	22,47±1,56**	23,91±0,47***	16,50±0,85 ⁺
Неетерифікований холестерол	14,06±0,24 ⁺⁺	14,11±0,13 ⁺⁺⁺	12,12±0,34**	11,48±0,44**
Ланостерол	9,15±0,56	10,49±0,34	10,58±0,42	10,30±0,23
НЕЖК	5,98±0,66	6,13±0,57	7,20±0,20 ⁺⁺	7,38±0,02
Дегідрохолестерол	11,07±0,90	10,83±0,17	10,08±0,43	10,33±0,61
Сквален	7,89±0,91 ⁺	5,60±0,58	5,09±0,20*	6,66±0,62
Етерифікований холестерол	37,18±1,41	30,36±1,64*	31,03±0,45*	37,35±0,50
Чорна вовна				
Полярні ліпіди	16,92±1,39 ⁺	22,06±1,38	22,92±0,68*	17,31±0,74
Неетерифікований холестерол	15,67±1,45 ⁺	15,80±0,94 ⁺	12,75±0,28	12,24±0,26
Ланостерол	8,03±0,78	10,33±0,15*	10,78±0,06* ⁺	10,07±0,17
НЕЖК	5,54±0,42	6,03±0,11	7,17±0,33* ⁺	6,75±0,42
Дегідрохолестерол	11,71±0,88	10,31±0,48	10,54±0,22	9,63±0,40
Сквален	6,90±0,87	6,03±0,08 ⁺	5,46±0,45	6,00±0,15
Етерифікований холестерол	35,24±2,20	29,43±0,41	30,39±0,62	38,01±0,72

З отриманих даних також випливає, що для оцінки захисних властивостей воску за інтегральні показники його якості слід використовувати такі значення як високий вміст фракції етерифікованого холестеролу (40 % і більше) та низький вміст неетерифікованих жирних кислот (5 % і менше), а для оцінки інтенсивності процесів гідролізу й окиснення у якості інтегральних показників можуть слугувати високий вміст фракції полярних ліпідів і неетерифікованого холестеролу та низький вміст етерифікованого холестеролу і неетерифікованих жирних кислот.

Процеси, які відбуваються в жиропоті руна упродовж року, призводять до змін його захисних властивостей, що в кінцевому результаті відбивається на структурі самого волокна. Зокрема встановлено, що найвища кількість протеїну макро- та мікрофібрил, тобто альфа-кератози, була у всіх тварин в зимовий-весняний період, натомість з настанням літа і до осені кількість цієї фракції зменшувалась в середньому на 2 %. Подібна тенденція спостерігалась і з боку бета-кератози, однак, ці зміни були менш суттєвими та не перевищували одного відсотка (табл. 45, 46).

Таблиця 45. Вплив сезонних чинників на співвідношення кератоз у вовні вівцематок породи прекос, % ($M \pm m$, $n=3$)

Кератоza	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Альфа	59,83±1,95	59,30±1,27	57,60±1,22	57,33±1,42
Бета	11,47±0,61	11,33±0,52	10,60±0,31	10,73±0,27
Гамма	28,70±2,28	29,37±0,84	31,80±1,30	31,93±1,69

У той же час діаметрально протилежна картина спостерігалась з боку гамма-кератози, тобто матриксу волокна. Так, найменша кількість цієї фракції була зафіксована в зимово-весняний період, а з настанням літа кількість цієї фракції зростала в середньому на 3 %.

З цифрових даних таблиці 46 видно, що як і у попередньому досліді, нами встановлено певні сезонні коливання вмісту кератоз у вовні вівцематок УГКП. Так, у зимово-весняний період досліджень вміст альфа-кератози був найвищим, а у літній та осінній періоди її кількість зменшувалась. Натомість, стосовно гамма-кератози спостерігалась діаметрально протилежна динаміка. Найменша кількість цієї фракції протеїнів була у зимово-весняний період, а у літньо-осінній — її вміст у вовні вівцематок зростав. І хоча ці зміни були невірогідними, але як і в попередніх дослідженнях, мали чітку тенденцію. Кількість бета-кератози в усі періоди утримання тварин залишалась приблизно на однаковому рівні і коливалась у межах 14–15 %.

Таблиця 46. Сезонна динаміка вмісту кератоз у вовні гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву, % ($M \pm m$, $n=3$)

Кератоза	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Біла вовна				
Альфа	58,23±1,60	58,80±1,51	56,73±0,38	56,77±0,75
Бета	15,10±0,64	15,73±0,19	14,40±0,35	14,63±0,52
Гамма	26,67±1,25	25,47±1,33	28,87±0,57	28,60±1,05
Сіра вовна				
Альфа	61,40±0,20	61,97±0,18	60,40±0,51 ⁺⁺	59,97±0,87 ⁺
Бета	14,93±0,15	15,67±0,27	14,67±0,19	15,10±0,26
Гамма	23,70±0,31	22,37±0,45	24,93±0,69 ⁺	24,93±0,99
Чорна вовна				
Альфа	61,37±0,87	61,70±0,36	59,97±0,47 ⁺⁺	60,03±0,30 ⁺
Бета	14,80±0,21	14,70±0,15	14,90±0,15	14,90±0,23
Гамма	23,83±0,96	23,60±0,40	25,13±0,35 ⁺⁺	25,07±0,22 ⁺

З даних таблиці 46 також видно, що у сірій та чорній вовні, у порівнянні з білою, міститься більша кількість альфа-кератоци. Натомість кількість гамма-кератоци, навпаки, більша у білій вовні. Причому у літній та осінній періоди ці різниці були вірогідними. Вміст бета-кератоци у вівцематок усіх генотипів були практично однаковим.

Сезонні зміни окремих структурних елементів волокон певним чином відобразились і на загальній кількості вільних внутрішніх ліпідів волокон та співвідношенні їх окремих фракцій (табл. 47).

Таблиця 47. Сезонна динаміка співвідношення вільних внутрішніх ліпідів вовни вівцематок породи прекокс, % (M±m, n=3)

Ліпіди	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Загальна кількість	0,93±0,05	1,02±0,05	1,08±0,05	1,03±0,06
З них: ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1)				
Неетерифікований холестерол	67,15±0,52	62,28±0,79**	61,57±0,33***	60,78±1,18**
НЕЖК	11,29±0,60	13,59±0,37*	10,62±0,21	11,97±1,23
Стеринова фракція	12,55±0,51	14,67±0,98	14,31±0,71	13,17±0,98
Етерифікований холестерол	9,01±0,58	9,46±1,09	13,49±0,61**	14,08±0,87**
ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4)				
Гліколіпіди найвищої полярності	3,08±0,24	3,63±0,31	3,67±0,17	4,76±0,20**
Холестерол сульфат	9,88±0,23	8,00±0,47*	9,41±0,29	9,58±0,37
Глюкозилцераміди	14,45±0,66	14,32±0,70	13,29±0,25	14,31±0,25
Сульфоліпіди	26,37±1,81	24,99±1,34	21,94±0,27	21,01±0,70**
Цераміди	46,22±1,09	49,07±1,86	51,69±0,31**	50,34±1,10

Встановлено, що кількість вільних внутрішніх ліпідів у вовні овець у різні періоди її росту є різною. Так, найменша їх кількість містилась у вовні, яка виросла у зимово-стійловий період утримання тварин. З настанням весняного періоду кількість загальних ліпідів збільшувалась і досягала максимуму в літній період. У осінній період їх кількість починала поступово зменшуватись, і як було вже сказано, найменше їх було у зимово-стійловий період.

Зокрема, з цифрових даних цієї таблиці видно, що найбільша кількість ліпідів розділених у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1) припадає на холестеролові фракції — фракцію неетерифікованого (59,9–68,7 %) і етерифікованого холестеролу (8,7–14,1 %). Ще одна фракція стеринового походження (можливо це ланостерол) займає від 10,7 до 15,6 %. На неетерифіковані жирні кислоти припадає 10,6–14,2 %.

Найбільш чіткі сезонні зміни серед цих ліпідів зафіксовано також з боку холестеролових фракцій. Зокрема, найбільша кількість неетерифікованого холестеролу міститься у вовні зимового росту. З настанням весни кількість цієї фракції зменшується і ця тенденція продовжується у літній та осінній періоди. Щодо етерифікованого холестеролу, то тут спостерігається діаметрально протилежна картина. Найменша кількість цієї фракції є у зимовий період, а починаючи з весни її кількість починає зростати і досягає свого піку у літньо-осінній період. У зимовий період також відмічено найнижчий вміст неідентифікованої нами стеринової фракції.

Динамічність ліпідів, розділених у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4), виявилася досить високою. Так, кількість основного компонента полярних ліпідів — церамідів, а також гліколіпідів найвищої полярності, з настанням весни поступово зростала, і досягала свого максимуму у літньо-осінній період.

Щодо сульфуровмісних класів полярних ліпідів, а саме сульфоліпідів і холестерол сульфату, то за умов наших досліджень також було зафіксовано певні зміни. Так, найбільша кількість сульфоліпідів була характерною для вовни зимового росту. З настанням весни та впродовж усього літньо-осіннього

періоду їх кількість поступово зменшувалась, а вміст холестерол сульфату в усі сезони року був майже однаковим, і лише у весняний період спостерігалось його зменшення, особливо у вівцематок породи прекос.

Цікаві сезонні зміни зафіксовані нами з боку вільних внутрішніх ліпідів у вовні вівцематок УГКП. Так з даних рисунка 24 видно, що їх кількість у різні періоди росту вовни була різною, а найменше їх містилось у вовні, яка виросла у зимово-стійловий період утримання тварин. До речі, загальна кількість ліпідів у білій, сірій і чорній вовні, що виросла у цей період, була практично однаковою — 1,52, 1,57 та 1,52 % відповідно. Проте, з настанням весняного періоду в сірій і чорній вовні кількість загальних ліпідів суттєво збільшувалась та продовжувала поступово зростати упродовж літнього періоду і досягала максимуму в осінній період. Але характерно, що найбільша їх кількість містилась у вовні сірого кольору, що на перший погляд, не є логічним, оскільки сіра вовна складається з білих і чорних волокон.

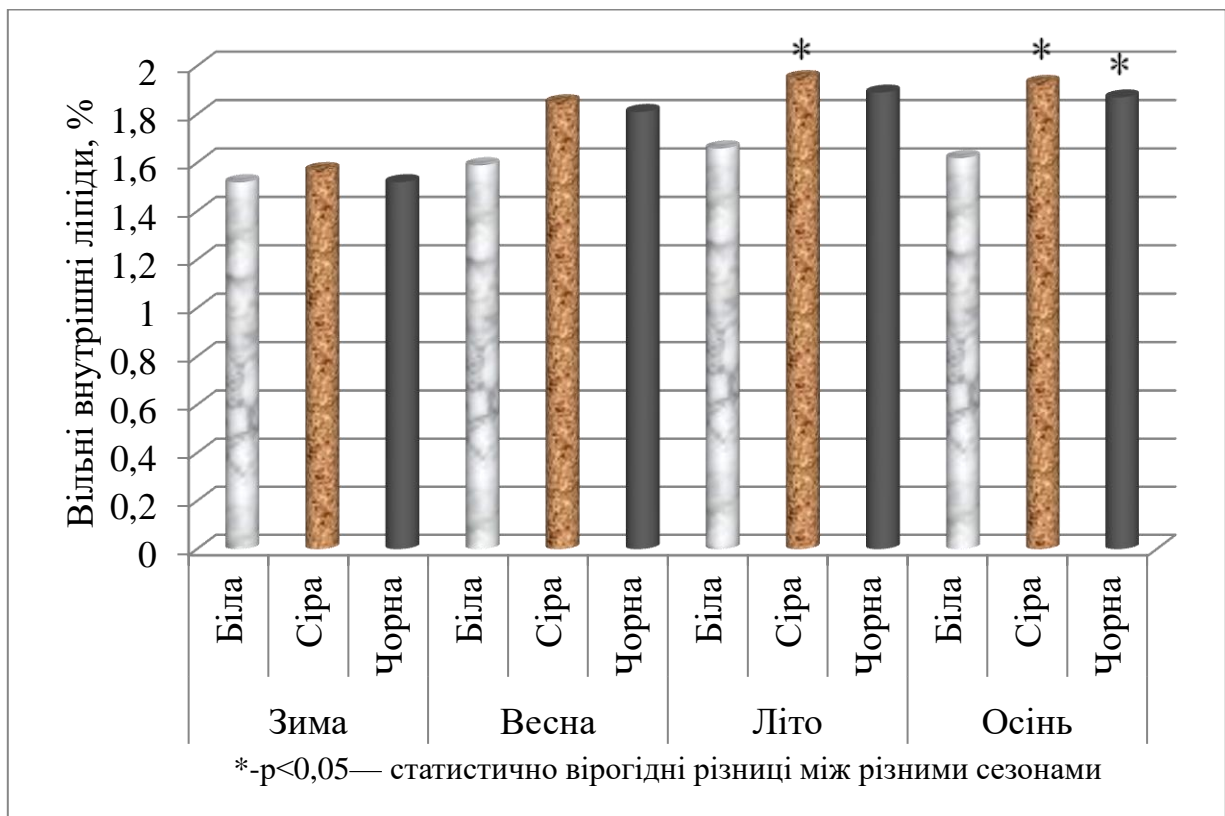


Рис. 24. Сезонна динаміка вмісту вільних внутрішніх ліпідів у вовні гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву

Цифрові дані таблиці 48 засвідчили, що найбільша кількість серед класів ліпідів припадала на холестеролові фракції (аналогічно як і у вовні овець породи прекос), зокрема, на фракцію неестерифікованого (45,9–53,2 %) та естерифікованого (9,1–14,1 %) холестеролу.

Таблиця 48. Сезонна динаміка співвідношення вільних внутрішніх ліпідів вовни гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву (система петролейний етер-диетиловий етер (4:1), % (M±m, n=3))

Ліпіди	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Біла вовна				
Неестерифікований холестерол	67,83±1,08	68,25±1,45	64,49±1,05	64,18±0,73*
НЕЖК	9,14±0,40	10,52±0,80	11,08±0,26*	9,33±0,52
Стеринова фракція	9,28±0,57	8,23±0,28	10,36±0,02	10,33±0,44
Естерифікований холестерол	13,74±0,92	13,00±0,75	14,08±0,84	16,16±0,55
Сіра вовна				
Неестерифікований холестерол	68,00±0,27	65,24±0,54*	65,71±0,71*	61,68±0,90*
НЕЖК	10,17±0,58	11,04±1,34	9,77±0,13 ⁺	9,24±0,26
Стеринова фракція	9,53±0,57	8,99±0,92	10,73±0,13 ⁺	10,85±0,41
Естерифікований холестерол	12,30±0,75	14,74±0,53	13,79±0,48	18,23±0,27* ⁺
Чорна вовна				
Неестерифікований холестерол	68,16±0,64	62,63±2,17	64,15±0,63*	62,82±0,27**
НЕЖК	8,48±0,44	10,49±0,50*	10,53±0,21*	9,32±0,57
Стеринова фракція	10,09±0,37	10,64±0,87	10,81±0,20	11,40±0,18*
Естерифікований холестерол	13,27±0,80	16,24±0,92	14,51±0,57	16,46±0,87

Ще одна фракція стерінового походження займала від 5,8 до 8,8 %. Приблизно така ж кількість припадала на неестерифіковані жирні кислоти.

Аналіз цифрових даних таблиць 48 і 49 показав, що збільшення вмісту загальних ліпідів у вовні усіх відтінків у весняно-осінній періоді відбувалось в основному за рахунок таких фракцій ліпідів як етерифікований холестерол, неетерифіковані жирні кислоти та гліколіпідів найвищої полярності. Щоправда, стосовно неетерифікованих жирних кислот, то їх кількість збільшувалась лише у білій та чорній вовні. Важливо зазначити також, що паралельно зі збільшенням фракції етерифікованого холестеролу відбувалось зменшення неетерифікованого холестеролу.

Таблиця 49. Сезонна динаміка співвідношення вільних внутрішніх ліпідів вовни гірськокарпатських вівцематок з різним кольором вовнового покриву (система хлороформ:метанол:вода (65:25:4), % (M±m, n=3)

Ліпіди	Сезон			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
Біла вовна				
Гліколіпіди найвищої полярності	6,86±0,12	7,33±0,33	7,59±0,14*	8,18±0,30*
Холестерол сульфат	10,08±0,38	8,76±0,53	9,57±0,31	9,68±0,36
Глюкозилцераміди	12,55±0,66	13,79±0,49	12,39±0,33	12,92±0,41
Сульфоліпіди	20,75±0,30	20,29±1,06	20,14±0,24	19,56±0,44
Цераміди	49,76±1,02	49,83±1,38	50,31±0,78	49,67±0,91
Сіра вовна				
Гліколіпіди найвищої полярності	7,80±0,60	8,91±0,41 ⁺	8,52±0,18 ⁺	9,11±0,24
Холестерол сульфат	10,15±0,11	10,38±0,31	9,76±0,77	9,12±0,34*
Глюкозилцераміди	12,05±0,58	12,93±0,66	12,13±0,52	12,20±0,91
Сульфоліпіди	20,92±1,11	19,74±0,55	20,32±0,61	20,16±1,03
Цераміди	49,07±0,74	48,04±0,94	49,27±0,51	49,42±1,47
Чорна вовна				
Гліколіпіди найвищої полярності	7,32±0,58	9,06±0,45 ⁺	9,20±0,24* ⁺⁺	9,22±0,29*
Холестерол сульфат	9,78±0,35	9,79±0,62	9,20±1,07	9,60±0,62
Глюкозилцераміди	12,85±0,81	12,09±0,41	11,43±0,30	11,67±0,95
Сульфоліпіди	18,22±0,35 ⁺⁺	18,75±0,31	20,00±0,52*	20,01±0,72
Цераміди	51,83±1,06	50,31±1,04	50,15±1,18	49,49±1,26

Таким чином, отримані дані чітко вказують на те, що зміни у ліпідному складі внутрішніх ліпідів вовни відбуваються в основному за рахунок змін їх жирнокислотного складу.

Як уже було сказано, найбільш характерні зміни у співвідношенні полярних ліпідів у вовні овець породи прекос, спостерігались з боку гліколіпідів найвищої полярності. Подібна картина змін характерна і для вовни гірськокарпатських вівцематок. Зокрема, на фоні майже однакового вмісту основного компоненту полярних ліпідів, тобто керамідів та глюкозилцерамідів, гліколіпіди найвищої полярності збільшувались у такій послідовності зима → весна → літо → осінь. Зафіксовано також певні зміни і у тварин з різним кольором вовни. Так, у пігментованій вовні кількість цих ліпідів загалом була більшою, а особливо у чорній вовні.

Щодо сульфурвмісних класів ліпідів, а саме сульфоліпідів та холестерол сульфату, то за умов наших досліджень характерних змін не було зафіксовано. Щоправда, сезонна динаміка холестерол сульфату мала чітку динаміку до зменшення у весняно-літньо-осінній періоди по відношенню до зимового, а стосовно сульфоліпідів, то можна відзначити лише те, що найменша кількість цих ліпідів була у сірій вовні весняного періоду росту, а у чорній — весняного і зимового періодів росту.

Отже, дія сезонних чинників значною мірою впливає на кількісні та якісні показники воску й інтегральні ліпіди вовни, що у кінцевому результаті не може не відобразитись на фізико-хімічних, а, отже, і на технологічних характеристиках вовняного волокна.

Так, з даних рисунку 25 видно, що закономірним є вірогідне зростання показників міцності вовни у літній та, особливо, в осінній періоди, тобто періоди найкращого аліментарного забезпечення овець. Так, міцність вовни літньо-осіннього періоду росту була більшою на 12 %, у порівнянні з вовною, що виросла в зимово-стійловий період.

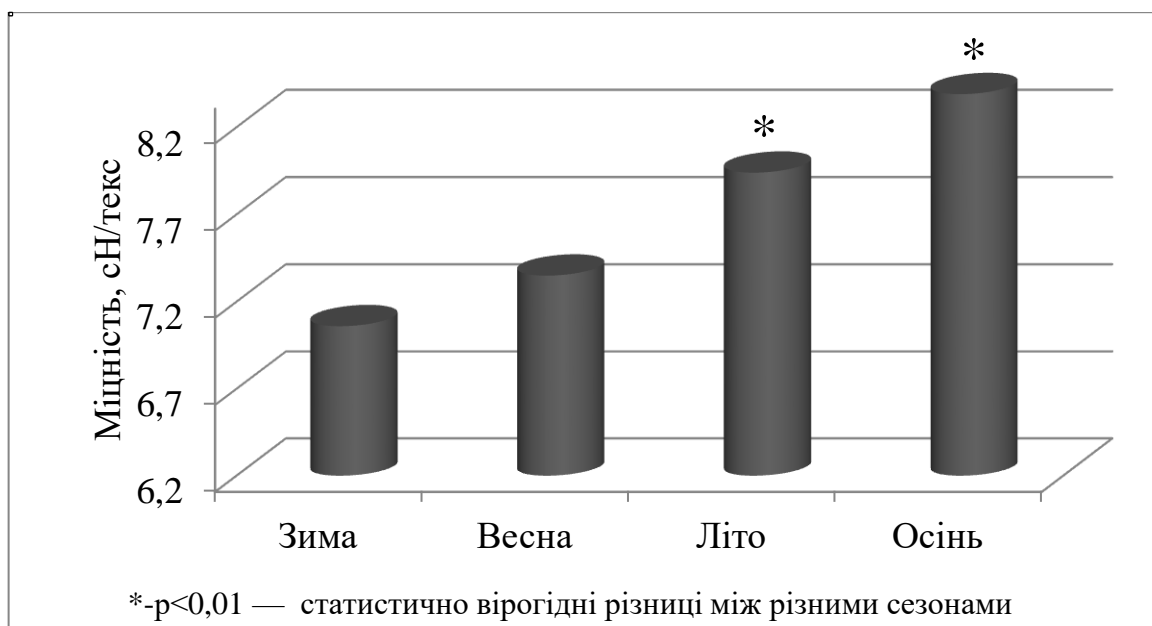


Рис. 25. Сезонна динаміка міцності вовни вівцематок породи прекокс

Аналогічні дані, стосовно міцності вовни залежно від сезону її росту, отримано і у дослідження на гірськокарпатських вівцематках (рис. 26).

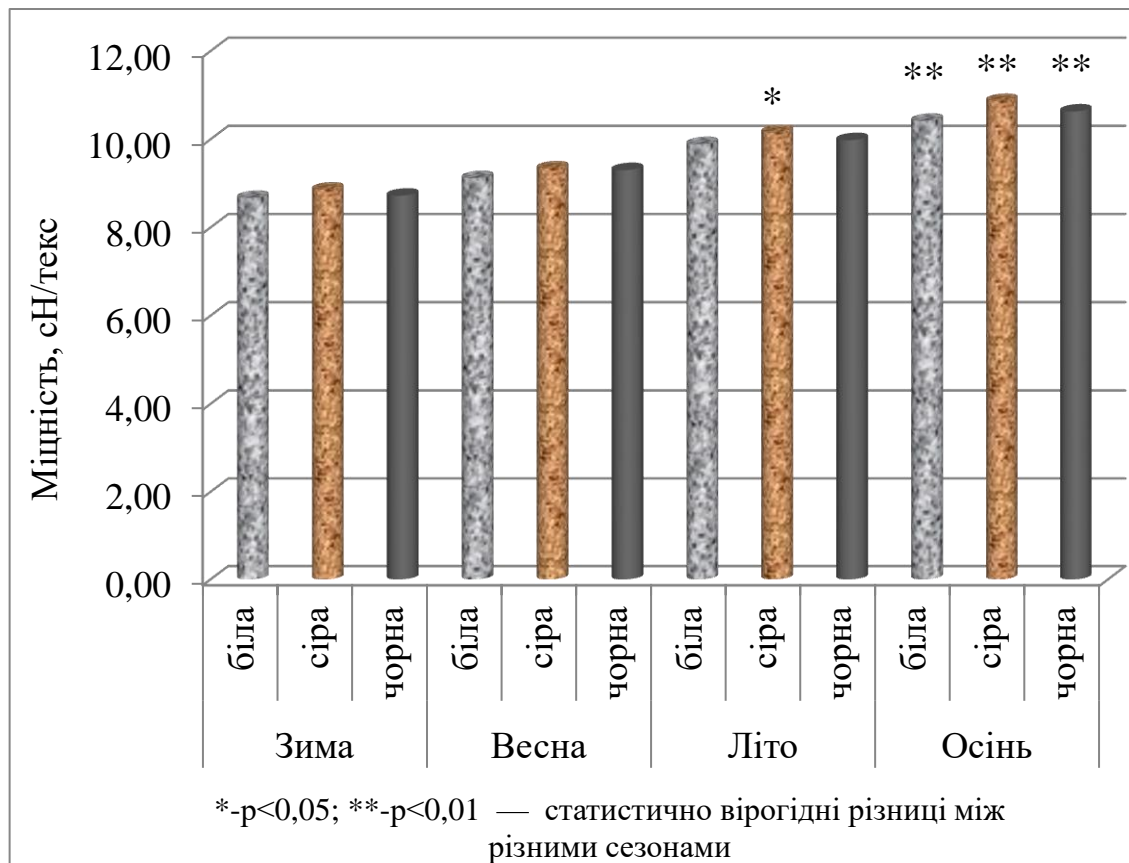


Рис. 26. Сезонна динаміка міцності вовни різних кольорів у гірськокарпатських вівцематок

Зокрема, дані рисунка 26 засвідчили, що найнижчі показники міцності вовни було зафіксовано в зимово-стійловий період їх утримання, а найвищі — у пасовищний період, тобто період найкращого аліментарного забезпечення тварин. Щодо міцності вовни овець різних генотипів, тобто тварин з різним кольором вовнового покриву, то вірогідних змін нами не було встановлено.

Отже, отримані дані вказують на чітку залежність кількісного та якісного складу поверхневих і внутрішніх ліпідів вовни від сезонних чинників. Встановлено, що вовна, яка виростає у пасовищний період утримання овець характеризується кращими захисними властивостями жиропоту та більшим вмістом вільних внутрішніх ліпідів, що своєю чергою позитивно позначається на фізико-хімічних, а, отже, і на технологічних властивостях вовняної сировини загалом.

Важливими також є дані, отримані нами при дослідженні кількісних та якісних показників жиропоту руна овець різних вікових груп. Ці дослідження проведено на двох групах тварин по три голови у кожній. До першої групи входили повновікові вівцематки $\frac{3}{4}$ прекокс х $\frac{1}{4}$ суффолк, а до другої — отримані від них ярки. Дослід тривав упродовж календарного року. Зразки жиропоту та нативного воску відбирали у вівцематок у зимовий, весняний, літній і осінній періоди утримання та у ці ж періоди, в отриманих від них ягнят (ярок) при досягненні ними 2-вох, 6-ти, 9-ти та 11-ти місячного віку.

Встановлено, що у вовні ягнят є менший вміст поту, в порівнянні з дорослими тваринами, а також нижчі показники його лужності (табл. 50). Щодо воску, то у ягнят двомісячного віку кількість його є найвищою. У результаті цього співвідношення воску до поту у цьому віковому періоді найкраще (1:0,8). З віком ягнят усі вказані показники наближаються до рівня дорослих тварин.

Інтенсивність і спрямованість процесів окиснення, омилення і гідролізу воску визначаються, в основному, зовнішніми чинниками (сонячна радіація, аерація, вологість, температура тощо), а також складом іншого компоненту жиропоту, тобто потом. Не виключено, що саме піт є визначальним чинником у цих процесах, оскільки у його складі містяться різні компоненти, в тому числі

такі оксиданти, як Ферум, Кальцій, аміак та інші. Деякі з них мають спадкову детермінованість, а тому можуть використовуватись в якості тестів для прогнозування продуктивних якостей в молодому віці [82–84].

**Таблиця 50. Вікова динаміка вмісту жиропоту в руні вівцематок та ярк
($M \pm m$, $n=3$)**

Показник	Вівцематки			
	Кількість воску, %	10,83±0,38	9,72±0,52	11,54±0,18
Кількість поту, %	12,81±0,70	11,84±0,60	14,31±0,79	12,76±0,46
pH поту	8,55±0,29	8,97±0,13	9,47±0,14	8,68±0,07
Співвідношення віск:піт	1:1,18	1:1,22	1:1,24	1:1,01
	Ярки			
	(2 міс.)	(6 міс.)	(9 міс.)	(11 міс.)
Кількість воску, %	13,04±0,81	9,60±0,22	11,72±0,54	12,67±0,75
Кількість поту, %	10,48±0,36*	9,37±0,78	13,25±0,52	12,82±0,61
pH поту	7,43±0,02*	8,35±0,09*	9,50±0,13	8,72±0,07
Співвідношення віск:піт	1:0,80	1:0,98	1:1,13	1:1,01

З цифрових даних таблиці 51 видно, що за умов наших досліджень чітко простежуються вікові зміни у співвідношенні ліпідних компонентів воску. Так, з віком у складі воску зростає вміст полярних ліпідів, ланостеролу, неетерифікованих жирних кислот і зменшується, дегідрохолестеролу, етерифікованого холестеролу і сквалену. При цьому слід наголосити, що у ліпідному складі воску руна молодих тварин міститься вірогідно менша кількість ланостеролу.

Отже, на підставі отриманих даних можна зробити висновки про те, що за кількісними і якісними показниками жиропіт вовни ягнят характеризується кращими захисними властивостями.

Таблиця 51. Вікові особливості ліпідного складу вовнового воску вівцематок та ярок, % (M±m, n=3)

Ліпіди	Вівцематки			
Полярні ліпіди	17,18±1,98	17,15±0,32	19,45±0,61	19,62±0,59
Неетерифікований холестерол	10,99±0,18	12,16±0,39	11,59±0,41	10,97±0,48
Ланостерол	10,63±0,22	9,99±0,65	10,21±0,39	9,90±0,69
НЕЖК	7,58±1,11	5,31±0,59	7,29±0,44	8,37±0,20
Дегідрохолестерол	10,39±0,86	9,76±0,52	9,33±0,63	8,11±0,17
Сквален	5,88±0,72	4,68±0,38	3,82±0,11*	2,86±0,34*
Етерифікований холестерол	37,34±2,22	40,96±1,78	38,31±0,25	40,18±1,37
	Ярки			
	(2 міс.)	(6 міс.)	(9 міс.)	(11 міс.)
Полярні ліпіди	7,26±0,16**	13,26±1,24*	17,14±0,41*	19,67±0,44
Неетерифікований холестерол	9,85±0,29*	12,51±0,18	12,37±0,28	11,08±0,94
Ланостерол	6,91±0,33***	6,62±0,63*	8,62±0,25*	7,78±0,12*
НЕЖК	5,65±0,47	4,61±0,63	8,33±0,48	9,08±0,28
Дегідрохолестерол	14,39±1,49	11,90±0,65	9,06±0,10	8,88±0,40
Сквален	6,26±0,23	7,36±0,34**	3,76±0,20	3,38±0,30
Етерифікований холестерол	49,68±1,59*	43,74±1,17	40,71±0,90	40,14±0,34

Поряд із захисними властивостями поверхневих ліпідів воску, як уже було вище сказано, важливе значення у формуванні фізико-хімічних, а відповідно і технологічних властивостей вовни овець також належить внутрішнім ліпідам. Низка авторів вказує на вікові особливості їх вмісту у вовні овець [85].

У результаті наших досліджень встановлено, що загальна кількість вільних внутрішніх ліпідів у вовні різних вікових груп тварин є різною. Так, найменше їх міститься у вовні двомісячних ярочок, причому зменшення відбувається за рахунок як нейтральних, так і полярних класів ліпідів. Зі збільшенням віку овець, кількість ліпідів поступово зростає (рис. 27).

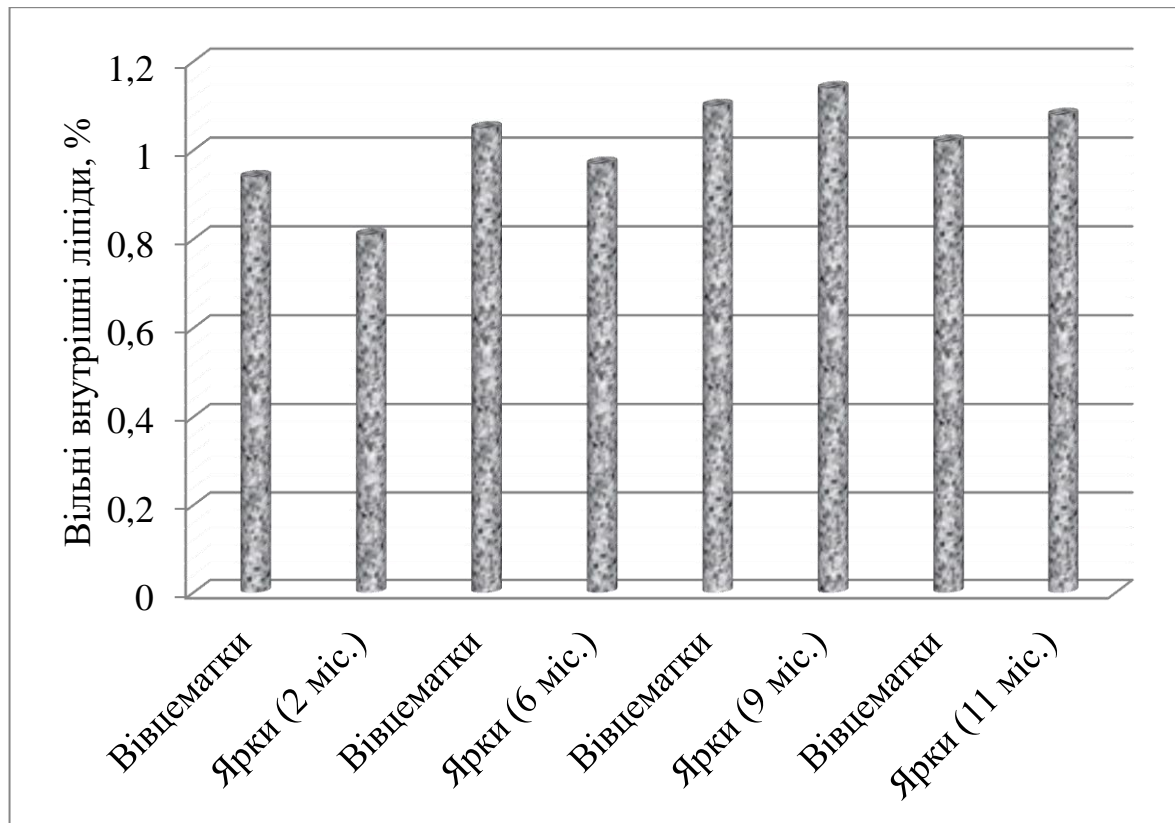


Рис. 27. Вікова динаміка вмісту вільних внутрішніх ліпідів у вовні вівцематок та ярок

Аналіз даних таблиці 52 показав, що найбільш характерні зміни у ліпідному складі вовни ярок, розділеному у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1), в порівнянні з повновіковими вівцематками, спостерігаються з боку фракції неестерифікованих жирних кислот. Так, у вовні двомісячних ягнят їх міститься майже вдвічі менше. Зі збільшенням віку тварин ці різниці дещо нівелюються, хоча й залишаються статистично вірогідними. Зменшення вмісту неестерифікованих жирних кислот у вовні ярок відбувається, в основному за рахунок фракцій холестеролу. Так, кількість естерифікованого холестеролу у вовні двомісячних ягнят є майже у два рази більшою, ніж у вівцематок. Відносно стеринової фракції, то її кількість у різних вікових групах овець є стабільною.

Таблиця 52. Вікова динаміка співвідношення вільних внутрішніх ліпідів в овні вівцематок та ярк (система петролейний етер-диетиловий етер 4:1), % (M±m, n=3)

Ліпіди	Вівцематки			
Неетерифікований холестерол	68,68±1,99	61,69±1,01	60,20±0,84	60,11±0,50
НЕЖК	11,97±0,74	14,17±0,16	11,24±0,26	12,62±0,25
Стеринова фракція	10,70±0,74	14,17±0,46	14,85±0,96	13,50±0,80
Етерифікований холестерол	8,65±0,51	9,97±0,42	13,71±0,32	13,78±0,24
	Ярки			
	(2 міс.)	(6 міс.)	(9 міс.)	(11 міс.)
Неетерифікований холестерол	65,79±0,58	63,14±0,57	61,91±0,49	62,48±0,91
НЕЖК	6,55±0,36**	11,56±0,19***	9,69±0,45*	12,30±0,53
Стеринова фракція	10,62±0,46	14,04±0,36	14,51±0,62	11,46±0,17
Етерифікований холестерол	17,04±0,55***	11,27±0,85	13,89±0,11	13,76±1,07

З даних таблиці 53 видно, що найбільш характерні зміни у співвідношенні ліпідів, розділених у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4), спостерігаються з боку сульфоліпідів. Кількість їх у овні ярк усіх вікових груп є меншою, у порівнянні з овною повновікових вівцематок. Натомість, овна дорослих тварин характеризується меншим вмістом основного компонента полярних ліпідів — церамідів, а у овні двомісячних ярк є найбільший вміст глюкозилцерамідів. Суттєвих різниць між вмістом інших класів ліпідів, тобто гліколіпідів найвищої полярності та холестерол сульфату за умов наших досліджень не було виявлено.

Таблиця 53. Вікова динаміка співвідношення вільних внутрішніх ліпідів вовни вівцематок та ярки (система хлороформ-метанол-вода (65:25:4), % (M±m, n=3)

Ліпіди	Вівцематки			
Гліколіпіди найвищої полярності	3,74±0,31	4,85±0,28	5,36±0,18	5,96±0,29
Холестерол сульфат	11,41±0,61	10,68±0,38	10,32±0,45	10,12±0,03
Глюкозилцераміди	14,65±0,48	13,69±1,31	13,02±0,78	14,01±0,51
Сульфоліпіди	24,86±1,17	23,28±0,73	22,53±0,74	20,35±1,14
Цераміди	45,34±1,89	47,50±0,36	48,78±1,22	49,55±0,93
	Ярки			
	(2 міс.)	(6 міс.)	(9 міс.)	(11 міс.)
Гліколіпіди найвищої полярності	3,18±0,24	5,09±0,20	4,98±0,36	5,40±0,32
Холестерол сульфат	9,62±0,45	10,12±0,46	10,28±0,35	9,87±0,21
Глюкозилцераміди	17,15±0,34*	15,57±0,63	13,65±0,27	13,13±0,26
Сульфоліпіди	20,30±0,48*	20,71±0,41 ⁺	19,91±0,33 ⁺	19,37±0,26
Цераміди	49,75±0,57	48,52±0,49	51,18±0,55	52,23±0,18 ⁺

Таким чином, з представлених даних випливає, що вміст поверхневих та структурних ліпідів у вовні овець значною мірою залежить від вікових чинників.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Mercer E. H. Keratin and keratinization on assay in molecular biology. London: Pergamon Press, 1961. P. 9–27.
2. Schinkel P. G. Mitotic activity in wool follicle bulbs. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1961. Vol. 14, № 4. P. 659.
3. Макар И. А. Биохимические основы шерстной продуктивности овец. М.: Колос, 1977. 192 с.
4. Макар И. А. Биохимические аспекты процессов шерстеобразования. *Научно-технический бюллетень Украинского НИИ физиологии и биохимии с-х животных*. 1979. С. 3–8.
5. Абилова Г. М., Ордабаева У. С. Использование генетики детерминированных маркеров белков крови для ранней оценки продуктивных качеств овец. Тезисы докладов II Всесоюзного совещания «Генетика разведения». 1990. Ч. 2. С. 200.
6. Сарсенбаев Н. А., Афанасьев К. И. Генетическая структура популяции кожи овец каракульской породы по гемоглобину и трансферину крови. *Сельскохозяйственная биология*. 1985. №. 4. С. 82–85.
7. Стапай П. В., Макар І. А., Сачко Р. Г., Гавриляк В. В. Зв'язок гормонів щитовидної залози в крові гірськокарпатських овець з ростом вовни. *Науково-технічний бюлетень Інституту землеробства і біології тварин*. Львів, 1999. Вип. 1, № 3. С. 62–66.
8. Башкеев Е. И., Клинский Ю. Д. Влияние тиреоидных гормонов на рост, развитие и привесы тонкорунных овец. *Животноводство*. 1971. №. 2. С. 69–70.
9. Chapman R. E., Hoprins P. S., Thorburn G. D. The effect of fetal thyroidectomy and thyroxine administration of the development of the skin and wool follicles of sheep fetuses. *Journal of Anatomy*. 1974. Vol. 17, № 2. P. 419–432.

10. Стапай П. В., Макар І. А., Сачко Р. Г. та ін. Зв'язок гормонів щитовидної залози в крові овець з ростом вовни. *Біологія тварин*. Львів, 2000. Т. 2, № 1. С. 75–80.
11. Гавриляк В. В. Взаємозв'язок показників обміну речовин у крові гірськокарпатських овець (закарпатський тип) з ростом, структурою, хімічним складом та фізичними параметрами вовни: автореф. дис... канд. с.-г. наук 03.00.04. / В. В. Гавриляк. Львів, 2001. 16 с.
12. Стапай П. В., Гавриляк В. В., Остап'юк О. Р. Гормональна регуляція процесів вовноутворення. *Журнал агробіології та екології*. 2007. Т. 3, № 1–2. С. 32–43.
13. Макар І. А., Швець С. Ф., Стапай П. В. та ін. Вплив інсуліну та тиреоїдину на проліферативні процеси у волосяних фолікулах, ріст вовни, її структуру і хімічний склад. I Український симпозіум по ендокринології тварин (тези доповідей). Львів, 1994. С. 5.
14. Wie S. X., Polk D. H., Wong S. et al. Thyroxine-sulfate (TrS) is a major thyroid hormone metabolite and a potential intermediate in the inactivating pathway in fetal sheep: [Abstr.] 65th Meet. Amer. Thyroid Assoc., Boston, Mass., Sept. 12–15 1991. *Thyroid*. 1991. Vol. 1, № 1. P. 37.
15. Клинский Ю. Д., Даровских В. Е. Как влияют тироксин и метионин на рост шерсти. *Овцеводство*. 1973. № 4. С. 19–21.
16. Brian W., McBride R. J., Richard J. E. Energy expenditure associated with sodium/potassium transport and protein synthesis in skeletal muscle and isolated hepatocytes from hyperthyroid sheep. *British Journal of Nutrition*. 1989. Vol. 62, № 3. P. 673–682.
17. Радченков В. П., Бутров Е. В., Ероменко В. И. Содержание тироксина, трийодтиронина, инсулина и кортизола в крови первотелок в зависимости от характера кормления. *Сельскохозяйственная биология*. 1987. № 8. С. 76–79.
18. Вовк С. И. Возрастные особенности синтеза мышечных белков и липидов у КРС и гормональные факторы его регуляции. Биологические основы

высокой продуктивности с.-х. животных: Тезисы докладов международной конференции (Боровск, 3–7 сентября 1990 г). 1990. Ч. 2. С. 41–42.

19. Макар І. А., Швець С. Ф., Стапай П. В., Новосад М. П. Вплив інсуліну та тиреоїдину на ріст вовни, її структуру та фізичні показники. Проблеми АПК Карпат (міжвідомчий тематичний збірник). В. Бакта, 1995. Вип. 4. С. 241–246.

20. Лукашевский З. Ф., Макар И. А. Влияние алиментарных и других факторов на белковый обмен в кожи в связи с шерстеобразованием. *Научно-технический бюллетень Украинского НИИ физиологии и биохимии с-х животных*. 1979. № 2. С. 3–8.

21. Ryder M. H. Growth cycles in the coat of ruminants. *International Journal of Chronobiology*. 1978. Vol. 5. P. 369–394.

22. Zibon V. A., Wrigth D., Esia S. L. Effects of insulin on the uptake and metabolism of glucose by rat skin in vitro. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1971. Vol. 146. P. 93–99.

23. Schiller C. M., Taylor W. M., Halperin M. L. Control of fatty synthesis in white adipose tissue by insulin: coordination between the mitochondrial citrate transporter and pyruvate dehydrogenase. *Canadian Journal of Biochemistry*. 1974. Vol. 52, № 10. P. 813–821.

24. Стапай П. В. Показатели липидного обмела в коже овец в связи с шерстеобразованием. *Научно-технический бюллетень Украинского НИИ физиологии и биохимии с-х животных*. Львов, 1979. Вып. 2. С. 62–63.

25. Davis R. A., Sinencky M., Junker L. H. Regulation of cholesterol synthesis and the potential for its pharmacologic manipulation. *Pharmacology & Therapeutics*. 1989. Vol. 43, № 2. P. 221–236.

26. Zainur A. S., Tassell R., Kellaway R. C., Dodemaide W. R. Recombinant growth hormone in growing lambs: effects on growth, feed utilization, body and carcasse characteristics and on wool growth. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1989. Vol. 40, № 1. P. 195–206.

27. Ibraheem M., Galbraith H., Scaife J., Ewen S. Growth of secondary hair follicles of the Cachimire goat in vitro and their response to prolactin and melatonin. *Journal of Anatomy*. 1994. Vol. 185, № 1. P. 135–142.
28. Morgan P. S., Mercer J. G. Control of seasonality by melatonin: [pap.] Symp. Scott. Sec. Nutr. Soc. «Seasonality», Edinburg, 7–8 Apr. 1994. Proceedings of the Nutrition Society. 1994. Vol. 53, № 3. P. 483–493.
29. Седіло Г. М. Роль мінеральних речовин у процесах вовноутворення. Львів: Афіша, 2002. 184 с.
30. Седіло Г. М., Макар І. А., Стапай П. В. та ін. Методичні рекомендації з використання солемінеральних сумішей в годівлі овець у господарствах різних регіонів України. Львов, 2003. 16 с.
31. Седіло Г. М., Макар І. А., Стапай П. В. Вплив мінеральних речовин на ріст вовни, її хімічний склад, фізичні властивості та живу масу овець. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2000. Т. 2, № 2, Ч. 3. С. 153–155.
32. Макар І. А., Стапай П. В., Сачко Р. Г. Застосування мінеральних речовин в годівлі овець і деякі аспекти процесів вовноутворення. Тези доповідей міжнародної конференції «Біологічні основи живлення с.-г. тварин». Львів, 15–18 вересня 1998. С. 39.
33. Ткачук В. М., Стапай П. В., Кирилів Я. І., Сидір Н. П. Ефективність застосування фільтроперліту у годівлі овець: метод. Рекомендації. Львів, 2011. 27 с.
34. Ермолова Л. С., Казановский А., Харечко Л. Н. Состав шерстного жира и условия кормления. *Овцеводство*. 1990. С. 42–43.
35. Стапай П. В., Параняк Н. М., Строгуш Н. С. та ін. Вплив низького рівня годівлі на продуктивність та хімічні показники вовни і жиропоту асканійських м'ясо-вовнових овець. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2010. Вип. 3. С. 122–129.
36. Стапай П. В., Макар І. А., Гавриляк В. В. та ін. Фізіолого-біохімічні основи живлення овець. Львів: Лео-Бланк, 2007. 98 с.

37. Двалишвили В. Г., Степанов Г. Н. Разный уровень и источники серы в рационах баранчиков. *Бюлл. Научных работ ВНИИИ животноводства*. 1991. № 103. С. 54–57.
38. Ткачук В. М., Стапай П. В., Кирилів Б. Я. Перспективи застосування фільтроперліту в годівлі овець. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. Львів, 2011. Т. 13, № 2 (48), Ч. 2. С. 143–146.
39. Патент № 65648 Україна, МПК А 23 К 1/16, А 23 К 1/18, А 23 К 1/22. Спосіб підвищення продуктивності овець. Ткачук В. М., Стапай П. В., Сидір Н. П., Кирилів Я. І.; заявник і власник патенту Ін-т біології тварин НААН. № u 2011 06448; заявл. 23.05.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23.
40. Ткачук В. М., Стапай П. В., Кирилів Я. І. Економічна ефективність застосування підвищених рівнів мінеральних елементів та фільтроперліту у годівлі овець. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. Львів, 2014. Т. 16, № 3 (60), Ч. 3. С. 193–198.
41. Wertz P. W. Integral lipids of hair and stratum corneum. In: H. Zahn, P. Jolles P. *Hair: biology and structure*. Basel: Birkhauser, 1996. P. 227–237.
42. Ткачук В. М., Стапай П. В., Кирилів Я. І. Ефективність застосування сухих яблучних вичавок у годівлі овець: метод. рекомендації. Львів, 2014. 17 с.
43. Янович В. Г., Вовк С. Й., Захарів О. Я. Використання ріпакової олії в годівлі сільськогосподарських тварин: метод. Рекомендації. Львів, 1991. 19 с.
44. Калачнюк Г. І. Ріпакові добавки у годівлі тварин. *Тваринництво України*. 1997. № 11. С. 22–25.
45. Калачнюк Г. И., Савка О. Г., Герасимов М. Г. Методические рекомендации по использованию семян рапса при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота. Львов, 1998. 40 с.
46. Кравців Р. Й., Гладій М. В., Калачнюк Г. І. та ін. Біотехнологічні основи використання модифікованих ріпакових кормових добавок у

тваринництві. Рекомендації з науково-практичним обґрунтуванням і методами досліджень. Київ, 2000. 61 с.

47. Стапай П. В., Гіржева О. Л. Відгодівельні і м'ясні якості баранчиків багатоплідного типу каракульських овець при використанні в раціонах ріпакової макухи та різних рівнів макро- і мікроелементів. Матеріали Міжнародної конф. «Актуальні проблеми с.-г. тварин і технології кормів». 15–16 жовтня 2003 р. Київ, 2003. С. 39–40.

48. Стапай П. В., Ткачук В. М., Гіржева О. Л. Вплив дієти з добавкою ріпакової макухи та різних рівнів сульфуру, селену, іоду та силіцію на вміст і склад ліпідів кератину вовни овець та її фізичні показники. *Сільський господар*. Львів, 2006. № 5–6. С. 15–17.

49. Стапай П. В., Макар І. А., Грабовська О. С. та ін. Використання ріпакових кормів (макуха, шрот) у годівлі овець. Методичні рекомендації. Львів, 2003. 16 с.

50. Гіржева О. Л. Продуктивність асканійського багатоплідного типу каракульських овець при згодовуванні ріпакової макухи, збагаченої підвищеними рівнями мікро- і макроелементів: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.02.02 / О. Л. Гіржева. Львів, 2004. 16 с.

51. Гіржева О. Л., Стапай П. В., Гавриляк В. В. Баланс сірки, кремнію, йоду та селену в організмі овець при згодовуванні ріпакової макухи, збагаченої підвищеними рівнями цих елементів. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2005. Т. 7, № 2, Ч. 3. С. 62–66.

52. Font R., del Río-Celestino M., Cartea E., de Haro-Bailón A. Quantification of glucosinolates in leaves of leaf rape (*Brassica napus* ssp. *pabularia*) by near-infrared spectroscopy. *Phytochemistry*. 2005. Vol. 66, № 2. P. 175–185.

53. Alexander J., Auðunsson G. A., Benford D. Glucosinolates as undesirable substances in animal feed Scientific panel on contaminants in the food chain. *The European Food Safety Authority Journal*. 2008. Vol. 590. P. 1–76.

54. Беседін О. В. Мінливість показників жиропоту вовни овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Вівчарство*. 2011. Вип. 36. С. 15–21.
55. Антонік І. І. Взаємозв'язок між показниками жиропоту та продуктивністю овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи: автореф. дис.... канд. с.-г. наук / І. І. Антонік. Херсон, 2005. 21 с.
56. Стапай П. В., Коцюба Д. М., Король В. І. Вплив схрещування овець на якість жиропоту. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. Львів, 1991. Вип. 13, № 1. С.49–52.
57. Ладугина Л. А. Характеристика жиропота шерсти нерчинського заводського типу забайкальської тонкорунної породи овець. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2007. № 1. С. 48–51.
58. Котарев В. И. Содержание жиропота в шерсти овец разного происхождения. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2006. № 4. С. 65–66.
59. Васильева Л. Г., Кулаков Б. С., Мирошниченко С. И. и др. Некоторые тенденции изменения технологических характеристик жиропота в шерсти овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2011. № 4. С. 44–46.
60. Корбич Н. М. Характеристика жиропоту вовни овець таврійського внутріпородного типу асканійської тонкорунної породи. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 2000. Вип. 4 (9). С. 83–88.
61. Шкилев П. Н. Показатели жиропота шерсти баранов-производителей на Южном Урале. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2008. № 2. С. 90–92.
62. Ткачук В. М., Стапай П. В., Гавриляк В. В. Кутикулярні ліпіди вовни, мікрофлора та жиропіт руна гірськокарпатських вівцематок з природним забарвленням вовнового покриву за умов весняного утримання. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва*. Черкаси, 2010. Вип. 10. С. 63–67.

63. Васильева Л. Г., Мирошниченко С. И., Пантелеева Л. М. Изменение фракционного состава жиропота шерсти австралийских мериносовых баранов. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2009. № 3. С. 34–28.
64. Васильева Л. Г., Кулаков Б. С., Мирошниченко С. И. и др. Некоторые тенденции изменения технологических характеристик жиропота в шерсти овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2011. № 4. С. 44–46.
65. Ткачук В. М., Стапай П. В., Гавриляк В. В. Секреція жиропоту та сезонні зміни ліпідного складу воску руна овець української гірськокарпатської породи з різним кольором вовнового покриву. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. Дніпропетровськ, 2011. № 1. С. 180–184.
66. Ткачук В. М., Стапай П. В. Порівняльна характеристика макроструктури, хімічного складу та фізичних показників вовни овець різних порід. *Біологія тварин*. Львів, 2014. Т. 16, № 4. С. 166–170.
67. Tkachuk V. M., Havrylyak V. V., Stapay P. V., Sedilo H. M. Comparative characteristics of internal lipids in wool fibres of different types. *Біологія тварин*. Львів, 2013. Т. 15, № 2. С. 131–139.
68. Доков В., Савов Т. Исследования върху морфологията на кожаната на цигейски местни планински и кръстоски овце майки въввръзка с качеството на вълната. *Животновъдни науки*. 1970. № 3. С. 27–41.
69. Ладугина Л. А. Продуктивные качества, физико-механические и товарные свойства шерсти овец нерчинского типа забайкальской тонкорунной породы в зависимости от цвета жиропота: автореф. дис....канд. с.-х. наук / Л. А. Ладугина. Улан-Удэ, 2004. 21 с.
70. Антонік І. І., Штомпель М.В. Зв`язок між жиропотом і продуктивністю овець асканійської тонкорунної породи таврійського типу. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Вівчарство: стан, проблеми, перспективи». Кам'янець-Подільський, 2004. С. 27–29.
71. Rogers G. E. Biology of the wool follicle: an excursion into a unique tissue interaction system waiting to be re-discovered. *Experimental Dermatology*. 2006. Vol. 15, № 12. С. 931–949.

72. Козманишвили Д. Г. Сезонные изменения и породные особенности состава и свойств шерстного жира (воска), пота и шерсти тонкорунных овец: автореф. дис....канд. биол. наук / Д. Г. Козманишвили. Дубровицы, 1971. 22 с.

73. Ткачук В. М., Стапай П. В., Гавриляк В. В., Параняк Н. Н. Сезонная секреция жиропота и состав липидов воска руна овцематок породы прекос и их помесей с сусфолками. Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Повышение интенсивности и конкурентоспособности отраслей животноводства. 14–15 сентября 2011. Беларусь, Жодино, 2011. Ч. 2. С. 360–361.

74. Ткачук В. М., Стапай П. В. Зв'язок мікрофлори руна з жиропотом та кутикулярними ліпідами у вівцематок і ярок породи прекос за умов пасовищного утримання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. Львів, 2010. Т. 12, № 2 (44), Ч. 2. С. 340–344.

75. Родимица Л. А. Возрастные и сезонные особенности свойства шерсти, шерстного жира (воска) и пота у овец волгоградской породной группы: автореф. дис....канд. с.-х. наук / Л. А. Родимица. Дубровицы, 1981. 22 с.

76. Куликова А. Я., Ульянов А. Н. Породные различия и сезонная изменчивость качества шерсти и свойств жиропота овец с люстровой шерстью. *Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства*. 2016. Т. 1, № 5. С. 24–29.

77. Ткачук В. М., Стапай П. В., Кирилів Я. І. Вікові та сезонні особливості вмісту і складу жиропоту та ліпідів кератину вовни овець. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Львів, 2011. № 15 (1). С. 483–489.

78. Романенко Л. Г. Возрастные изменения свойств пота и шерсти у ярок советской мясо-шерстной породы (казказский тип). *Актуальные проблемы интенсификации животных и кормопроизводства в Поволжье*. 1988. С. 98–103.

79. Дубінін О. М., Стапай П. В. Якість жиропоту овець та його захисті властивості при різних строках стрижки. *Науково-технічний бюлетень Українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії с.-г. тварин*. Львів, 1990. Вип. 12, № 1. С. 58–62.

80. Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К., Пантелеева Л. М. Рекомендации по оптимальным срокам хранения и первичной обработки шерсти с учётом состава жиропота. Ставрополь: ГНУ СНИИЖК. 2005. 24 с.

81. Ткачук В. М., Стапай П. В., Мотько Н. Р. Сезонні зміни кількісного і якісного складу ліпідів нативного воску і воску з жиропоту руна вівцематок породи прекос та їх помісей із суффолками. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Житомир, 2011. № 2, Т. 1 (29). С. 143–150.

82. Воронцова О. А. Роль жиропота в качественной характеристике шерсти овец Поволжья: автореф. дис.... канд. с.-г. наук / О. А. Воронцова. Ставрополь, 2004 18 с.

83. Ткачук В. М., Стапай П. В., Гаврыляк В. В., Параняк Н. Н. Количественный и качественный состав жиропота и микрофлора руна овцематок различных пород. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. Россия, Барнаул, 2013. № 7 (105). С. 79–81.

84. Штомпель М. В., Салганська В.О., Антонік І.І. Вміст жиру і поту у вовні таврійських мериносових овець різних статевих і вікових груп. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2001. Вип. 34. С. 115–119.

85. Ткачук В. М. Вікові особливості ліпідного складу кутикули вовни, мікрофлори та жиропоту руна овець породи прекос за умов весняного утримання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. Львів, 2009. Т. 11, № 3 (42), Ч. 3. С. 141–145.

6. РОЛЬ ЛПІДІВ У ПРОЦЕСАХ ПОЖОВТІННЯ ТА ЗВАЛЮВАННЯ ВОВНИ

6.1 Вивчення механізмів пожовтіння вовни

Серед різноманітних вад вовни втрата нею її природного білого кольору вважається найбільш серйозною. Колір вовни — одна з найважливіших ознак якості вовняної сировини в цілому. Найцінніша вовна при усіх інших показниках — біла. Ось чому пожовтіння волокон, тобто втрата ними природного білого кольору, є серйозною вадю, яка погіршує їх фізико-хімічні, а значить і технологічні властивості [1, 2].

Пожовтіла вовна має обмежену здатність фарбуватись у світлі (пастельні) відтінки, до того ж останні є нестійкими до дії денного світла. Така вовна характеризується гіршими фізичними показниками і, насамперед, втратою міцності волокон. Тому вона відноситься до нижчих сортів і, зрозуміло, ціниться менше, у порівнянні з нормальною білою вовною. За приблизними даними текстильній промисловості щорічно доводиться переробляти понад 40 % вовни з різним ступенем пожовтіння. Ось чому питання пожовтіння вовни віддавна привертає велику увагу численних дослідників і зацікавлених практичних працівників. Свідченням цього є наявність великої бібліографії, присвяченої різним аспектам генезу і профілактики цієї вади. Однак, не дивлячись на це, сам механізм її нині до кінця так і не пізнаний. Саме цим й слід пояснювати відсутність науково-обґрунтованих заходів як попередження, так і ліквідації даної вади вовни.

Пожовтіння вовни залежить від комплексу чинників екзогенного та ендогенного характеру, найвагомими з яких є кількісні і якісні параметри жиропоту. При цьому слід пам'ятати, що сам вовновий жир (віск), на відміну від поту, не викликає пожовтіння волокон, а спричиняє його піт і рН середовища.

Кращими захисними властивостями володіє жиропіт світлого або світло-кремового кольору. У жиропоті з кремово-жовтим і жовтим відтінками, як правило, переважає потова частина, до того ж з високими показниками рН. Саме у такому жиропоті інтенсивніше проходять процеси окиснення, омилення та гідролізу, що призводить до порушення співвідношення між ліпідними компонентами воску: зменшення кількості етерифікованого холестеролу і збільшення частки полярних ліпідів. Пожовтіння вовни якраз і пов'язане з перебігом згаданих процесів в середовищі жиропоту. Останні значно посилюються при підвищеній температурі і вологості навколишнього середовища [3, 4].

З огляду на це, нами проведено дослідження жиропоту білої та пожовтілої вовни вівцематок асканійської тонкорунної породи овець. У результаті проведення досліджень встановлено (табл. 54), що у пожовтілій вовні міститься вірогідно менша кількість воску, у порівнянні з білою (на 2,9 %). При цьому важливо підкреслити, що жиропіт, виділений з білої вовни, має світлі відтінки, а з пожовтілої є жовтуватого кольору. Окрім того, у жовтому жиропоті міститься більша кількість поту, який, до того ж, характеризується вищими показниками рН (8,6 проти 7,8).

Отже, висока частка поту вказує на погіршення захисних властивостей жиропоту, що може призводити до деструктивних змін у структурі самих волокон [5].

Аналізуючи цифрові дані таблиці 54 не важко зауважити, що якість воску (співвідношення окремих класів ліпідів), виділеного з жиропоту різних кольорів, є неоднаковою. Так, білий віск, на відміну від жовтого, характеризується вірогідно вищою концентрацією етерифікованого холестеролу і відповідно нижчою — полярних ліпідів та неетерифікованих жирних кислот.

Таблиця 54. Вміст і склад жиропоту білої та пожовтілої вовни ($M \pm m$, $n=4$)

Показник	Вовна	
	біла	пожовтіла
Кількість воску, %	18,41±0,76	15,48±0,68*
Склад воску, %:		
– полярні ліпіди	21,04±1,06	24,56±0,60*
– неестерифікований холестерол	11,86±0,52	12,59±0,24
– ланостерол	6,35±0,41	7,20±1,01
– НЕЖК	3,64±0,51	5,59±0,20**
– дегідрохолестерол	8,92±0,51	8,12±0,75
– сквален	6,32±0,21	6,71±0,94
– естерифікований холестерол	41,88±1,21	35,24±1,31**
Кількість поту, %	15,52±0,47	18,27±1,29
pH поту	7,80±0,11	8,63±0,21*
Співвідношення віск:піт	1:0,84	1:1,18

Відомо, що жиропіт вовни перебуває у тісній взаємодії з її мікрофлорою. З огляду на це, цікавими є результати, отримані нами при дослідженні мікрофлори білого і пожовтілого руна (табл. 55). Зокрема показано, що у руні вівцематок з пожовтілою вовною міститься вірогідно більша кількість бактерій. У зв'язку з цим, слід нагадати, що з овечої вовни можна виділити понад 100 різних видів мікроорганізмів, у тому числі й пігментоутворюючих, які, як дехто вважає, можуть надавати вовні жовтого забарвлення [6].

Отже, жиропіт жовтого кольору, який притаманний пожовтілій вовні, характеризується меншим вмістом воску і більшим поту з вищими показниками його pH. Тобто, у такому жиропоті інтенсивніше відбиваються процеси окиснення і гідролізу, що в кінцевому результаті призводить до погіршення його захисних властивостей.

Таблиця 55. Кількісний та видовий склад мікроорганізмів у білій і пожовтілій вовні асканійських тонкорунних вівцематок, КУО/г (M±m, n=4)

Мікроорганізми	Вовна	
	біла	пожовтіла
Бактерії x 10 ⁹	0,50±0,07	0,78±0,06*
Актиноміцети x 10 ⁵	1,75±0,25	1,75±0,25
Гриби x 10 ⁵	1,25±0,25	2,00±0,408
Плісиневі гриби x 10 ³	32,50±2,50	40,00±4,08
Нейроспори x 10 ³	2,00±0,41	2,50±0,29

Що стосується інших груп мікроорганізмів, зокрема актиноміцетів, грибів, нейроспор та плісиневих грибів, то у пожовтілій вовні спостерігається лише тенденція до їх збільшення.

Дослідження внутрішніх ліпідів пожовтілої вовни показали (табл. 56), що загальна кількість вільних ліпідів у вовні асканійських тонкорунних вівцематок становить 0,83%. У пожовтілій вовні цей показник є дещо меншим і складає 0,68%. Як з'ясувалось, зменшення вмісту загальних вільних ліпідів у пожовтілій вовні відбувається, в основному, за рахунок зменшення фракції етерифікованого холестеролу (на 4 %) та керамідів (на 2,2 %).

Отже, отримані дані вказують на те, що процеси пожовтіння вовни супроводжуються процесами гідролізу її ліпідних компонентів. На це вказує вірогідне збільшення у дефектній вовні фракції неетерифікованих жирних кислот (на 4,7 %) та зменшення — етерифікованого холестеролу. Причому це стосується як вільних, так і зв'язаних форм ліпідів (табл. 56, 57). Щоправда, у даному випадку незрозумілим є лише механізм збільшення вмісту холестерол сульфату (на 2,8 %) у складі вільних ліпідів вовни.

Таблиця 56. Кількість і склад вільних внутрішніх ліпідів білої та пожовтілої вовни, % (M±m, n=4)

Ліпіди	Вовна	
	біла	пожовтіла
Загальна кількість	0,83±0,04	0,68±0,06
З них: ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):		
Гліколіпіди найвищої полярності	6,17±0,15	6,19±0,37
Холестерол сульфат	10,55±0,34	13,37±0,75*
Глюкозилцераміди	13,79±0,38	12,51±0,55
Сульфоліпіди	20,52±0,30	21,15±0,46
Цераміди	48,98±0,43	46,79±0,61*
ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):		
Неетерифікований холестерол	57,66±1,37	55,86±1,05
НЕЖК	10,35±0,53	15,01±0,74**
Стеринова фракція	12,51±0,97	13,63±0,54
Етерифікований холестерол	19,49±0,90	15,51±0,60*

Кількість загальних ліпідів, які знаходяться у зв'язаному стані, є практично у два рази більшою, в порівнянні з вільними. При чому у білій і пожовтілій вовні їх кількість є практично однаковою і становить відповідно 1,82 та 1,80% (табл. 57).

Стосовно ліпідного складу зв'язаної фракції, то з даних таблиці 57 видно, що у пожовтілій вовні найбільш помітних змін зазнають неідентифіковані поки-що нами фракції ліпідів. Зокрема, перша з них збільшується на 1,9 %, а друга — на 2,8 %. Однак, паралельно з цим зменшується вміст глюкозилцерамідів на 2,9 %, а також спостерігається тенденція до зменшення кількості усіх стеринових компонентів та церамідів.

Таблиця 57. Кількість і склад зв'язаних внутрішніх ліпідів білої та пожовтілої вовни, % (M±m, n=4)

Ліпіди	Вовна	
	біла	пожовтіла
Загальна кількість	1,82±0,04	1,80±0,05
З них: ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4)		
Гліколіпіди найвищої полярності	5,20±0,24	5,65±0,71
Неідентифіковано	3,01±0,21	4,90±0,59*
Холестерол сульфат	12,78±1,03	12,08±1,39
Неідентифіковано	3,59±0,23	6,39±0,59**
Глюкозилцераміди	15,88±0,99	12,95±0,54*
Сульфоліпіди	21,92±1,01	21,93±1,62
Цераміди	37,63±0,63	36,11±0,83
ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1)		
Неетерифікований холестерол	26,47±0,95	25,97±0,88
НЕЖК	16,51±1,00	20,03±1,02*
Стеринова фракція	16,58±0,62	15,55±0,56
Етерифікований холестерол	40,43±1,27	38,46±1,94

Отже, процеси пожовтіння вовни призводять до глибоких деструктивних змін у складі структурних ліпідів кератину вовни. Проте, зменшення загальної кількості ліпідів спостерігається лише у вільній фракції, що може свідчити про більш глибокі деструктивні зміни у процесі пожовтіння волокон, які відбуваються у їх верхніх шарах, тобто в кутикулі вовняного волокна. На це вказують і дослідження кератоз та поверхні волокон.

Зокрема, за допомогою сканувального електронного мікроскопа, нами з'ясовано поверхневу структуру пожовтілої вовни. Результати цих досліджень представлені на фото 12. З нього видно, що ушкодження волоса, незалежно від природи чинників, які його викликали, насамперед, проявляється в деструктивних змінах його поверхні. Зокрема, видно, що процеси пожовтіння

вовни призводять до певних змін кутикулярного шару. Так, у пожовтілій вовні краї не чіткі і майже зовсім згладжені, що може вказувати на їх ушкодження й часткове злушення.

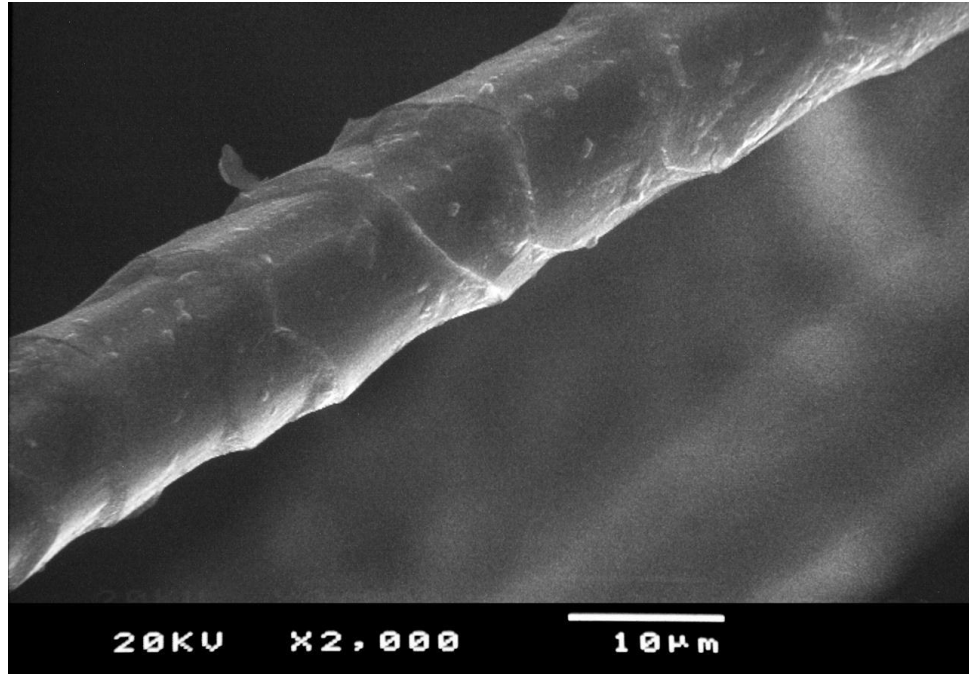


Фото 12. Зображення зовнішньої поверхні пожовтілої вовни, X 2000

Відомо, що різні структурні компоненти вовнового волокна містять неоднакову кількість ліпідів. Найбільша їх кількість є у β -кератозі, тобто кутикулі волоса. γ -кератоза або цементуюча речовина (матрикс), містить лише фракції неетерифікованого та етерифікованого холестеролу, проте, вона найбільш багата полярними ліпідами. α -кератоза (протеїн макро- і мікрофібрил) характеризується порівняно низьким вмістом ліпідів. Нами встановлено зменшення вмісту ліпідів у пожовтілій вовні у тих фракціях, які зазнають пожовтіння, передусім, тобто в α - і β -кератозах [7].

Подібні результати отримані і у інших дослідженнях. Зокрема з таблиці 58 видно, що у пожовтілій вовні порушується співвідношення між альфа, бета і гамма-кератозами за рахунок істотного зменшення бета-кератози, тобто кутикули вовняного волокна. Якщо співставити ці результати із результатами мікроскопічних досліджень, то бачимо чітке їх співпадіння. І, як видно із

цифрових даних цієї таблиці, відносний вміст бета-кератози у пожовтілій вовні зменшився на 1,6 %.

**Таблиця 58. Макроструктура білої та пожовтілої вовни вівцематок, %
($M \pm m$, $n=4$)**

Кератоза	Вовна	
	біла	пожовтіла
Альфа	61,18±2,84	62,48±2,77
Бета	12,95±0,47	11,33±0,46*
Гамма	25,87±2,64	26,20±2,37

Отже, результати проведених досліджень вказують на те, що у процесі пожовтіння вовни найбільш відчутних змін зазнає кутикулярний шар волокон, тобто бета-кератоза.

З літературних джерел відомо, що вплив ультрафіолетових променів та Оксигену призводить до руйнування молекул кератину [8–10]. У своїх дослідженнях ми отримали подібні дані. Так, при дослідженні амінокислотного складу (табл. 59) встановлено, що сума амінокислот у пожовтілій вовні зменшується загалом на 13,5 г/кг або на 1,4 %, у порівнянні з білою вовною. Зменшення амінокислот у пожовтілій вовні проходить за рахунок їх більшості, за виключенням аланіну, аргініну, гліцину, ізолейцину, лейцину, метіоніну і треоніну, але вірогідне зменшення спостерігається лише з боку гістидину, лізину та триптофану.

Раніше було висловлено припущення, що процеси пожовтіння можуть призводити до модифікації деяких циклічних амінокислот, зокрема, тирозину та триптофану, у результаті чого спочатку виникає спонтанне збільшення їх кількості, а за глибокої деструкції волокон — поступове зменшення. До речі, саме з цими амінокислотами пов'язаний можливий механізм утворення жовто-коричневих пігментів.

**Таблиця 59. Амінокислотний склад білої та пожовтілої вовни, г/кг
($M \pm m$, $n=4$)**

Амінокислота	Вовна	
	біла	пожовтіла
Аланін	38,78±0,55	38,83±0,72
Аргінін	61,18±4,19	61,63±3,06
Аспарагінова кислота	78,23±3,59	77,18±3,31
Валін	49,13±1,28	48,88±1,45
Гістидин	8,92±0,53	7,22±0,36*
Гліцин	56,23±5,67	56,08±5,98
Глутамінова кислота	102,80±3,67	101,98±3,02
Ізолейцин	37,15±1,77	37,48±1,27
Лейцин	77,28±2,00	77,33±1,51
Лізін	26,03±0,80	23,68±0,26*
Метіонін	4,78±0,31	4,78±0,14
Пролін	51,88±1,87	51,55±1,82
Серин	90,28±2,76	89,47±1,57
Тирозин	36,13±0,99	34,28±0,58
Треонін	59,90±1,59	59,93±1,23
Триптофан	15,83±0,39	14,20±0,41*
Фенілаланін	25,13±0,71	24,75±0,62
Цистин	121,33±2,11	118,23±0,95
Σ амінокислот	940,99	927,48

Встановлено, що в процесі дії на вовну енергії сонця і Оксигену повітря утворюються різні продукти розпаду кератину. Щоправда, якщо для тирозину і триптофану розвиток цього процесу залежить від наявності Оксигену, то для цистину — ні. Пожовтіння вовни в мокрому стані настає тільки за наявності Оксигену. Вважається, що в цьому випадку пожовтіння є результатом фотохімічної деструкції цистину з наступним розкладанням його лужним потом

з утворенням сірководню та аміаку; окиснення тирозину до 3,4-діоксифенілаланіну, з подальшим його перетворенням у жовто-коричневий пігмент; а також триптофану до формілкінуреніну з наступним утворенням кінуреніну (рис. 28) [11–14].

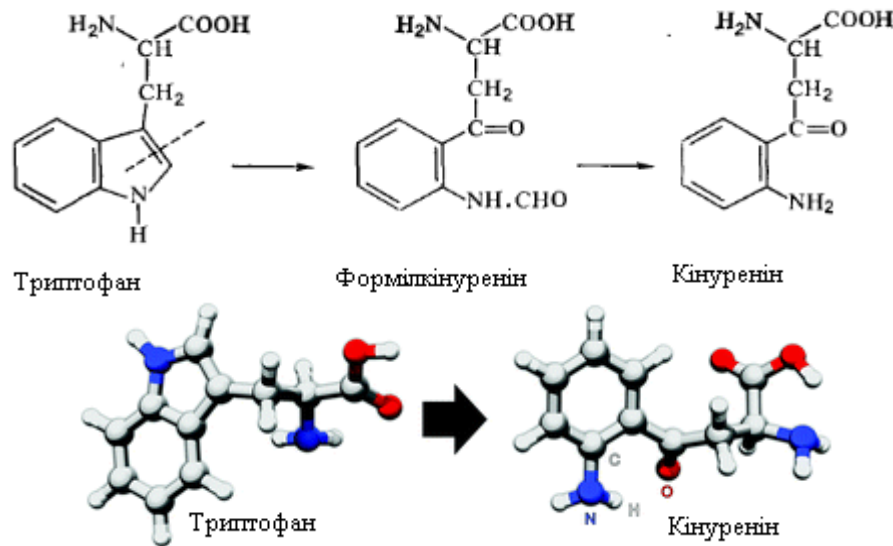


Рис. 28. Схематичне зображення утворення кінуреніну з триптофану [14]

Дещо незрозумілим у цьому процесі є роль гістидину і лізину. Можливо, що зменшення кількості цих амінокислот пов'язане із найбільшим вмістом їх у β -кератозі, яка, як було показано нами та іншими дослідниками, у пожовтілій вовні зазнає найбільш відчутних змін, у порівнянні з іншими фракціями кератоз [15, 16].

Із сульфурвмісних амінокислот тенденція до зменшення спостерігається лише з боку цистину, хоча найбільший вміст цієї амінокислоти, як відомо, міститься у γ -кератозі, тобто матриксі.

Проте, як видно з цифрових даних наступної таблиці (табл. 60), загальна кількість Сульфуру в білій і пожовтілій вовні є практично однаковою, що може вказувати на те, що у процесі деструкції цистину можуть утворюватись інші сульфурвмісні сполуки, зокрема цистеїнова кислота та лантіонін і тому баланс Сульфуру у вовні не зазнає відчутних змін. З даних цієї таблиці також видно, що з поміж усіх досліджуваних нами мінеральних елементів у пожовтілій вовні

вірогідні зміни спостерігаються лише з боку Купруму. У порівнянні з білою вовною кількість цього елемента зменшилась на 17,1 %.

**Таблиця 60. Мінеральний склад білої та пожовтілої вовни вівцематок,
($M \pm m$, $n=4$)**

Елемент	Вовна	
	біла	пожовтіла
Сульфур, г/кг	38,87±0,33	38,75±0,38
Кальцій, г/кг	2,19±0,10	2,20±0,12
Фосфор, г/кг	0,30±0,015	0,26±0,018
Калій, г/кг	0,82±0,041	0,81±0,031
Магній, г/кг	0,40±0,010	0,39±0,007
Натрій, г/кг	0,51±0,032	0,49±0,022
Цинк, мг/кг	150,38±2,15	149,95±3,38
Ферум, мг/кг	109,60±3,66	111,58±6,01
Купрум, мг/кг	8,18±0,23	6,78±0,31*

У зв'язку з цим, нагадаємо, що Купрум, як відомо, входячи до складу деяких ензимів, бере участь у багатьох процесах, зокрема, пігментації та кератинізації вовняного волокна. Між кількістю Купруму у вовні і ступенем пожовтіння існує зворотна кореляція, а додавання до раціону овець цього елемента зменшує ступінь пожовтіння. Вважають, що Купрум, як бактеріостатичний агент, може виводитись через шкіру і тим самим пригнічувати ріст та розмноження бактерій руна. Купрум необхідний для утворення дегідрооксифенілаланіну з тирозину і подальшим перетворенням його в меланін. У результаті цього процесу можуть накопичуватись проміжні продукти, подібні до ДОФА-квінонів, які під впливом високої лужності поту переходять у пігменти. Не виключено, що останні надають вовні жовтого кольору.

У контексті цього можна додати, що комплекси Cu^{2+} , залежно від концентрації, мають як прооксидантні, так і антиоксидантні властивості. У вищих концентраціях і за наявності пероксидів в окиснюючому середовищі вони стають прооксидантами й прискорюють пероксидне окиснення ліпідів. У малій концентрації ці комплекси здатні тривало й ефективно гальмувати вільнорадикальне ланцюгове окиснення молекулярним Оксигеном органічних речовин і, таким чином, можуть бути використані в якості антиоксидантів. Крім цього, антиоксидантна активність деяких амінокислот може бути пов'язана зі здатністю їх утворювати комплексні сполуки з Купрумом типу Cu-лізин, Cu-тирозин. Ці комплексні сполуки мають властивість здійснювати неензиматичну дисмутацію O_2^- , будучи інгібітором проліл- і лізилгідроксилаз, які використовують супероксидний аніон-радикал у процесі гідроксилування пролілових та лізинових залишків протеїнів [15, 17].

Отже, із вище викладеного можна зробити висновок про те, що з поміж усіх мінеральних елементів Купруму належить найбільш важлива роль у процесах пожовтіння вовни, хоча для цього потрібні ще спеціальні дослідження.

Дані, які характеризують фізичні властивості волокон, зокрема їх міцність і тонину, до певної міри віддзеркалюють зміни, які пов'язані зі змінами структури та ліпідного складу вовни. Зокрема встановлено, що міцність волокон на розрив у пожовтілій вовні зменшується на 14,8 % (6,9 проти 8,1 сН/текс), а їх тонина — відповідно на 5,3 % (23,4 проти 22,2 мкм) (табл. 61).

Таблиця 61. Фізичні показники білої та пожовтілої вовни ($M \pm m$, $n=4$)

Показник	Вовна	
	біла	пожовтіла
Міцність, сН/текс	8,05±0,12	6,86±0,20**
Тонина, мкм	23,44±0,56	22,19±0,42

У проведених нами модельних дослідах встановлено, що за умов високої температури (80⁰С) і вологості 100 % пожовтіння вовни настає упродовж 10–12 діб. При цьому з'ясувалось, що основним чинником, який призводить до зміни кольору вовни, є вологість. Зростання вологості на фоні високої температури помітно посилює процеси пожовтіння. Власне кажучи, за таких умов нам вдалось експериментально викликати досить інтенсивне пожовтіння волокон [18, 19].

Про характер та глибину дії температурно-вологого режиму на вовняне волокно свідчать дані таблиці 62 з яких, зокрема, видно, що вказані чинники, передусім, вплинули на Нітроген вовни. Вміст його в процесі досліджень зменшився, особливо за умов високої температури і вологи, тобто в пожовтілій вовні. Можна припускати, що саме за таких умов має місце частковий гідроліз кератину, який супроводжується вивільненням аміаку.

Таблиця 62. Вплив волого-температурного режиму на пожовтіння вовни, її хімічний склад і фізичні показники (M±m, n=3)

Показник	Умова досліджень			
	контроль	температура кімнатна, вологість 100 %	температура 80 ⁰ С, вологість 100 %	температура 80 ⁰ С, вологість 20 %
Загальний Нітроген, %	15,44±0,05	15,12±0,26	14,04±0,04	14,60±0,03**
ББТ, %	7,08±0,01	4,39±0,05***	14,87±0,01***	6,27±0,02
Тирозин, %	4,26±0,02	4,28±0,03	4,63±0,06*	4,04±0,02*
Триптофан, мг%	47,15±0,42	50,81±0,41*	63,68±0,11***	51,32±0,98*
Міцність, км	6,64±0,21	6,22±0,25	5,16±0,23*	6,32±0,12

Окрім цього, за умов проведених досліджень встановлено, що у пожовтілій вовні зростає кількість білків, багатих тирозином (ББТ), а також

самого тирозину і триптофану. Звичайно, такі дані самі по собі дуже цікаві, хоча відверто кажучи й не зовсім зрозумілі. У білій вовні кількість ББТ знаходилась на рівні контролю або ж з деякою динамікою до зменшення (температура 80⁰С, вологість 20 %); в брудно-сірій вовні (температура кімнатна, вологість 100 %-на) їх кількість вірогідно зменшена. Відносно вмісту тирозину спостерігалась зворотна закономірність.

Певне непорозуміння викликає вірогідне збільшення вмісту триптофану за умов проведеного модельного дослідю. Як згадано вище, у пожовтілій вовні у природних умовах концентрація цієї амінокислоти зменшується. Ймовірно, що процеси пожовтіння відбуваються у декілька стадій з одночасною модифікацією і деструкцією амінокислот. Адже зрозуміло, що спонтанний синтез такої складної амінокислоти в умовах *in vitro* неможливий.

У зв'язку з цим, ми провели додаткові дослідження із визначення триптофану. Як відомо, суть методу визначення вмісту триптофану полягає в його реакції з *n*-диметилаланінобензальдегідом (*n*-ДМАБА), що відбувається у кислому середовищі.

Для цих досліджень було підібрано два типових зразки тонкої вовни від однієї і тієї ж тварини, один з яких був білого кольору, а другий — пожовтілий. Кислі гідролізати цієї вовни, що містили *n*-ДМАБА в реакційній суміші були піддані спектроскопічному аналізу при довжині хвилі 410–750 нм.

Як видно з рисунку 29 гідролізат пожовтілої вовни відзначався більшим поглинанням в межах усього спектру, що свідчить про здатність продуктів розпаду триптофану реагувати з *n*-ДМАБА з утворенням оптично щільних похідних. Що ж стосується даних про фізичні показники пожовтілої вовни, то вони не потребують особливої інтерпретації. Як ми переконались, така вовна значно втрачає свою міцність.

Таким чином, у процесах пожовтіння вовни вологість відіграє вирішальну роль. Але, очевидно, ні вологість, ні температура самі по собі ще не є основними чинниками, які би мали визначати ступінь і характер пожовтіння. Як було відзначено, в природних умовах руно зазнає дії комплексу чинників, в

тому числі сонячного проміння, мікроклімату умов утримання тощо. У нашому досліді, виключивши деякі з них, все ж таки ми не виключили впливу жиропоту на розвиток цих процесів. Тому враховуючи це ми провели ще один дослід, результати якого наведено нижче.

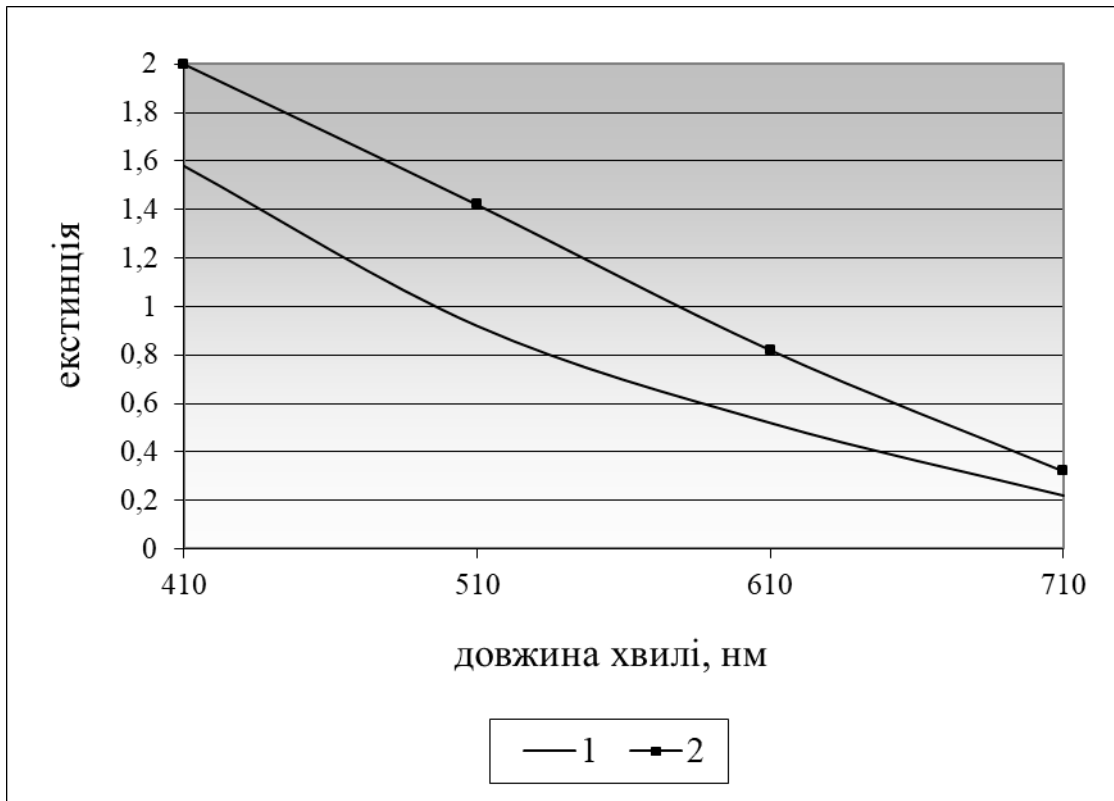


Рис. 29. Крива поглинання світла гідролізатами білої (1) і пожовтілої (2) вовни

Дослідження засвідчили, що за умов модельних дослідів пожовтіння вовни відбувається у певній послідовності: спочатку жовтіє верхівка штапеля, а відтак і весь штапель. Розгадка цього явища, очевидно криється в тому, що верхні кінці волокон, будучи річного росту, вже природно відзначаються втратою свого кольору. Як наслідок цього тут настає порушення структури і хімічного складу кератину волокон. Перебуваючи в жорстких умовах модельного досліді, процеси пожовтіння розвиваються, насамперед, у цій ділянці штапеля.

За умов наших досліджень найменше пожовтіли зразки митої вовни. На перший погляд це виглядає ніби не зовсім логічно, знаючи, що вовновий віск

виконує захисну функцію. Тим не менше, одержані дані мають зовсім логічне пояснення. Річ у тому, що після промивання вовни на волокнах залишається невелика кількість, так званого, залишкового воску (2–5 %). І що найважливіше ліпідний склад його відповідає високим критеріям захисної функції. Пояснюється це тим, що в процесі промивання вовни із складу воску вимиваються перш за все усі легкокорозчинні сполуки, котрі швидко окиснюються і гідролізуються.

Як з'ясувалось, у процесі досліджень найбільш поживтілою була мита вовна, яка після миття вкривалась воском із відомим складом. Встановлено (табл. 63), що склад такого воску можна кваліфікувати як такий, що відзначається гіршими захисними властивостями. Зокрема, у його складі виявлено значний відсоток полярних ліпідів і порівняно малий — етерів холестеролу. Одним словом, це був віск з високими показниками продуктів окиснення, які утворились у результаті екстракції і його тривалого зберігання.

Встановлено, що застосовані нами хімічні чинники (гідрат калію, борна кислота, формалін) за умов модельного досліду по-різному впливали на ліпідний склад воску, але загалом їхню дію слід трактувати, як негативну, оскільки вони в тій, чи іншій мірі поглиблювали процеси деструкції ліпідів воску.

Аналіз даних складу воску вихідних зразків, тобто контролю, засвідчив, що найкраще співвідношення ліпідів (тобто найвищі його захисні властивості) пов'язане саме із залишковим воском, а найгірше — з воском, яким покривалась вовна. Зокрема, у залишковому воску міститься незначна кількість полярних ліпідів і неетерифікованих жирних кислот, а більше 40 % у ньому займає фракція етерів холестеролу. У той же час співвідношення ліпідів воску, яким покривалась вовна, виявилось діаметрально протилежним. Концентрація полярних ліпідів тут удвічі була вищою, а етерів холестеролу виявлено всього 28 %. Що ж стосується воску натуральних зразків (брудна вовна), то його склад займав проміжне місце.

Таблиця 63. Зміни ліпідного складу воску за умов модельного досліду, % (M±m, n=3)

Ліпіди	Умова досліду						
	контроль, вовна неміта, біла	контроль, вовна неміта, пожовтіла	вовна неміта, оброблена борною кислотою	вовна неміта, оброблена КОН	вовна неміта, оброблена формаліном	вовна неміта, оброблена формаліном і КОН	вовна неміта оброблена формаліном і борною кислотою
вовна натуральна (брудна)							
Полярні ліпіди	18,86±0,25	21,01±0,23*	25,68±0,22*	20,01±1,54	22,98±0,36*	22,46±0,20*	23,42±0,29*
Неестерифікований холестерол	16,07±0,01	16,79±0,04	19,20±0,01*	16,70±0,01	19,58±0,01*	16,07±0,04	13,77±0,08*
Ланостерол	7,90±0,08	7,91±0,01	10,09±0,01*	9,55±0,01*	9,52±0,01*	10,71±0,16*	10,07±0,13*
НЕЖК	4,78±0,17	4,69±0,51	7,23±0,13*	8,75±0,12*	7,41±0,01*	7,65±0,08*	7,97±0,01*
Неідентифіковано	5,71±0,01	3,28±0,01*	–	–	–	–	–
Дегідрохолестерол	15,14±0,19	12,23±0,18*	13,56±0,22*	11,96±0,04*	10,40±0,02*	12,03±0,01*	13,33±0,18*
Сквален	–	–	–	7,61±0,12	9,79±0,01	10,43±0,01	11,16±0,13
Етерифікований холестерол	31,54±0,01	33,81±0,01*	23,64±0,01*	25,12±0,01*	20,32±0,24*	20,65±0,01*	19,28±0,13*
залишковий віск							
Полярні ліпіди	12,81±0,07	10,14±0,34*	16,88±0,12*	15,00±0,01*	17,28±0,21*	18,73±0,01*	17,19±0,47*
Неестерифікований холестерол	7,13±0,10	15,28±0,01	15,40±0,01	20,22±0,01	15,31±0,01	19,16±0,08*	14,41±0,01*
Ланостерол	4,61±0,03	5,43±0,03*	9,53±0,12*	7,61±0,06*	10,12±0,02*	8,89±0,15*	10,12±0,21*
НЕЖК	4,61±0,03	4,90±0,07	6,99±0,01*	6,09±0,01*	7,90±0,01*	8,57±0,04*	7,02±0,01*
Неідентифіковано	6,11±0,07	7,32±0,07*	–	–	–	–	–
Дегідрохолестерол	13,41±0,10	11,50±0,17*	14,76±0,08*	10,98±0,13*	12,90±0,11	10,14±0,15*	12,17±0,21*
Сквален	–	–	–	7,66±0,03	10,56±0,39	8,76±0,19	9,69±0,18
Етерифікований холестерол	31,54±0,01	45,43±0,01*	36,44±0,24	32,34±0,16*	25,93±0,71*	26,75±0,34*	29,57±0,21*
покривний віск							
Полярні ліпіди	23,24±0,11	25,41±0,01*	25,41±0,01*	26,77±0,21*	25,81±0,01*	23,43±0,01	25,64±0,46*
Неестерифікований холестерол	14,77±0,01	16,48±0,10*	15,76±0,15*	16,15±0,16*	15,33±0,05	15,84±0,01*	15,77±0,16
Ланостерол	8,35±0,09	9,67±0,01*	11,11±0,02*	10,25±0,31*	10,82±0,20*	10,59±0,01*	11,09±0,01*
НЕЖК	6,46±0,04	7,40±0,21	8,79±0,10*	6,90±0,21	8,52±0,25*	9,65±0,01*	8,61±0,26*
Неідентифіковано	8,58±0,03	–	–	–	–	–	–
Дегідрохолестерол	10,46±0,01	11,33±0,32	15,33±0,01*	14,61±0,01*	15,16±0,01*	14,53±0,27*	15,79±0,41*
Сквален	–	12,15±0,01	8,38±0,01	9,17±0,47	8,52±0,25	10,03±0,03	7,72±0,16
Етерифікований холестерол	28,01±0,01	17,50±0,08*	15,25±0,20*	16,15±0,16*	15,84±0,01*	15,93±0,01*	16,15±0,36*

Щодо змін ліпідного складу воску за умов модельного досліду, то з'ясувалось, що їх картина у всіх варіантах була майже ідентичною. Так, концентрація полярних ліпідів, неестерифікованих жирних кислот і неестерифікованого холестеролу різко зростала, а етерів холестеролу, навпаки, зменшувалась. Але найбільш глибокі зрушення зафіксовано у воску, яким покривали вовну.

Цікаві, на наш погляд, дані отримано стосовно таких компонентів воску, як сквален і одна з неідентифікованих фракцій ліпідів. З'ясувалось, що застосовані нами хімічні чинники призводять до цілковитого зникнення неідентифікованих ліпідів, а, натомість, появляється сквален. Цілком, ймовірно, що ці два компоненти дуже близькі за хімічною будовою і за певних умов (окиснення, гідроліз тощо) можуть з'являтися у тій чи іншій формі. Як бачимо, вихідні зразки (контроль) і ті, які не зазнавали дії хімічних чинників (за винятком покривного воску) характеризуються наявністю неідентифікованих ліпідів й відсутністю сквалену, що можна оцінити такий стан з позитивного боку.

Отже, що стосується сквалену, то його наявність у складі вовнового воску є, очевидно, явищем тимчасовим, що залежить від рівня та характеру процесів, які відбуваються у жиропоті (табл. 63).

Відносно інших компонентів воску, зміни яких мають різний характер, то у залишковому воску спостерігалось зменшення концентрації дигідрохолестеролу і ланостеролу. Зменшення першого спостерігалось також у воску брудної вовни. Щоправда, паралельно з цим зростала кількість ланостеролу. Що стосується покривного воску, то обидва згадані компоненти проявляли тенденцію до зростання.

Підсумовуючи вище сказане, не важко зробити деякі висновки. Зокрема, процеси пожовтіння вовни тісно пов'язані з впливом різноманітних чинників, які призводять до омилення, окиснення та гідролізу ліпідів воску. У результаті цього виникають суттєві зрушення у його складі, які мають чітко виражений характер: істотно зменшується кількість етерів холестеролу і відповідно

збільшується концентрація полярних ліпідів. Якщо зменшення етерів холестеролу не потребує особливих коментарів (результат процесів окиснення і гідролізу), то зростання рівня фракції полярних ліпідів такого пояснення вимагає.

До речі, термін полярні ліпіди ми вжили тому, що ця фракція ліпідів повністю неідентифікована, і розташовується на старті хроматограми, тобто на місці фосфоліпідів. Однак, у її складі не виявлено Фосфору. Вона є гетерогенною сполукою і за певних умов може бути розділена на декілька окремих компонентів. Таким чином, можна також припустити, що збільшення цієї фракції відбувається за рахунок накопичення продуктів окиснення воску.

У наступних дослідженнях пожовтіння вовни досягалось шляхом витримування її упродовж 16 діб за підвищеної температури (70°C) і 100 %-ної вологості. Для дослідження використовували брудну і миту в мильно-содовому розчині вовну. За контроль слугувала вихідна вовна і отриманий з неї віск, який зазнавав дії вище вказаних чинників.

Результати досліджень показали, що пожовтіння вовни за вказаних умов відбувається у певній послідовності (як і в попередньому досліді): спочатку жовтіє верхівка штапеля, а відтак поступово й весь штапель, причому в напрямку до його основи.

З наведених у таблиці 64 даних видно, що процес пожовтіння вовни супроводжується істотними змінами ліпідного складу її воску. Одночасно зі зменшенням загальної кількості у ньому знижується концентрація етерів холестеролу та дигідрохолестеролу і майже повністю зникає одна із неідентифікованих фракцій ліпідів. Поряд з цим спостерігається накопичення фракції полярних ліпідів. Окрім цього, у складі воску з'являється в значних кількостях (більше 12 %) сквален. Відносно воску митої вовни (так званого залишкового воску), то тут спостерігалась аналогічна картина, хоча ці зміни були не так чітко виражені. Доречно нагадати, що аналогічний характер кількісних та якісних змін воску виявлено і в природних умовах, тобто при пожовтінні вовни безпосередньо на тілі тварини.

Таблиця 64. Кількісні та якісні зміни воску за умов підвищеної температури і вологи, % (M±m, n=3)

Показник	Умова дослідю		
	контроль (вихідна вовна, біла)	залишковий віск (мита вовна, пожовтіла)	брудна вовна (пожовтіла)
Кількість воску	23,7±0,36	9,4±0,15***	20,7±0,41*
Склад воску:			
– полярні ліпіди	24,4±0,44	23,2±0,02	33,2±0,54**
– неестерифікований холестерол	12,5±0,10	14,7±0,14**	11,2±0,07**
– ланостерол	7,5±0,36	7,9±0,14	8,9±0,12**
– НЕЖК	6,7±0,13	6,2±0,01	7,4±0,16
– неідентифіковано	6,2±0,16	–	–
– дегідрохолестерол	14,0±0,13	10,6±0,15**	10,0±0,23**
– сквален	–	11,6±0,19	12,5±0,32
– естерифікований холестерол	28,4±1,23	25,4±0,15	16,4±0,02**

Таким чином, за одних і тих же умов досліджень ступінь пожовтіння митої та брудної вовни не є однаковим. Якісні відмінності виявлено і у складі воску, незважаючи навіть на те, що в процесі промивання вовни її віск зазнавав додаткового впливу миючих засобів. І все ж, склад залишкового воску виявився більш наближеним до контролю, аніж до воску з брудної вовни.

Отже, із сказаного випливає, що механізми пожовтіння волокон тісно пов'язані з жиропотом. Очевидно, це зумовлено тим, що жиропіт є досить гігроскопічним, а його потова частина — лужної реакції. За підвищеної температури і вологості створюються сприятливі умови для перебігу процесів окиснення, омилення й гідролізу. З іншого боку, такі умови сприяють набуханню і розпушуванню кератину волокон, що в кінцевому результаті

призводить до створення максимально сприятливих умов для реакцій, які призводять до пожовтіння вовни.

Судячи з параметрів ліпідного складу воску та його окремих чисел, ми дійшли висновку, що процеси окиснення, омилення, гідролізу інтенсивніше відбуваються в середовищі жиропоту з кольоровими відтінками, особливо за несприятливих умов волого-температурного режиму. Деяке пояснення цьому можуть дати результати вивчення ролі пероксидного окиснення ліпідів у процесах пожовтіння.

Насамперед, нами був встановлений факт, що в середовищі жиропоту відбуваються процеси пероксидного окиснення ліпідів [20]. Саме про це яскраво свідчать дані, зображені на рисунку 30. Як видно, інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів воску залежить, передусім, від кольору жиропоту. Дослідженнями встановлено, що набагато вища концентрація малонового диальдегіду була у тих зразках, які відзначались жовтим кольором жиропоту. Поряд з цим показано, що у такому жиропоті значно вищими є показники пероксидного числа воску та рН поту. Отже, між усіма цими показниками існує тісний корелятивний зв'язок, а це означає, що такі

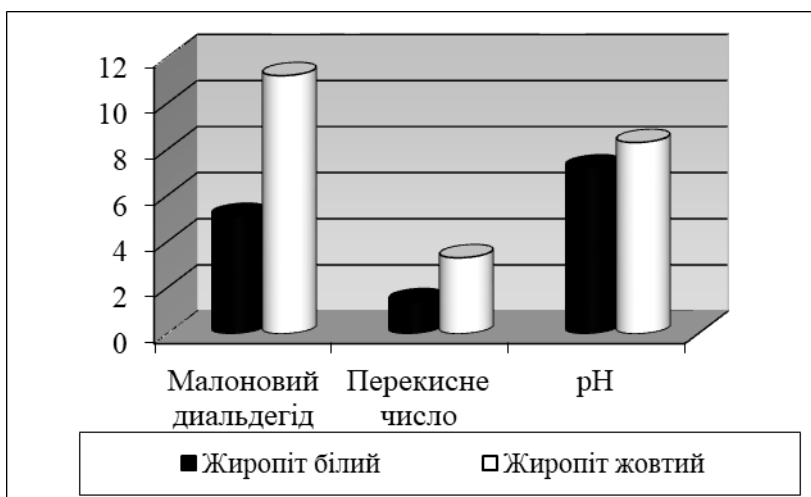


Рис. 30. Вміст малонового диальдегіду, пероксидне число та рН поту

показники можуть слугувати певними маркерами для оцінки якості жиропоту в цілому.

Однак, встановлений факт вільнорадикального окиснення ліпідів у середовищі жиропоту, ще не дає підстав для конкретного судження чи

остаточних висновків, щодо ролі його в процесах пожовтіння вовни. Тим не менше, наявність цього процесу уже дає підстави змодельовати його, тобто активно вплинути на перебіг за допомогою антиоксидантів і прооксидантів

пероксидного окиснення ліпідів. Саме про це свідчать дані дослідження, результати яких представлено в таблиці 65.

Таблиця 65. Показники пероксидного числа та малонового діальдегіду в залежності від різних умов (вологість 100%, температура 65⁰С), (M±m, n=3)

Умова дослідю	Пероксидне число		Малоновий діальдегід, мкмоль/100 мг воску	
	жиропіт білий	жиропіт жовтий	жиропіт білий	жиропіт жовтий
Вовна жиропітна	1,49±0,14	2,09±0,36	2,59±0,07	5,28±1,15
Вовна жиропітна+вітамін D ₂	1,61±0,08	1,76±0,28*	3,56±0,62	5,89±0,69
Вовна жиропітна+ аскорбінова кислота	1,06±0,11	1,27±0,07	1,91±0,08	5,74±0,94
Вовна без потової частини+ вітамін D ₂	1,45±0,19	1,98±0,31	4,35±0,49	4,56±0,64
Вовна без потової частини+ аскорбінова кислота	1,33±0,06	1,59±0,21*	3,61±0,24	2,84±0,58

Суть досліджень полягала в тому, що зразки вовни витримували за підвищеної температури та вологості, що забезпечило появу пожовтіння волокон. У якості антиоксиданту використовували аскорбінову кислоту, а прооксиданту — вітамін D₂.

З'ясувалось, що вже упродовж першої доби спостерігались помітні зміни кольору, особливо тих зразків, які попередньо обробляли аскорбіновою кислотою і вітаміном D₂. По закінченні дослідю (тривалість 72 години) було встановлено, що найбільш помітні зміни кольору були в зразках жиропітної вовни, обробленої аскорбіновою кислотою. Загалом колір їх жиропоту набував жовто-бурого відтінку. Менш інтенсивний колір мали жиропітні зразки, але оброблені вітаміном D₂. Злегка пожовтілими залишились зразки, які були позбавлені потової частини, до того ж додатково ще й оброблені аскорбіновою

кислотою. У той же час аналогічні зразки (без поту), але попередньо оброблені вітаміном D₂, за відтінком кольору залишились без видимих змін. Що стосується контрольних зразків, то вони також упродовж спостережень дещо втратили свій натуральний колір. Зауважимо, що більш істотні зміни кольору спостерігались у зразках, які мали жиропіт жовтого кольору.

По закінченні досліджень з усіх дослідних зразків було добуто жиропіт і візуально оцінено колір вовни. Відразу наголосимо, що колір вовни після її промивання загалом відповідав кольору жиропоту. Схематично деградацію зміни кольору вовни за умов проведеного дослідження можна представити в такій послідовності: контроль, температура і вологість; вовна без поту + вітамін D₂ + температура і вологість; вовна без поту + аскорбінова кислота; вовна жиропітна + аскорбінова кислота + температура і вологість. Встановлено, що втрата природного білого кольору починалась з верхівки у напрямі до основи штапеля. У всіх випадках інтенсивніше жовтіли зразки вовни з жовтим кольором жиропоту.

Отже, судячи з характеру змін кольору жиропоту та самої вовни, одержані результати виявились дещо парадоксальними, оскільки використана в якості антиоксиданту аскорбінова кислота сама по собі спричинила до пожовтіння волокон.

У цьому зв'язку, насамперед, доцільно проаналізувати показники, які характеризують процеси окиснення воску, тобто значення пероксидного числа і малонового діальдегіду. Показано, що вони є значно вищими у жиропоті жовтого кольору. У процесі модельного дослідження концентрація малонового діальдегіду зростала ще помітніше, але найбільш істотні зміни було зафіксовано у тих випадках, коли вовна оброблялась прооксидантом, тобто вітаміном D₂. Характерно, що аскорбінова кислота значно знижує утворення малонового діальдегіду, особливо в тому випадку, коли жиропіт був позбавлений потової частини. Подібні результати одержані і стосовно пероксидного числа.

Таким чином, з біохімічної точки зору одержані дані цілком обґрунтовані і повністю підтверджують проходження у воску процесів пероксидного окиснення ліпідів. Аскорбінова кислота, застосована в якості антиоксиданту, гальмує цей процес, а вітамін D₂, навпаки, стимулює його. Вони свідчать також про те, що в середовищі жиропоту постійно відбуваються процеси окиснення, омилення та гідролізу. Саме вони призводять до накопичення побічних продуктів, які своєю чергою погіршують захисні властивості воску і, не виключено, що є причиною розвитку процесів пожовтіння вовни. Одержані дані також дають підставу для пошуку антиоксидантів, придатних для використання в якості профілактики пожовтіння вовняних волокон.

Надійне забезпечення збереження природних властивостей вовни в період її росту, заготівлі, транспортування й зберігання після стрижки має велике значення. Як відомо, під дією зовнішніх чинників — вологи, температури, світла, мікрофлори руна тощо, вовняне волокно поступово руйнується і втрачає свої цінні фізико-хімічні, а значить й технологічні властивості. Під дією чинників навколишнього середовища відбуваються хімічні зміни у волокні, які сприяють поглибленню процесів ушкодження волокон при зберіганні й переробленні.

Під впливом компонентів жиропоту, вологи, лугів, а також мікрофлори та інших включень проходить руйнування амінокислот кератину з утворенням пігментів, які фарбують вовну в жовтий колір. За різними даними в процесі зберігання вовни вихід пожовтілої збільшується упродовж одного місяця на 17 %, трьох місяців — 32 і більше, шести місяців — 40 %.

Як уже неодноразово згадувалось, однією з причин пожовтіння вовни є погіршення складу жиропоту. На жаль, на сьогодні поки що дуже мало відомо про зміни ліпідного складу воску, що настають під дією різноманітних чинників, в тому числі і самого зберігання вовни після стрижки овець. Важливість досліджень такого плану полягає в тому, що під час зберігання вовни деякі чинники, зокрема такі, як сонячна радіація, усуваються зовсім, а дія інших значно послаблюється (перепади температури, вологи тощо).

Отже, за таких умов стає можливим конкретніше прослідкувати вклад того чи іншого чинника в процеси, які постійно відбуваються у самому середовищі жиропоту.

З огляду на це, ми провели дві серії спеціальних досліджень, метою яких було вивчення найбільш характерних змін у жиропоті залежно від його кольору, різних строків стриження овець, а також тривалості зберігання вовни після стриження [21–23].

У результаті виконання таких досліджень і аналізу одержаних даних було встановлено характерні закономірності, пов'язані з кількісними та якісними параметрами жиропоту з одного боку, а з другого — з процесами пожовтіння волокон, їх хімічним складом та фізичними властивостями.

Коротко зупинимось на оцінці кольору вовни після її 5-ти місячного зберігання за умов Харківської фабрики первинного оброблення вовни.

Насамперед, зауважимо, що вовна зі світлим відтінком жиропоту менше піддавалась пожовтінню, а в окремих випадках взагалі не змінювала свого природного білого кольору. Вовна з наявним кольором жиропоту, як правило, з плином часу жовтіла. Таким чином, з цього переконаємося, що колір вовни значною мірою залежить від кольору жиропоту, а значить його якості в цілому. Окрім цього, з'ясувалось, що у виробничих умовах (фабрики первинного оброблення цієї сировини) на початку досліду вовни з наявністю жовтизни було приблизно 32 %, а після 5-ти місяців її зберігання стало понад 60 %, тобто збільшилось у два рази. Встановлено, що пожовтіння вовни під час зберігання найбільше відбувається у період від 4-х до 6-ти місяців після стриження [24].

Біохімічними дослідженнями встановлено, що у жиропоті пізніших строків стриження овець спостерігається динаміка до зростання концентрації поту. Найбільша його кількість виявлена у кремівому жиропоті. У зв'язку з цим, такий показник, як співвідношення «віск:піт» тут також відповідно змінився в бік його погіршення. А кращі його параметри зафіксовано для жиропоту білого кольору, до того ж ранніх строків стриження овець. У такому випадку на одну частину воску припадало менше однієї частини поту.

Вовна з жовтими відтінками жиропоту характеризується не лише підвищеним вмістом потової частини, але й високими показниками його лужності. У міру збільшення строків стриження овець лужність поту ще більше підвищується і продовжує зростати в процесі зберігання вовни. Зауважимо, що вищі показники рН поту завжди властиві верхній зоні штапеля, що особливо чітко спостерігається в овець з кремовим кольором жиропоту пізніх строків стриження.

Отже, й цього досить аби впевнено говорити про погіршення за таких умов захисних властивостей воску. Результати біохімічних досліджень ще більше переконують нас у тому. Зокрема, з цифрових даних таблиць 66–69 видно, що майже усі досліджувані ліпідні компоненти воску зазнали певних якісних змін. Але найбільш істотними вони виявились у фракції етерифікованого холестеролу. Якщо у жиропоті білого кольору (добутого з вовни ранніх строків стриження) з нижньої зони штапеля кількість його становила 43,8 %, то у воску тих же самих строків стриження, але кремового кольору — 41,5 %. Чим пізніші строки стриження овець, тим меншу кількість етернозв'язаного холестеролу містить віск (у жиропоті білого кольору — 38,3 %, а жовтого — 33,7 %). Аналогічна картина спостерігалась і в процесі зберігання вовни. Доцільно нагадати, що найменший відсоток їх виявлено у воску верхньої зони штапеля кремового кольору жиропоту вовни, до того ж пізніх строків стриження (усього 29 %). До речі, нижня зона штапеля характеризується завжди вищими показниками цього компонента.

Якщо стосовно етерифікованого холестеролу встановлено закономірні зміни, то стосовно інших компонентів вони виявились менш помітні за винятком фракції полярних ліпідів, картина змін яких була діаметрально протилежна змінам фракції етерифікованого холестеролу. А фактично, із збільшенням строків стриження овець, подібно тому, як і в процесі зберігання вовни, у складі воску має місце накопичення цих ліпідів. Особливо це характерно для жовтих відтінків. Як видно з наведених даних, у верхній зоні штапеля кількість їх сягає 25–26 %.

**Таблиця 66. Кількість та якість жиropoty білого кольору вовни ранніх строків стриження овець
($M \pm m$, $n=4$)**

Показник	До зберігання		Після зберігання	
	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля
Кількість воску, %	17,23±0,46	15,05±0,76	16,86±0,27	14,80±1,00
Склад воску, %:				
– полярні ліпиди	17,76±0,85	25,53±1,10	19,03±0,72	25,76±0,97
– неетерифікований холестерол	14,06±0,63	15,42±0,59	14,56±0,66	14,87±0,58
– ланостерол	6,57±0,37	8,86±0,35	7,14±0,13	7,58±0,16*
– НЕЖК	4,78±0,25	6,67±0,27	4,73±0,12	5,78±0,47
– дегідрохолестерол	12,95±0,60	9,53±0,41	12,32±0,51	11,08±0,36*
– сквален	–	–	3,58±0,14	3,06±0,13
– етерифікований холестерол	43,83±0,40	33,93±0,78	38,59±0,77***	31,72±0,54*
Числа воску:				
– йодне	23,44±0,54	10,76±1,96	21,80±0,15*	9,42±0,98
– кислотне	13,61±0,55	24,48±0,49	15,42±0,53*	25,52±1,26
– омилення	117,50±12,15	160,10±13,55	108,00±10,27	123,40±6,05*
– етерне	103,90±12,47	135,60±13,17	92,58±10,45	97,91±6,67*
– пероксидне	0,42±0,01	1,68±0,28	3,57±0,14***	4,06±0,29***
Кількість поту, %	15,02±1,45	13,53±1,43	14,75±1,28	13,04±1,09
pH поту	8,21±0,32	8,91±0,33	8,42±0,14	8,95±0,23
Співвідношення «віск:піт»	1:0,87	1:0,90	1:0,87	1:0,88

**Таблиця 67. Кількість та якість жиропоту білого кольору вовни пізніх строків стриження овець
($M \pm m$, $n=4$)**

Показник	До зберігання		Після зберігання	
	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля
Кількість воску, %	17,06±0,78	15,53±0,71	16,92±0,65	15,50±0,72
Склад воску, %:				
– полярні ліпіди	16,34±0,75	26,15±1,55	19,70±0,71*	24,51±1,36
– неетерифікований холестерол	12,95±0,16	16,69±0,41	14,07±0,23**	16,52±0,37
– ланостерол	6,69±0,09	10,81±0,43	7,28±0,13**	8,80±0,94
– НЕЖК	6,03±0,07	5,93±0,15	5,27±0,31*	5,12±0,45
– дегідрохолестерол	14,29±0,39	7,29±0,34	13,52±1,58	10,57±0,90*
– сквален	5,30±0,24	–	2,95±0,39	4,16±0,23
– етерифікований холестерол	38,34±0,49	33,07±0,55	37,14±0,96	30,24±0,25**
Числа воску:				
– йодне	18,46±0,90	9,67±0,93	19,03±0,88	10,59±0,75
– кислотне	17,89±0,56	28,05±0,11	20,75±0,68**	30,15±0,42**
– омилення	120,60±12,02	150,00±4,14	120,60±3,03	146,50±2,10
– етерне	102,70±1,47	122,00±4,07	99,87±3,54	116,40±2,00
– пероксидне	0,46±0,01	1,26±0,05	2,49±0,10***	3,01±0,07***
Кількість поту, %	17,63±0,74	14,17±0,81	17,34±0,68	14,13±0,75
pH поту	8,87±0,16	9,70±0,15	8,76±0,08	9,57±0,18
Співвідношення «віск:піт»	1:1,03	1:0,91	1:1,02	1:0,88

**Таблиця 68. Кількість та якість жиropoty кремoвoгo кoльoрy вoвни рaннiх стрoкiв стрижeння oвeць
(M±m, n=5)**

Показник	До зберігання		Після зберігання	
	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля
Кількість воску, %	17,48±0,74	14,85±0,45	16,59±0,70	14,23±0,80
Склад воску, %:				
– полярні ліпиди	17,89±0,63	25,80±0,91	19,04±0,79	26,13±0,67
– неетерифікований холестерол	15,67±0,26	15,97±0,32	15,38±0,24	15,88±0,30
– ланостерол	7,88±0,44	9,07±0,29	7,92±0,41	7,17±0,40**
– НЕЖК	6,44±0,47	6,47±0,23	6,09±0,24	5,19±0,26**
– дегідрохолестерол	10,55±0,37	9,77±0,17	11,43±0,41	10,95±0,29**
– сквален	–	–	3,20±0,14	3,08±0,05
– етерифікований холестерол	41,53±0,94	32,93±1,15	36,89±0,60**	31,44±1,56
Числа воску:				
– йодне	20,98±0,95	9,96±1,70	20,64±0,40	7,84±1,38
– кислотне	14,67±1,06	25,45±0,56	15,59±1,14	28,94±1,49
– омилення	114,40±6,95	144,60±14,07	106,00±5,49	119,50±5,78
– етерне	99,77±7,15	119,10±13,97	90,45±5,98	90,56±5,17
– пероксидне	0,45±0,03	2,39±0,18	4,10±0,35***	4,65±0,23***
Кількість поту, %	17,91±1,91	14,86±1,08	17,55±1,58	14,32±1,04
pH поту	8,94±0,31	9,42±0,36	8,91±0,27	9,23±0,29
Співвідношення «віск:піт»	1:1,02	1:1	1:1,05	1:1

**Таблиця 69. Кількість та якість жиропоту кремового кольору вовни пізніх строків стриження овець
($M \pm m$, $n=5$)**

Показник	До зберігання		Після зберігання	
	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля	нижня зона штапеля	верхня зона штапеля
Кількість воску, %	17,82±0,74	15,02±0,38	17,80±0,69	14,94±0,40
Склад воску, %:				
– полярні ліпіди	20,33±0,37	27,42±0,76	24,00±0,66**	25,75±0,43
– неетерифікований холестерол	14,85±0,25	17,52±0,34	14,50±0,31	16,45±0,25*
– ланостерол	7,86±0,22	10,71±0,28	6,99±0,19*	9,39±0,44*
– НЕЖК	6,90±0,09	6,25±0,29	5,71±0,34**	5,22±0,15
– дегідрохолестерол	10,09±0,63	6,26±0,43	12,71±0,56*	10,56±0,56***
– сквален	6,12±0,24	–	2,70±0,14***	3,45±0,15***
– етерифікований холестерол	33,78±0,25	31,81±0,56	33,81±0,55	29,11±0,55**
Числа воску:				
– йодне	18,98±0,92	9,74±0,64	18,47±0,83	9,59±0,63
– кислотне	19,30±0,86	31,33±0,81	23,67±1,05**	33,32±0,74
– омилення	126,80±8,65	141,30±8,04	124,00±8,62	146,40±7,06
– етерне	107,50±22,71	109,70±7,56	100,30±8,43	113,10±6,46
– пероксидне	0,54±0,04	1,45±0,07	3,67±0,26***	4,04±0,20***
Кількість поту, %	18,29±1,31	15,75±0,70	17,47±0,89	15,67±0,72
pH поту	9,23±0,24	10,08±0,09	9,33±0,26	9,90±0,09
Співвідношення «віск:піт»	1:1,03	1:1,08	1:0,98	1:1

Цікаві, на наш погляд, дані відносно неетерифікованих жирних кислот. По-перше, з'ясувалось, що найменша їх концентрація властива нижній зоні штапеля білих відтінків жиропоту, отриманого з вовни раннього стриження овець, а по-друге, рівень цей майже не зазнав змін і за період зберігання цієї сировини. У верхній зоні штапеля концентрація неетерифікованих жирних кислот у процесі зберігання вовни має чітку тенденцію до зменшення. Однак, вже через місяць (пізніше стриження) їх рівень у білому жиропоті істотно зростав у нижній зоні штапеля, а у верхній, навпаки, зменшувався. Зауважені закономірності мали місце в обох зонах штапеля і в процесі зберігання вовни. Важливо наголосити, що саме така картина спостерігалась і у воску з кремовим кольором жиропоту.

Таким чином, у міру збільшення строків стриження овець, особливо з вовною жовтих відтінків жиропоту, концентрація неетерифікованих жирних кислот зростає, а у процесі зберігання такої сировини — їх рівень поступово зменшується.

З цього випливає, що у даному випадку може мати місце руйнування неетерифікованих жирних кислот воску. Як побачимо згодом, при дослідженні окремих чисел воску, наше припущення має логічне підґрунтя. Що стосується інших ліпідних компонентів воску, то чітких змін нам не вдалось встановити. Як виняток, можна відзначити тенденцію до зростання фракції дигідрохолестеролу у воску під час зберігання вовни. Особливо це властиво для верхньої зони штапеля.

Результати досліджень окремих чисел показали, що віск зазнає помітних змін, у результаті чого у ньому накопичуються різні продукти, зокрема пероксиди, про що переконливо свідчить факт зростання пероксидного числа. Якщо у воску вовни залежно від строків стриження овець це число становить 0,42–0,46 (нижня зона) і 1,26–1,68 (верхня зона), то після зберігання сировини — відповідно 2,49–3,57 та 3,01–4,06. Варто зауважити, що у воску кремового кольору ці показники ще вищі і відповідно становлять 0,45–0,54, 1,45–2,39 та 3,67–4,10, 4,04–4,65, що, по правді кажучи, не зовсім зрозуміле.

Можливо, що у вовні пізніх строків стриження овець поряд з утворенням пероксидів у складі воску проходять значні біохімічні перетворення з утворенням інших речовин, зокрема, різних пігментів.

Аналізуючи дані про неетерифіковані жирні кислоти, ми зазначали, що їх концентрація зростає у зв'язку з продовженням строків стриження овець і одночасно зменшується у процесі зберігання вовни. Однак, як би там не було, показники кислотного числа, яке вказує на стан неетерифікованих жирних кислот, свідчать про те, що у всіх випадках їх кількість зростає. Про процеси, які призводять до омилення складних етерів і утворення неетерифікованих жирних кислот свідчать також показники етерного числа. З одержаних даних переконуємось, що у всіх випадках (різні строки стриження, час зберігання вовни) показники його знижуються, паралельно цьому зменшується й число омилення.

Що стосується йодного числа, то його величини дуже різняться і зовсім не проявляють чіткої закономірності. Нагадаємо, що за даним показником можна реально судити про насиченість жирних кислот. Чим менше йодне число, тим нижчий рівень ненасичених жирних кислот, а, отже, і вища якість воску. До речі, дехто вважає, що цей показник може слугувати відповідним критерієм оцінки якості воску [25, 26]. У нашому випадку низьке йодне число встановлено для верхньої зони штапеля з кремовим кольором жиропоту і, особливо після тривалого зберігання вовни. Найвищі показники зафіксовано у нижній зоні штапеля з білим жиропотом. Ранні строки стриження також супроводжуються його підвищенням.

Отже, виходячи з цього, слід би констатувати, що найкращі захисні властивості має віск верхньої зони штапеля кремового кольору після 9-ти місячного терміну зберігання, а найгірші — у нижній зоні штапеля з білим жиропотом. Звичайно, з таким твердженням важко погодитись, оскільки, як видно, за показниками йодного числа можна судити лише про наявність ненасичених жирних кислот у період проведення аналізу. Зауважимо, що зменшення кількості неетерифікованих жирних кислот у процесі зберігання

вовни (про що йшлося вище), очевидно, пов'язано, насамперед, з окисненням ненасичених кислот і утворенням різноманітних продуктів окиснення. Таким чином, як свідчать результати наших досліджень, найбільш придатним числом для оцінки якості воску, а значить захисних його властивостей, слід вважати пероксидне.

Отже, одержані дані чітко вказують на те, що кращими захисними властивостями володіє жиропіт світлих відтінків, це, по-перше. По-друге, ранні строки стриження овець, без сумніву, можуть забезпечити кращі умови для зберігання високих якостей воску і, навпаки, пізні строки, як правило, призводять до створення відповідних умов для проходження процесів омилення, окиснення та гідролізу, в результаті чого погіршується якість воску і його захисні властивості. Характер і швидкість цих процесів значною мірою визначаються впливом різноманітних чинників навколишнього середовища. Саме про це свідчить неоднозначний характер змін ліпідного складу воску в різних зонах штапеля. Так, у верхній зоні штапеля завжди фіксуються зміни, майже аналогічні тим, що мають місце в процесі росту вовни. Під час зберігання вовни вони ще більше посилюються. У нижній зоні штапеля характер їх дещо інший, що, очевидно, пов'язано з інтенсифікацією мікробіологічних процесів.

Результати досліджень засвідчили, що колір вовни з білим і кремовими відтінками жиропоту, до того й різних строків стриження овець, відрізняється. Зокрема вовна з жиропотом білого кольору практично кваліфікується білою. У міру збільшення строків стриження овець верхня частина штапеля поступово починає жовтіти, розвиваючи максимум забарвлення під час зберігання сировини.

Щось подібне спостерігається і у випадку, коли для руна властивий кремовий жиропіт. Щоправда, в даному випадку пожовтіння волокон виражено ще яскравіше. Тут доречно додати, що вовна середніх строків стриження овець після зберігання набирає ледве помітного пожовтіння, тоді як пізніх строків — стає майже повністю пожовтілою.

Таким чином, вже самі ці результати є достатніми для переконання в тому, що більш ранні строки стриження овець насправді дозволяють в достатній мірі нівелювати процеси пожовтіння вовняних волокон, особливо у овець з білим кольором жиропоту.

Результати біохімічних досліджень жиропоту (табл. 70, 71) показали, що у жиропоті світлих відтінків міститься загалом більше воску і значно менше поту. У результаті цього співвідношення цих компонентів у такому продукті відрізняється від аналогічного показника жиропоту з кремовим відтінком. До речі, в останньому на одну частину воску припадає більше, ніж одна частина поту. У міру збільшення строків стриження овець кількість поту поступово зростає як у білому, так і в кремовому жиропоті, внаслідок чого змінюється й співвідношення воску до поту. Характерно, що з одночасним збільшенням вмісту поту зростають і показники його рН. Найвищими вони виявились у жиропоті із вовни пізніх строків стриження овець.

Тут доречно нагадати, що саме в цих експериментах нами вперше за багато років досліджень такого плану встановлено, що середовище поту може мати кислу реакцію. Поза усяким сумнівом, що це є результатом цілеспрямованої селекційно-плеємної роботи. Нагадаємо, що ця серія досліджень виконана на новоствореному породному типі закарпатських тонкорунних овець вовново-м'ясного напрямку продуктивності, з якими велась селекція понад 12 років.

І все ж, аналізуючи результати досліджень ліпідного складу воску, необхідно зауважити, що його якість (за умов даних дослідів), а значить й захисні функції, ще не досягли бажаних параметрів. Зокрема, про це свідчать хоча б досить висока концентрація полярних ліпідів і відповідно низька — етерифікованого холестеролу. Щоправда, у жиропоті світлих відтінків ці показники без сумніву є набагато кращими. На жаль, вимушені констатувати, що у жиропоті з кремовим кольором, особливо пізніших строків стриження овець, кількість полярних ліпідів зростає ще помітніше, а вміст етерифікованого холестеролу при цьому зменшується.

Таблиця 70. Кількісні та якісні показники жиropoty різних відтінків залежно від строків стриження овець (вовна до зберігання) (M±m, n=5)

Показник	Раннє стриження		Середнє стриження		Пізнє стриження	
	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт
Кількість воску, %	14,4±0,89	12,7±1,24	13,3±1,02	13,1±1,74	13,18±1,14	12,6±1,11
Склад воску, %:						
– полярні ліпиди	18,9±0,37	19,8±0,44	19,1±0,21	19,7±0,43	19,5±0,36	20,3±0,30
– неестерифікований холестерол	14,4±0,27	16,6±0,82*	14,2±0,24	16,0±0,16***	14,2±0,27	16,2±0,64*
– ланостерол	6,9±0,49	7,8±0,83	6,7±0,50	8,2±0,60	6,6±0,25	7,9±0,48*
– НЕЖК	6,6±0,59	5,2±0,51	6,2±0,44	6,2±0,15	6,9±0,43	5,9±0,29
– дегідрохолестерол	8,1±0,26	9,3±0,90	7,8±0,29	8,4±0,46	8,3±0,23	8,9±1,02
– сквален	15,0±0,42	12,1±0,50**	15,3±0,23	12,1±0,58***	14,5±0,39	12,7±0,78
– естерифікований холестерол	29,9±0,85	29,2±1,68	30,6±0,79	29,3±1,11	29,9±0,47	27,9±0,47*
Пероксидне число	0,84±0,06	1,1±0,06*	0,89±0,05	1,23±0,03***	1,02±0,05	1,34±0,10*
Кількість поту, %	8,44±0,16	14,4±0,49***	9,07±0,33	14,2±0,36***	9,55±0,51	15,1±0,92***
pH поту	6,33±0,11	7,0±0,10**	6,43±0,04	7,09±0,06***	6,78±0,13	7,39±0,12**
Співвідношення «віск:піт»	1:0,58	1:1,13	1:0,68	1:1,02	1:0,72	1:1,19

Таблиця 71. Кількісні та якісні показники жиropoty різних відтінків залежно від строків стриження овець (вовна після зберігання), (M±m, n=5)

Показник	Раннє стриження		Середнє стриження		Пізнє стриження	
	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт
Кількість воску, %	12,3±0,84	12,5±1,24	13,3±1,00	12,8±1,50	12,67±1,16	12,3±1,15
Склад воску, %:						
– полярні ліпиди	19,2±0,20	20,8±0,51*	20,1±0,38	20,6±0,43	19,9±0,51	21,0±0,78
–неестерифікований холестерол	14,4±0,41	16,5±0,85*	14,4±0,37	16,4±0,29**	14,6±0,30	15,4±0,43
– ланостерол	6,9±0,43	7,6±0,81	6,3±0,14	8,4±0,98	6,7±0,26	8,6±0,72*
– НЕЖК	6,8±0,48	5,5±0,67	6,2±0,33	6,2±0,12	7,1±0,43	5,6±0,35*
– дегідрохолестерол	7,6±0,34	8,7±0,92	7,5±0,26	8,4±0,45	8,2±0,20	9,3±0,85
– сквален	15,0±0,53	11,5±0,57**	15,0±0,23	11,1±0,94**	14,2±0,35	12,4±0,89
–естерифікований холестерол	29,8±1,03	29,1±1,16	30,2±0,52	28,6±0,49*	28,9±0,50	27,3±0,44*
Пероксидне число	1,38±0,09	1,7±0,10	1,43±0,08	1,88±0,08	1,82±0,07	2,34±0,24***
Кількість поту, %	8,45±0,21	14,3±0,47***	9,26±0,44	13,8±0,43***	9,45±0,51	14,6±0,62***
pH поту	6,42±0,05	7,0±0,12**	6,48±0,06	7,22±0,12***	6,97±0,26	7,44±0,18
Співвідношення «віск:піт»	1:0,68	1:1,14	1:0,72	1:1,07	1:0,72	1:1,18

Крім цих компонентів воску нами були зафіксовані й інші зміни якісного характеру. Зокрема, це стосується неетерифікованого холестеролу і дегідрохолестеролу, вміст яких у кремівому воску загалом був більшим. Все вище сказане свідчить про те, що в жиропоті з кремівими відтінками інтенсивніше відбуваються процеси окиснення, омилення, гідролізу та інші, в результаті чого у ньому наступають якісні зміни, а це в цілому призводить до зниження його захисних властивостей. Свідченням цього і є результати визначень пероксидного числа воску, а також інтенсивності самого процесу пероксидного окиснення. Як бачимо, з наведених даних, цей показник у жиропоті з кремівим відтінком був значно вищим, ніж з білим. Особливо чітко це простежується у жиропоті з вовни пізніх строків стриження овець.

Виявлені зміни кількісних та якісних параметрів жиропоту ще яскравіше проявляються у жиропоті з вовни після 3-х місячного її зберігання. Процес зберігання супроводжується зростанням у вовні вмісту полярних ліпідів і зменшення етерифікованого холестеролу. І знову ж, як і в попередньому випадку (до зберігання), чіткіші зміни спостерігаються у воску кремівих відтінків (особливо пізніх строків стриження овець). Отже, в даному випадку знову ж таки маємо усі підстави стверджувати про посилення процесів, про які йшлося вище. Як результат цього, кількість жиропоту зменшується, а рН поту, навпаки, збільшується. Паралельно з цим різко зростають величини пероксидного числа, особливо у жиропоті жовтих відтінків і пізніх строків стриження овець. Вовна в таких випадках на 80–90 % є пожовтілою.

У таблицях 72 та 73 наведено результати досліджень хімічного складу і фізичних показників вовни, залежно від строків стриження овець та тривалості зберігання сировини. Показано, що вовна з різним кольором жиропоту відзначається і різними показниками хімічного складу. Зокрема, у ній виявлено меншу кількість протеїнів, багатих тирозином, самого тирозину, триптофану і особливо гексозамінів. Як бачимо, виявлені зміни стосуються, насамперед, тих показників, які мають безпосереднє відношення до процесів пожовтіння волокон.

Таблиця 72. Хімічний склад і фізичні показники вовни з різним кольором жиропоту та залежно від строків стриження (вовна до зберігання) ($M \pm m$, $n=5$)

Показник	Раннє стриження		Середнє стриження		Пізнє стриження	
	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт
Нітроген, %	14,87±0,10	15,31±0,09	15,05±0,03	15,03±0,05	15,04±0,03	15,04±0,03
Сульфур, %	2,83±0,01	2,89±0,02*	2,91±0,02	2,93±0,02	2,88±0,01	2,89±0,04
Цистин, %	10,50±0,18	10,68±0,26	10,73±0,09	10,80±0,25	10,39±0,19	10,51±0,12
ББТ, %	4,36±0,12	4,28±0,15	4,34±0,17	4,18±0,09	4,23±0,35	4,12±0,19
Тирозин, %	4,92±0,17	4,88±0,16	4,42±0,16	3,95±0,17*	3,50±0,17	3,23±0,13
Триптофан, мг/г	33,24±1,91	31,32±0,64	30,33±1,29	31,25±0,78	34,54±1,94	33,17±1,04
Гексозаміни, мг%	178,9±5,96	163,9±5,42	176,6±6,79	159,9±7,57	162,5±4,96	153,5±5,66
Розчинність, %	13,52±1,18	11,78±0,69	12,35±1,19	10,53±0,77	11,20±1,32	10,83±0,46
Міцність, кМ	8,97±0,07	8,71±0,07*	8,91±0,06	8,65±0,05**	8,58±0,05	8,54±0,08

Таблиця 73. Хімічний склад і фізичні показники вовни з різним кольором жиропоту та залежно від строків стриження (вовна після зберігання) ($M \pm m$, $n=5$)

Показник	Раннє стриження		Середнє стриження		Пізнє стриження	
	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт	білий жиропіт	кремовий жиропіт
Нітроген, %	14,87±0,04	15,01±0,03*	14,97±0,04	14,98±0,05	14,97±0,03	14,94±0,03
Сульфур, %	2,78±0,02	2,83±0,03	2,91±0,03	2,86±0,04	2,85±0,02	2,87±0,02
Цистин, %	10,62±0,18	10,78±0,30	10,79±0,22	10,26±0,04	10,34±0,21	10,53±0,13
ББТ, %	4,20±0,15	4,14±0,05	4,18±0,14	4,12±0,09	4,03±0,28	4,02±0,12
Тирозин, %	4,69±0,13	4,24±0,10*	4,10±0,16	3,85±0,15	3,39±0,15	3,25±0,12
Триптофан, мг/г	30,21±0,92	30,72±0,95	28,32±1,07	28,87±0,78	27,91±1,86	28,40±0,56
Гексозаміни, мг%	169,2±2,02	162,9±4,50	175,6±7,72	156,6±5,11	158,9±6,90	151,9±4,23
Розчинність, %	9,91±0,62	9,19±0,87	7,06±1,66	7,06±0,83	9,87±0,65	7,95±0,85
Міцність, кМ	8,82±0,04	8,52±0,07**	8,80±0,03	8,59±0,09	8,43±0,09	8,29±0,04

Зміни в хімічному складі вовни ще чіткіше (за винятком триптофану) настають у вовні пізнього стриження овець. Стосовно триптофану, вміст якого в вовні у даному випадку дещо зростає, як пам'ятаємо, подібне вже спостерігалось нами й раніше, особливо на початкових стадіях розвитку пожовтіння волокон, що можливо пов'язано з певною модифікацією циклічних амінокислот.

Природно, що тотальне погіршення хімічного складу волокон негативно позначилось на їх фізичних показниках. Саме про це і свідчать результати визначення міцності та розчинності вовни. Як видно із даних таблиць 72 та 73 найгірші показники у цьому відношенні зафіксовано у вовні з кремовим кольором жиропоту.

Аналізуючи результати досліджень хімічного складу вовни не важко зауважити, що виявлені у ній зміни до зберігання (при стриженні), набувають ще яскравішого вираження після 3-х місячного терміну зберігання (табл. 73). Особливо це стосується таких показників, як ББТ, тирозин і гексозаміни. Поряд з цим тут спостерігаються й деякі інші відмінності. Зокрема, це відноситься до загального Нітрогену та Сульфуру, вміст яких у волокнах за період зберігання зменшився. Така видозміна хімічного складу вовни негативно позначилась на її фізичних параметрах загалом.

Таким чином, на підставі вище сказаного можна заключити, що механізми пожовтіння вовни нерозривно пов'язані з її жиропотом, особливо з процесами, які постійно відбуваються в його середовищі — окиснення, омилення та гідроліз, а також мікробіологічні процеси. Характерно, що рівень і спрямованість згаданих процесів за будь яких умов майже завжди тотожні, про що вказують виявлені зміни у ліпідному складі воску. Найяскравіше вони проявляються з боку етерів холестерину та інших полярних ліпідів: завжди спостерігається зменшення фракції етерів холестеролу з одночасним збільшенням полярних ліпідів. Зростання останніх, на нашу думку, пов'язано з накопиченням продуктів окиснення, оскільки в таких випадках завжди простежується збільшення такого показника, як пероксидне число, а заодно і

самого процесу пероксидного окиснення ліпідів воску. Значно інтенсивніше цей процес відбувається у жиропоті жовтих відтінків. Про його інтенсивність свідчать суттєві зміни з боку йодного, кислотного, етерного чисел та омилення. Особливо істотні зміни цих показників наступають під час зберігання вовни і, як з'ясувалось, перебувають у відповідності з показниками ліпідного складу воску та виходом пожовтілої вовни.

Щодо процесу пероксидного окиснення, то як відомо, основними генераторами вільних радикалів можуть виступати поліненасичені жирні кислоти, а первинними ініціаторами вільних радикалів є іонізуюча радіація, ультрафіолетові промені, озон повітря, іони металів (Кобальт, Купрум, Ферум), Оксиген та інші. Саме цим і пояснюється зменшення рівня поліненасичених жирних кислот у воску з жовтим кольором жиропоту, а також зміни в показниках йодного числа у процесі тривалого зберігання вовни.

Зміни кількісних і якісних параметрів жиропоту відбуваються за певних умов. Насамперед, це стосується об'ємного співвідношення його основних компонентів, тобто воску і поту. Чим вища концентрація поту, тим інтенсивніше проходить деградація самого воску, особливо за умов високої лужності поту. Яскравим свідченням цього є співвідношення між воском і потом (1,0:0,50) у австралійських мериносів, у яких пожовтіння вовни майже не спостерігається. Лужність поту в цієї породи овець також дуже низька або навіть нейтральної реакції.

Інтенсивність і спрямованість процесів окиснення, омилення і гідролізу визначається, передусім, зовнішніми чинниками (сонячна радіація, аерація, вологість, температура тощо), а також складом другого компоненту жиропоту, тобто потом. Не виключено, що саме піт є визначальним чинником у цих процесах, оскільки у його складі містяться різні компоненти, в тому числі такі оксиданти, як Ферум, Кальцій, аміак та інші. До речі, деякі з них мають спадкову детермінованість, а тому можуть використовуватись в якості тестів для прогнозування продуктивних якостей овець у молодому віці.

Високолушний піт здатний гідролізувати білкову молекулу кератину і тим самим послаблювати його структурну організацію. І все ж, піт активніше взаємодіє з ліпідами воску, в результаті чого змінюється склад останнього, порушується оптимальне співвідношення між окремими ліпідними компонентами, що призводить до зниження його якості, а значить й захисних властивостей.

Вовна швидко жовтіє за умов підвищеної температури і вологості. Остання має вагомійший вплив, ніж температура. Власне за таких умов відбуваються значні зміни в ліпідному складі воску. Стає очевидним, що підвищення вологості (отже і поту) сприяє інтенсивнішому перебігу процесів, які мають місце в середовищі жиропоту, особливо коли він є жовтого відтінку і характеризується високими показниками рН. Позбавлення жиропоту потової частини значно знижує інтенсивність пожовтіння вовни.

За умов модельних дослідів встановлено, що пожовтіння волокон відбувається у певній послідовності: спочатку жовтіє верхівка волокон, а відтак і весь штапель. Пояснення цього явища може бути двояке. По-перше, вовна, яка використовувалась для досліджень, як правило, характеризувалась деяким пожовтінням верхньої частини штапеля. А це значить, що вона уже відзначалась видозміненою структурою і хімічним складом. Перебуваючи в умовах, які забезпечують розвиток пожовтіння, останнє поступово розвивається по усій довжині волокон. Зрозуміло, що в даному випадку механізми пожовтіння слід розглядати з позиції внутрішньоструктурних змін у самому кератині. Тлумачення іншого характеру зводиться до того, що верхня частина штапеля є найбільш вразливою для проникнення агентів пожовтіння ззовні, тобто з середовища жиропоту. У першому випадку механізми пожовтіння пов'язані, насамперед, з такими амінокислотами, як цистин, тирозин та триптофан, а також з білками багатими тирозином і, звичайно, з ліпідами самого кератину.

Вивчаючи кінетику пожовтіння, ми спостерігали швидкий розвиток цього процесу, який супроводжувався збільшенням кількості ББТ, тирозину і

триптофану. З цього випливає, що пожовтіння вовни — процес багатоступеневий і починається з модифікації окремих амінокислот, а потім їх деструкції. До речі, найбільш стійкими до дії зовнішніх чинників є амінокислоти простої будови (валін, аланін, лейцин, ізoleyцин і аспарагінова кислота), а найменш стійкими — більш складні, зокрема, гістидин, цистин, тирозин та триптофан. Деструктивні зміни стосуються й інших компонентів волокна, зокрема загального Нітрогену, мукополісахаридів, які загалом призводять до збільшення вільних сульфгідрильних груп і деструктивних змін у структурі самого кератину. Зрозуміло, що такі глибокі зрушення у хімічному складі волокон та їх структурі не можуть не позначитись на фізичних показниках, зокрема втраті ними міцності.

У процесі пожовтіння волокон відбуваються характерні зміни і в структурних ліпідах кератину. Найперше це стосується загальних ліпідів. Кількість їх у пожовтілій вовні завжди є меншою, а концентрація вільних жирних кислот, навпаки, вищою. Найістотніші зміни загальних ліпідів кератину зафіксовано в альфа- і бета-кератозах. Саме альфа-кератоза є основним компонентом у структурі кератину, яка визначає його фізичні властивості і є найменш стійкою до чинників зовнішнього середовища.

Отже, механізми пожовтіння вовни тісно пов'язані як з ліпідами воску, так і з структурними ліпідами самого кератину. Не виключено, що частина ліпідів воску адсорбується кератином, зокрема бета-кератозою, тобто кутикулою. Найшвидше усього адсорбуються не самі ліпіди, а їх пероксиди, які в подальшому можуть бути причетними до змін як ліпідної, так і білкової частини кератину.

Загалом механізм розвитку пожовтіння вовни можна представити наступним чином, якщо підійти до цього процесу з точки зору хемілюмінесценції. Суть його полягає в тому, що серед амінокислот найбільш спонтанну біохемілюмінесценцію дає триптофан. Якщо на шар білків (або амінокислот) нашарувати жир або жирні кислоти, то свічення такої системи за температури 30–50⁰С буде безперервно наростати упродовж декількох діб.

Паралельно цьому збільшується інтенсивність забарвлення від світло-жовтого до темно-коричневого. Однією з причин посилення свічення є утворення в процесі спільного автоокиснення на повітрі жирів і протеїнів, активних груп-емітерів з високим квантовим виходом.

Таким чином, біохемілюмінесценція відображає деякі сторони ліпід-протеїнової взаємодії і стан ліпід-протеїнових систем, в яких енергія електронного збудження звільняється за рахунок автоокиснення ліпідів, а випромінювачами можуть бути різноманітні угруповання протеїнових структур. До речі, є відомості про наявність протеїнового шару на поверхні вовни.

Зміни і ушкодження нативних протеїнів, як правило, призводять до збільшення випромінючої здатності. Із подібних змін вивчено утворення активних емітерів-груп центру свічення кінуреніноподібного типу, які являють собою ароматичні орто-кетони за рахунок окиснення триптофанових молекул у складі протеїну.

Відомо, що сульфурвмісні і ароматичні амінокислоти (триптофан, тирозин, фенілаланін, гістидин та пролін) беруть активну участь у вільнорадикальних процесах. Сульфурвмісні амінокислоти взаємодіють з активною формою Оксигену і пероксидними радикалами за рахунок SH-груп. Окиснення останніх може відбуватись за рахунок ОСГ, що є причиною інактивації ряду ензимів. Крім того, акцептування амінокислотами активних груп Оксигену може бути пов'язано не лише з SH-групами, але й з аміногрупами, зокрема окиснення триптофану може супроводжуватись розривом пірольного кільця з утворенням N-формілкінуреніну, кінуреніну та індолу.

Отже, встановлений нами процес пероксидного окиснення ліпідів воску також відповідно узгоджується з цією концепцією. У результаті вільнорадикального окиснення утворюються продукти — пероксиди, які активно взаємодіють з протеїнами. Вони викликають їх полімеризацію і здатні розривати поліпептидні ланцюги, а також окиснюють SH-групи.

Таким чином, механізм пожовтіння вовни можна представити як результат ліпід-протеїнової взаємодії. Спочатку за «сприятливих» умов (висока концентрація поту з великими показниками рН, підвищена вологість і температура, сонячна радіація тощо.) в середовищі жиропоту інтенсивно розвиваються процеси, які призводять до окиснення ліпідів воску з утворенням різних продуктів — пероксидів. Складні етери воску гідролізуються з утворенням спиртів і жирних кислот. Останні під дією Оксигену повітря за наявності оксидантів, які є в поті, поступово окиснюються до пероксидів. У міру їх накопичення та ланцюгової реакції проходить самоприскорення процесів окиснення з наступним утворенням гідропероксидів, гідрооксикислот, альдегідів і, накінець, низькомолекулярних жирних кислот. У результаті цього порушується оптимальне співвідношення ліпідних компонентів воску, вимивання та вивітрювання їх з вовнового покриву і, як результат, зниження захисної функції воску. Унаслідок цього створюються сприятливі умови для впливу високолужного поту і продуктів окиснення на структурну організацію кератину волокон та взаємодії їх з протеїнами і, передусім, з такими амінокислотами, як цистин, тирозин та триптофан і утворенням жовто-коричневих пігментів [27–30].

6.2 З'ясування механізмів звалювання вовни

Овеча вовна, на відміну від інших текстильних волокон, володіє такою унікальною властивістю, як здатність звалюватись у щільну і міцну масу — повсть (звалок) за рахунок переплетення й зближення вовняних волокон. Здатність вовни до звалювання покладена в основу войлочно-валяльного виробництва при виготовленні войлоку, валянок, фетру. Однак вовна може звалюватись і на тілі вівці, що перетворює цю властивість на вагому ваду.

У вівчарстві добре відоме явище «підрунювання» вовни, яке починається у ранньовесняний період і не вважається вадой, оскільки воно полегшує

стриження, але звалювання вовняного покриву, яке охоплює 50 % і більше довжини штапеля, відносять до суттєвих вад [31].

Причини звалювання вовни є різні, зокрема це — погана годівля, догляд та утримання тварин. Ступінь звалювання залежить також від породи та віку тварини. Часто звалювання рунної вовни пов'язане з патологічними процесами (короста тощо), що призводять до порушення нормального росту волокон. За наявними даними існує зв'язок між структурою вовни, особливо величиною асиметрії коркового шару і процесами звалювання та характером будови кутикулярного шару. Зі збільшенням паракортексу у вовняному волокні ступінь звалювання зменшується [32, 33].

Руна з наявністю у них звалку є малоцінними, оскільки при переробленні зазнають лише розриву (розчесати їх практично неможливо), до того ж, сама вовна є менш міцною.

Доволі часто ці дві вади, а саме пожовтіння та звалювання виникають паралельно, оскільки причини їх виникнення суміжні. З огляду на це нами проведено дослідження кількісних показників жиропоту зваляної та зваляної пожовтілої вовни (табл. 74).

**Таблиця 74. Кількісні показники жиропоту нормальної та зваляної вовни
($M \pm m$, $n=4$)**

Показник	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Кількість воску, %	17,04±1,19	8,67±0,53***	8,55±0,56***
Кількість поту, %	17,58±1,12	17,88±0,78	17,81±1,26
pH поту	8,51±0,24	9,43±0,27*	9,38±0,21*
Співвідношення віск:піт	1:1,03	1:2,06	1:2,08

Встановлено, що у зваляній вовні вірогідно зменшується вміст воску — майже на 50 %. Стосовно поту, то суттєвих різниць між його вмістом у нормальній та зваляній вовні не виявлено, проте, показники рН поту у зваляній та зваляній пожовтілій вовні є вірогідно вищими.

Як уже було сказано вище, високолужний піт негативно впливає на якість вовни, оскільки може призводити до деструктивних змін у структурі самого волокна. Натомість, від вмісту воску і, особливо, його ліпідного складу, значною мірою залежить і якість вовняних волокон, оскільки віск відіграє захисну функцію. З даних таблиці 74 видно, що у дефектній вовні показник співвідношення воску до поту є значно гірший за рахунок зменшення кількості воску.

Ліпідний склад воску дефектної вовни також зазнає помітних змін. Зокрема, з таблиці 75 видно, що на тлі практично однакової кількості неетерифікованого холестеролу, ланостеролу, дегідрохолестеролу і сквалену, у зваляній вовні вірогідно зростає вміст полярних ліпідів та неетерифікованих жирних кислот. У зваляній пожовтілій вовні вміст неетерифікованих жирних кислот є ще більший.

Щодо фракції етерифікованого холестеролу, то у дефектній вовні його кількість вірогідно зменшується. Це зменшення відбувається, в основному, за рахунок зниження рівня етерів насичених і частково мононенасичених жирних кислот.

Отже, з отриманих даних випливає, що у зваляній вовні овець відбувається гідроліз деяких компонентів воску та підвищенням лужності поту, що в кінцевому результаті призводить до погіршення захисних властивостей воску.

Не останню роль у погіршенні захисних властивостей жиропоту у зваляній вовні відіграють і мікроорганізми руна. Так деякі автори вважають, що певні види мікроорганізмів, володіючи ліполітичною активністю, можуть гідролізувати ліпіди воску до неетерифікованих жирних кислот і альдегідів [34].

**Таблиця 75. Ліпідний склад воску нормальної та зваляної вовни
($M \pm m$, $n=4$)**

Ліпіди	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Полярні ліпіди	18,08±1,33	22,94±0,97*	22,92±0,84*
Неестерифікований холестерол	10,39±1,28	10,14±0,38	10,01±0,48
Ланостерол	8,15±0,76	7,63±0,68	7,78±0,52
НЕЖК	5,41±0,48	6,90±0,29*	7,09±0,21*
Дегідрохолестерол	9,53±0,71	9,41±0,89	9,42±0,75
Сквален	8,42±0,75	8,31±0,52	8,33±0,67
Естерифікований холестерол	40,04±1,54	34,68±1,45*	34,46±1,13*
в т.ч. у естерифікованому холестеролі етери:			
— насичених кислот	16,29±0,92	13,13±0,66*	13,02±0,51*
— моноєнові	12,19±1,02	10,13±0,71	10,02±0,69
— дієнові	5,67±0,37	5,34±0,30	5,22±0,31
— триєнові	1,77±0,05	1,89±0,13	1,99±0,27
— тетраєнові	1,88±0,03	1,94±0,12	2,00±0,23
— інші полієнові	2,24±0,12	2,25±0,09	2,21±0,32

При дослідженні видового складу мікрофлори встановлено, що у зваляній та одночасно зваляній і пожовтілій вовні міститься вірогідно більша кількість бактерій та грибів. Що стосується плісневих грибів, нейроспор і актиноміцетів, то у нормальній і дефектній вовні їх кількість є практично однаковою.

До речі, подібна картина змін кількісного та якісного складу мікрофлори руна спостерігалась і при дослідженні пожовтілої вовни. І це не дивно, оскільки у багатьох випадках зваляна вовна характеризується ще й різним ступенем

пожовтіння, що, до речі, і представлено у наших дослідженнях. Так, у зваляній і одночасно пожовтілій вовні міститься найбільша кількість бактерій (4,0 проти 3,8 у зваляній і 2,3 у нормальній білій), що цілком узгоджується із попередніми дослідженнями (табл. 76).

Таблиця 76. Кількісний і видовий склад мікроорганізмів нормальної та зваляної вовни вівцематок асканійської тонкорунної породи, КУО/г (M±m, n=4)

Мікроорганізми	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Бактерії x 10 ⁹	2,25±0,25	3,75±0,48*	4,00±0,41*
Актиноміцети x 10 ⁵	2,00±0,01	2,00±0,41	2,00±0,41
Гриби x 10 ⁵	4,25±0,48	6,50±0,29**	6,50±0,29**
Плісеневі гриби x 10 ³	50,00±0,01	52,50±2,50	55,00±2,89
Нейроспори x 10 ³	3,50±0,29	3,75±0,25	3,75±0,25

Дослідження внутрішніх ліпідів зваляної вовни показало, що загальна кількість вільних внутрішніх ліпідів у нормальній за станом вовні асканійських тонкорунних вівцематок становить 0,92 %, а зв'язаних майже у 2 рази більше — 1,76 % (рис. 31).

У зваляній вовні кількість зв'язаних ліпідів вірогідно зменшується, але одночасно збільшується фракція вільних ліпідів за рахунок зростання вмісту неестерифікованих жирних кислот та гліколіпідів найвищої полярності.

Таким чином, отримані дані вказують на те, що процеси звалювання вовни супроводжуються окисненням та гідролізом ліпідних компонентів, причому це стосується як вільних, так і зв'язаних форм ліпідів, на що вказує вірогідне зменшення у зваляній вовні естерифікованого холестеролу (в основному за рахунок естерів насичених кислот) та збільшення фракції неестерифікованих жирних кислот.

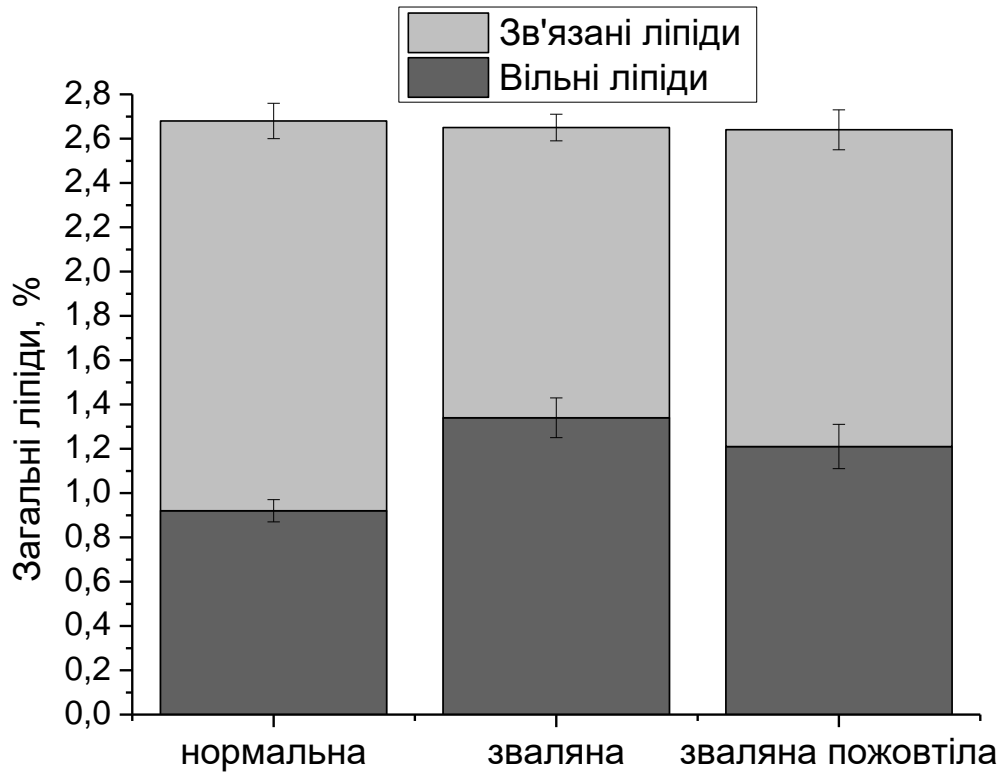


Рис. 31. Вміст загальних ліпідів у нормальній та зваліяній вовні

У одночасно зваліяній і пожовтілій вовні кількість неетерифікованих жирних кислот є найбільшою. Отже, процеси пожовтіння посилюють гідролітичні процеси у волокні.

Збільшення загальної кількості незв'язаних внутрішніх ліпідів у дефектній вовні, очевидно відбувається за рахунок зменшення зв'язаних, які втратили зв'язок із протеїновим компонентом волокна і перейшли у вільний стан. Такі припущення підтверджуються суттєвими змінами у співвідношенні між окремими класами ліпідів, а також сталим показником вмісту загальних ліпідів. Так, у нормальній вовні тотальний вміст вільних і зв'язаних ліпідів становить 2,68 %, а у зваліяній та зваліяній пожовтілій відповідно — 2,65 і 2,64 %.

Деякі дослідники вказують на зменшення кількості керамідів в ушкоджених ділянках волоса [35]. Подібні дані отримані і нами. Зокрема, з даних таблиць 77 і 78 видно, що у зваліяній та зваліяній пожовтілій вовні, у складі вільних і зв'язаних ліпідів, міститься менша кількість керамідів.

Таблиця 77. Вміст і склад вільних внутрішніх ліпідів у нормальній та зваляній вовні, % (M±m, n=4)

Ліпіди	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):			
Гліколіпіди найвищої полярності	5,68±0,42	7,47±0,58*	7,72±0,69*
Холестерол сульфат	10,38±0,89	11,41±0,76	11,61±0,56
Глюкозилцераміди	14,47±1,07	14,58±1,56	14,16±1,95
Сульфоліпіди	20,09±1,11	21,00±1,59	20,83±1,42
Цераміди	49,39±1,09	45,55±1,02*	45,69±1,01*
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):			
Неестерифікований холестерол	56,85±3,55	56,43±1,07	55,80±1,56
НЕЖК	10,27±0,78	14,57±0,34**	15,56±0,73**
Стеринова фракція	11,92±1,04	12,59±0,95	12,33±1,17
Етерифікований холестерол	20,96±1,83	16,41±0,20*	16,32±0,42*
в т.ч. у етерифікованому холестеролі (система н-гептан-толуол (8:2) етери:			
— насичених кислот	12,83±1,19	9,45±0,13*	9,52±0,25*
— моноєнові	4,06±0,23	3,33±0,12*	3,39±0,35
— ді-, три- і тетраєнові	2,51±0,33	2,20±0,18	1,99±0,29
— інші полієнові	1,56±0,11	1,43±0,07	1,42±0,13

При цьому нагадаємо, що у структурній будові кератинів цераміди відіграють важливу роль беручи участь у формуванні інтрацелюлярних ламел (пластин) рогового шару, які є сплющеними везикулами, що виштовхані з ламелярних гранул у міжклітинний простір. Ці сплющені везикули з'єднуються у спосіб «ребро до ребра» («край до краю») утворюючи, таким чином, спарений бішар.

Стосовно зв'язаних ліпідів, то слід вказати на наявність у їх складі ще двох, поки-що неідентифікованих нами класів ліпідів, які зазнають помітних змін. Зокрема, їх кількість у зв'язаній і одночасно зв'язаній та поживній вовні збільшується майже у 2 рази.

Таблиця 78. Вміст і склад зв'язаних внутрішніх ліпідів у нормальній та зв'язаній вовні, % ($M \pm m$, $n=4$)

Ліпіди	Вовна		
	нормальна	зв'язана	зв'язана поживна
Ліпіди розділені у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4):			
Гліколіпіди найвищої полярності	5,17±0,42	5,62±0,52	5,34±0,34
Неідентифіковано	3,26±0,25	5,81±0,21***	7,07±0,48***
Холестерол сульфат	12,16±0,67	12,69±1,65	12,71±0,40
Неідентифіковано	4,15±0,32	6,31±0,47**	7,97±0,60**
Глюкозилцераміди	15,55±0,95	13,40±0,63	12,35±0,33*
Сульфоліпіди	22,27±1,51	21,82±0,78	21,36±0,46
Цераміди	37,44±0,71	34,37±1,03*	33,26±0,65**
Ліпіди розділені у системі петролейний етер-диетиловий етер (4:1):			
Неетерифікований холестерол	26,35±2,09	24,81±1,70	24,21±1,28
НЕЖК	16,57±0,65	17,53±1,31	20,70±1,17*
Стеринова фракція	16,43±0,87	16,56±1,36	17,77±0,74
Етерифікований холестерол	40,65±2,54	41,10±2,64	37,33±2,82
в т.ч. у етерифікованому холестеролі (система н-гептан-толуол (8:2) етери:			
— насичених кислот	26,68±2,50	27,38±1,07	25,46±2,22
— моноєнові	6,84±0,23	6,62±0,59	5,43±0,31*
— ді-, три- і тетраєнові	4,15±0,20	4,02±0,54	3,75±0,30
— і інші полієнові	2,98±0,13	3,08±0,49	2,69±0,22

Отже, підсумовуючи ці дані, можна зробити висновки, що у механізмах звалювання вовни суттєву роль відіграють внутрішні ліпіди волокна, зазнаючи при цьому якісних змін як зі сторони вільних, так і зв'язаних фракцій. Зокрема, найбільші зміни у складі структурних ліпідів зваляної і зваляної пожовтілої вовни стосуються, в основному, вмісту неетерифікованих жирних кислот та керамідів.

При дослідженні жирнокислотного складу структурних ліпідів волокна встановлено, що у складі вільних внутрішніх ліпідів найбільша кількість жирних кислот припадає на пальмітинову, олеїнову та стеаринову (табл. 79). Сумарний вміст пальмітинової, олеїнової та стеаринової жирних кислот складає близько 70 % від їх загальної кількості, причому це співвідношення характерне як для нормальних, так і патологічно змінених волокон. Натомість, у зв'язаних структурних ліпідах основна частка припадає на 18-метилейкозанову кислоту, кількість якої у нормальній вовні становить практично 40 %.

Такі дані повністю узгоджуються з наявними даними літератури про те, що ключовою жирною кислотою структурних ліпідів є ковалентно зв'язана 18-метилейкозанова кислота ($C_{21:0}$), яка є основною складовою частиною ковалентно зв'язаних на епікутикулі жирних кислот. Зауважимо, що при порушенні синтезу ліпідів, зокрема 18-метилейкозенової кислоти, спостерігаються дефекти стрижня волоса. Зокрема, таким прикладом є хвороба кленового сиропу у людей [36].

При дослідженні жирнокислотного складу внутрішніх ліпідів нами також зауважені характерні зміни у його складі. Перш за все, з даних таблиць 79 і 80 видно, що жирнокислотний склад вільних внутрішніх ліпідів вовни представлений 19-ма кислотами, дві з них нами поки-що неідентифіковані, а зв'язаних — 10-ма.

Жирнокислотний склад внутрішніх ліпідів дефектної вовни істотно відрізняється від аналогічного у нормальній. Так, з даних таблиці 79 видно, що у вільних ліпідах зваляної вовни суттєво зменшується кількість міристинової, пальмітинової та олеїнової жирних кислот, і зростає — 18-метилейкозенової.

**Таблиця 79. Жирнокислотний склад вільних внутрішніх ліпідів
нормальної та зваляної вовни, % (M±m, n=3)**

Жирна кислота	Код кислоти	Вовна		
		нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Міристинова	14:0	1,29±0,03	0,98±0,08*	0,74±0,09*
Пентадеканова	15:0	1,18±0,28	0,93±0,14	1,98±0,77
Пальмітинова	16:0	27,13±1,80	21,68±1,90	19,49±2,92
Пальмітоолеїнова	16:1	2,61±0,18	2,43±0,21	2,01±0,77
17-Метилгексоздеканова	17:0 ізо	1,77±0,25	1,58±0,15	1,81±0,39
Гептадеканова	17:0	1,03±0,19	1,12±0,10	1,26±0,18
Стеаринова	18:0	19,48±2,02	21,23±0,47	20,39±2,92
Олеїнова	18:1	24,70±3,36	16,06±1,64	16,75±0,66
18-Метилоктадеканова	19:0 ізо	5,12±0,86	6,46±1,28	4,39±1,08
Нонадеканова	19:0	0,46±0,13	0,18±0,01	0,28±0,05
19-Метилнонадеканова	20:0 ізо	2,05±0,33	2,21±0,25	2,91±0,04
Арахінова	20:0	3,69±0,75	2,91±0,13	5,25±2,20
Ейкозаснова	20:1	1,68±0,14	1,32±0,18	1,17±0,37
Неідентифікована-1	–	0,42±0,09	1,61±0,65	0,43±0,11
18-Метилейкозанова	21:0 ай	2,19±0,37	11,54±4,09*	12,26±4,39*
Генейкозанова	21:0	0,68±0,15	0,96±0,11	1,27±0,46
Неідентифікована-2	–	0,38±0,15	0,75±0,48	1,43±0,70
Бегенова	22:0	1,53±0,19	2,64±0,65	2,80±0,77
Лігноцеринова	24:0	2,62±0,27	3,41±0,17	3,37±0,36
Σ насичених	–	70,22	77,83	78,20
Σ ненасичених	–	28,99	19,81	19,93
Σ неідентифікованих	–	0,80	2,36	1,86

Таким чином, такі зміни у жирнокислотному складі, насамперед, призводять до того, що у зваляній вовні суттєво зростає кількість насичених і зменшується — ненасичених жирних кислот.

Щодо жирнокислотного складу ковалентно зв'язаних внутрішніх ліпідів, то з даних таблиці 80 видно, що у зваляній вовні вірогідно зростає кількість пальмітинової, ізооктадеканової та арахінової кислот. Натомість, вірогідно зменшується вміст гептадеканової і, особливо, 18-метилейкозанової кислот, а співвідношення насичених жирних кислот до ненасичених у нормальній та зваляній вовні залишається практично однаковим.

Таблиця 80. Жирнокислотний склад зв'язаних внутрішніх ліпідів нормальної та зваляної вовни, % ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота	Код кислоти	Вовна		
		нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Міристинова	14:0	1,81±0,60	4,46±0,77	2,27±0,13
Пентадеканова	15:0	2,43±0,74	3,30±0,47	3,34±0,32
Пальмітинова	16:0	11,47±0,79	15,99±1,10*	16,49±0,56**
Пальмітоолеїнова	16:1	4,97±1,45	9,86±1,62	6,59±0,36
Гептадеканова	17:0	10,43±0,52	4,01±0,73**	8,33±0,38*
Стеаринова	18:0	15,50±1,31	12,82±1,22	15,65±0,38
Олеїнова	18:1	7,47±1,17	4,20±0,65	5,45±0,93
Ізооктадеканова	18:0 ізо	2,76±0,32	14,24±1,99**	11,63±1,96*
Арахінова	20:0	3,94±0,87	25,51±1,73***	26,35±1,31***
18-Метилейкозанова	21:0 ai	39,23±5,03	5,62±1,07**	3,92±0,61**
Σ насичених	—	87,57	85,95	87,98
Σ ненасичених	—	12,44	14,06	12,04

При аналізі даних, стосовно структурних ліпідів, ми наголошували, що у зваляній і, особливо зваляній та пожовтілій вовні, спостерігаються зміни лише

якісного характеру, а загальна їх кількість залишається при цьому практично без змін. Аналогічні зміни зафіксовано і у жирнокислотному складі вовни.

Але найбільш істотні зміни спостерігаються з боку арахінової та 18-МЕК жирних кислот. Вміст першої у зваленій і зваленій пожовтілій вовні збільшується більш, ніж у 6 разів, вміст другої, навпаки, зменшується майже на таку ж величину.

Отже, з цього можна зробити припущення, що у процесах звальювання та пожовтіння вовни відбуваються структурні зміни у вмісті вищезгаданих жирних кислот.

Що ж стосується 18-метилейкозанової кислоти, то її основна кількість локалізована на зовнішній поверхні кутикулярного шару, і як буде показано далі, у зваленій вовні саме цей шар зазнає найбільш істотних змін (рис. 32).

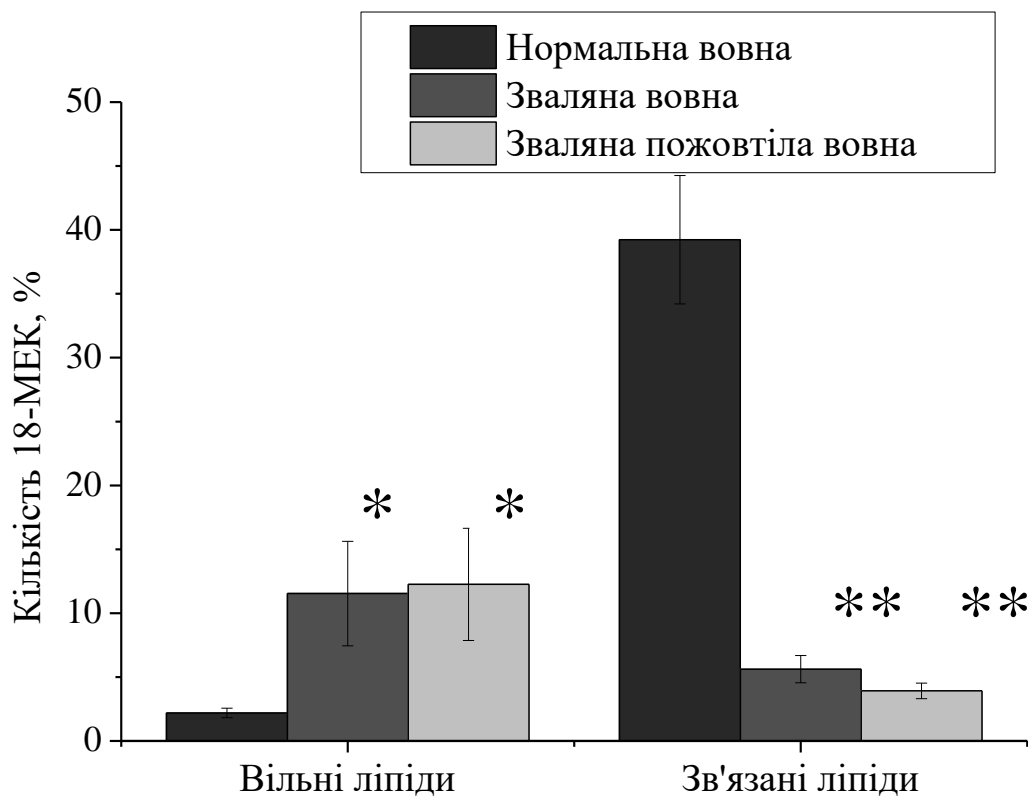


Рис. 32. Вміст 18-МЕК у нормальній та зваленій вовні

Зменшення вмісту 18-МЕК у зв'язаних ліпідах і її збільшення у вільних ліпідах вказує на те, що у процесі ушкодження волокна руйнуються тіоетерні зв'язки, за допомогою яких структурні ліпіди вовни ковалентно зв'язані через

18-МЕК з протеїном. У результаті цього значна частина зв'язаних ліпідів переходить у вільний стан.

Однак, сумарна кількість 18-метилейкозанової кислоти у зваленій вовні є суттєво меншою, у порівнянні з нормальною. Це наводить на думку, що її певна кількість втрачається у результаті механічного відшарування і подальшого злущення значної кількості лусочок кутикулярного шару. Такі дані знаходять своє підтвердження і у літературних джерелах. Зокрема, деякі автори спостерігали подібну картину у людському волоссі при патології та внаслідок довготривалого росту волосу і значної дії на нього негативних чинників навколишнього середовища [37].

Вище було сказано, що у структурі зваленої вовни найсуттєвіших змін зазнає кутикулярний шар волокна. Такі дані випливають з дослідження кератоз вовни та з результатів сканувальної електронної мікроскопії (фото 13). Зокрема, показано, що у вовні, яка зазнавала процесів звалювання, порушується цілісність кутикулярного шару, місцями окремі лусочки відшаровані, а їх поверхня деформована.

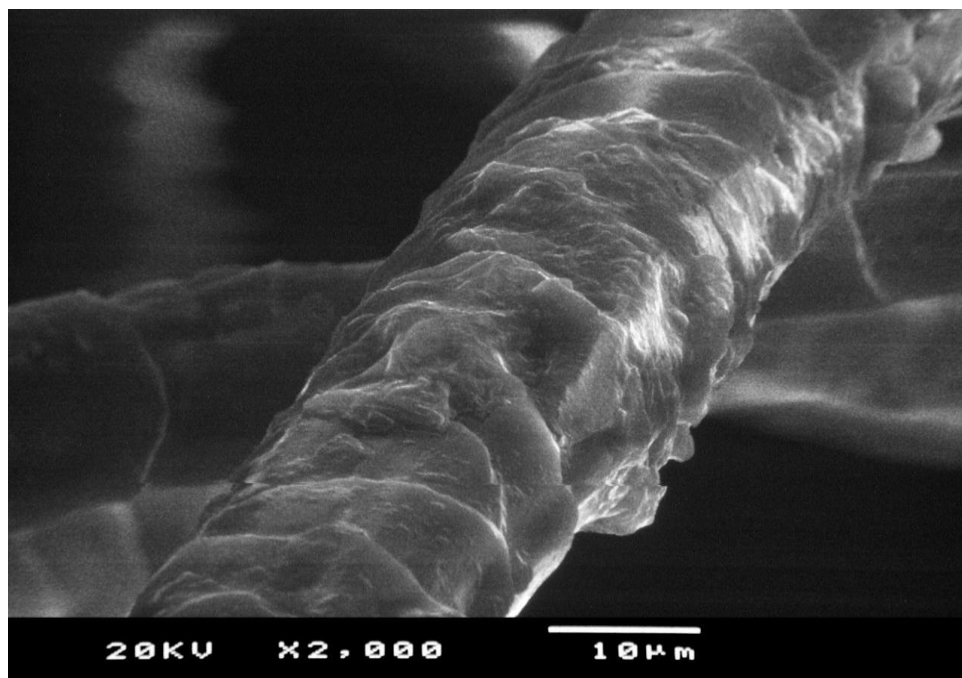
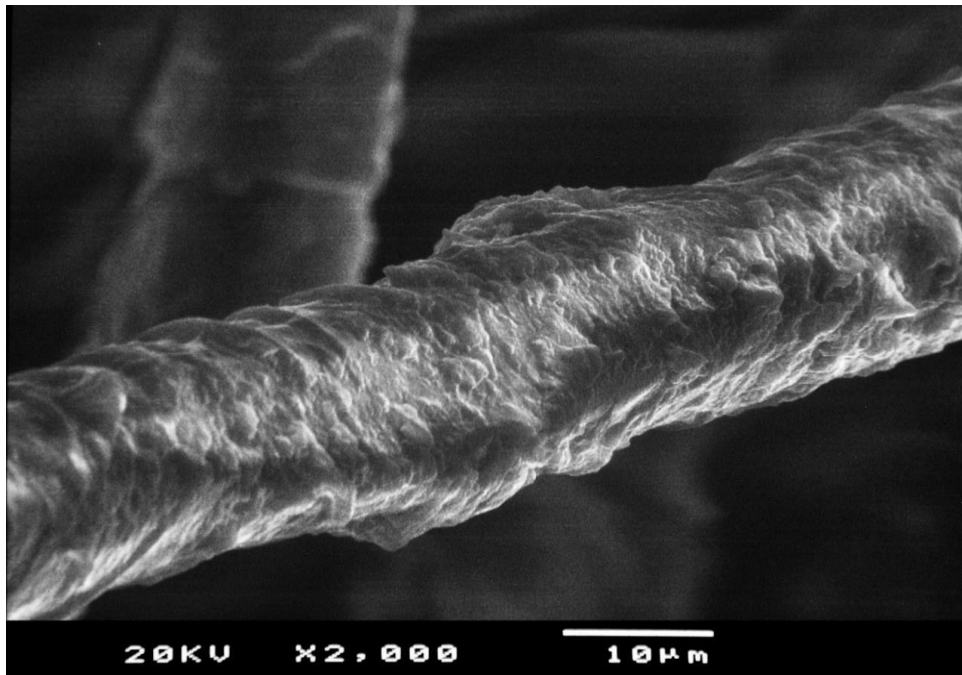


Фото 13. Зображення зовнішньої поверхні зваленої вовни, X 2000

Клітини кутикули ушкодженого волоса при цьому відповідним чином загинаються і нерівномірно надриваються, що, очевидно, є результатом механічної дії тертя волокон. У результаті цього поверхня волокон ще більше оголюється.

З фото 14 видно, що процеси пожовтіння вовни ще більше посилюють ушкодження зовнішньої поверхні вовняного волокна. Структура кутикули такого волоса є повністю видозміненою. На деяких ділянках вовняного волокна значна частина лусочок відшаровується і відривається, що в кінцевому результаті може призводити до цілковитого руйнування його кутикулярного шару.



**Фото 14. Зображення зовнішньої поверхні зваленої пожовтілої вовни,
X 2000**

Унаслідок дослідження структури вовни, тобто за визначення у ній окремих фракцій кератоз, встановлено, що у дефектній вовні порушується співвідношення між альфа-, бета- і гамма-кератозами. До речі, якщо співставити ці результати із результатами мікроскопічних досліджень, то бачимо їх повне співпадіння. Загалом, з даних таблиці 81 видно, що у зваленій

вовні суттєво зменшується кількість фракції бета-кератози (на 2,6 %), тобто кутикули вовняного волокна. Пожовтіння вовни посилює цей процес і кількість бета-кератози при цьому зменшується на 2,9 %, у порівнянні з нормальною вовною.

Таким чином, результати проведених досліджень чітко вказують на те, що у процесі звалювання вовни найбільш відчутних змін зазнає кутикулярний шар волокон, а процеси пожовтіння посилюють ці зміни.

Таблиця 81. Макроструктура нормальної та зваляної вовни, % (M±m, n=4)

Кератоза	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Альфа	61,88±1,72	63,18±2,16	62,95±2,65
Бета	13,08±0,81	10,48±0,38*	10,23±0,22*
Гамма	25,05±1,98	26,35±1,92	26,83±2,59

Зменшення захисних властивостей воску жиропоту не могло не відобразитись на хімічному складі зваляної та зваляної пожовтілої вовни. Це підтверджують дослідження амінокислотного та мінерального складу зваляної вовни.

При дослідженні амінокислотного складу нормальної та дефектної вовни нами встановлено, що сума амінокислот у зваляній вовні зменшується на 16,7 г/кг, а у зваляній і одночасно пожовтілій — на 22,3 г/кг, в порівнянні з нормальною. Зменшення кількості амінокислот у зваляній вовні відбувається за рахунок аргініну, гістидину, лейцину і лізину, а в зваляній пожовтілій вовні ще й триптофану (табл. 82).

Відносно зменшення кількості гістидину і лізину, то можливо це пов'язано з найбільшим вмістом цих амінокислот у кутикулярному шарі, який, як було сказано вище, у зваляній вовні зазнає значних змін.

**Таблиця 82. Амінокислотний склад нормальної та зваляної вовни, г/кг
($M \pm m$, $n=4$)**

Амінокислота	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Аланін	38,68±1,71	38,83±2,55	38,40±2,47
Аргінін	60,98±2,01	54,53±1,46*	54,88±1,21*
Аспарагінова кислота	77,90±2,85	77,52±1,15	78,33±2,01
Валін	50,03±1,42	49,47±1,45	49,28±1,75
Гістидин	9,18±0,46	7,35±0,52*	6,93±0,38**
Гліцин	56,88±1,94	56,85±1,92	57,15±1,37
Глутамінова кислота	100,77±7,07	101,15±7,70	101,68±4,66
Ізолейцин	37,43±2,86	37,68±2,99	37,73±3,70
Лейцин	77,33±1,52	71,93±1,32*	72,58±1,10*
Лізин	27,55±0,96	23,43±1,18*	22,48±1,22*
Метіонін	4,73±0,23	4,75±0,18	4,68±0,26
Пролін	51,28±1,84	51,10±2,62	52,55±1,40
Серин	92,20±2,96	91,50±7,48	91,97±2,85
Тирозин	36,08±1,08	36,43±1,32	34,78±1,19
Треонін	59,88±3,67	60,58±1,98	60,50±4,94
Триптофан	15,70±0,63	15,58±0,99	13,43±0,30*
Фенілаланін	25,25±1,51	26,28±1,97	25,70±2,04
Цистин	119,85±2,59	120,03±2,91	116,38±2,13
Σ амінокислот	941,70	924,99	919,43

Стосовно мінеральних елементів, то останні у волосі є віддзеркаленням забезпечення організму макро- і мікроелементами. Численні дослідження мінерального складу вовни свідчать про наявність породних, вікових, статевих і сезонних відмінностей. Щодо ролі мінеральних елементів у процесах звалювання та пожовтіння вовни, то на даний час таких даних недостатньо.

З даних таблиці 83 видно, що у зваляній вовні вірогідно зменшується вміст Кальцію та Купруму, а у зваляній пожовтілій вовні вміст цих елементів є

найменший. Стосовно Кальцію, то слід зазначити, що цей макроелемент бере участь у процесах кератинізації вовняного волокна, тобто в заключній фазі синтезу кератину.

**Таблиця 83. Мінеральний склад нормальної та зваляної вовни
($M \pm m$, $n=4$)**

Елемент	Вовна		
	нормальна	зваляна	зваляна пожовтіла
Сульфур, г/кг	37,72±36,40	37,23±0,42	37,31±0,52
Кальцій, г/кг	2,16±0,09	1,83±0,04*	1,82±0,06*
Фосфор, г/кг	0,30±0,015	0,28±0,018	0,27±0,011
Калій, г/кг	0,92±0,029	0,89±0,036	0,91±0,037
Магній, г/кг	0,40±0,035	0,39±0,021	0,38±0,030
Натрій, г/кг	0,46±0,027	0,45±0,031	0,44±0,015
Цинк, мг/кг	142,95±6,07	144,03±2,86	144,83±3,95
Ферум, мг/кг	109,83±2,63	107,63±6,92	112,15±5,58
Купрум, мг/кг	8,23±0,34	7,08±0,13*	6,30±0,26**

Отже, з отриманих даних випливає, що збільшення окремих видів мікроорганізмів у зваляній вовні супроводжується гідролізом деяких компонентів воску та підвищенням лужності поту, що в кінцевому результаті призводить до погіршення захисних властивостей воску. Унаслідок цього створюються сприятливі умови для їх впливу на структуру вовняних волокон і, передусім, на кутикулярний шар, що у кінцевому результаті призводить до його ушкодження та розвитку таких вад, як звалювання і пожовтіння.

Підсумовуючи результати досліджень даного розділу можна зробити висновок, що порушення технології утримання та догляду за вівцями, а також вплив багатьох негативних чинників навколишнього середовища, які сприяють розвитку мікрофлори руна і порушенню захисних властивостей жиропоту, призводить до значних зрушень у структурі й хімічному складі волокон та їх

фізичних властивостях, а в кінцевому результаті до виникнення таких вад вовни, як пожовтіння і звалювання.

6.3 Шляхи попередження і ліквідації пожовтіння та звалювання вовни

Існує багато причин пожовтіння та звалювання вовни, причому більшість з них можуть бути контрольованими. Це, насамперед, породні особливості тварин, кількість і якість жиропоту, вологість та температура, щільність руна, умови утримання і годівлі овець та інші.

Селекційно-племінна робота. Результати наукових досліджень і практика свідчать, що генетичні чинники складають близько 25 % від основних причин пожовтіння та звалювання вовни. А тому селекцію овець необхідно здійснювати в напрямі їх найменшої вираженості. При цьому найбільш перспективним шляхом попередження, а, отже, і ліквідації пожовтіння та звалювання вовни, є цілеспрямована селекційно-племінна робота у напрямку підвищення захисних властивостей жиропоту світлих відтінків. Це досягається шляхом оптимального співвідношення його компонентів і отримання тварин, резистентних до пожовтіння та звалювання.

З цією метою селекцію овець слід проводити на жиропіт світлих відтінків з такими параметрами: співвідношення «віск:піт» — 1,0–0,9 і нижче, рН поту — 8 та менше, вміст етерів холестерину у воску — 38 % і більше, а концентрація полярних ліпідів — 18 % й нижче.

Згідно інструкції з бонітування, звалювання вовни є однією з основних селекційних ознак. Воно визначається візуально й органолептично, із занесенням відповідних поміток до форм племінного обліку за бонітувальним ключем (спеціальні умовні позначення і шифри).

Санітарно-гігієнічні умови. Прийоми селекції необхідно поєднувати зі створенням належних умов годівлі, догляду й утримання овець. Годівля овець повинна бути повноцінною упродовж усього року. Раціони складають згідно

існуючих норм, залежно від напрямку продуктивності, маси тіла та фізіологічного стану тварин.

Особливо важливими є умови утримання і догляду овець у зимово-стійловий період. Вовновий покрив зазнає забруднення гноєм, піском, пилом, рослинними домішками тощо. Щоб запобігти забрудненості і засміченості вовни, а, отже, й її мікробіологічному обсіменінню, тварин необхідно утримувати в чистих сухих та добре вентиляваних приміщеннях.

У літній період, зокрема в час відпочинку, овець необхідно заганяти під затінені навіси і стежити, щоб вони не знаходились під прямими сонячними променями, особливо у поєднанні з високою вологістю повітря.

Після вигону овець на відгінні літні пасовища, перед постановкою на зимово-стійлове утримання, а також перед окотом, всі приміщення ретельно вичищають від гною й дезінфікують. Для цього використовують, залежно від величини ферми, каустичну соду, нафтолізол, хлорне вапно чи хлорофос.

Добрим способом попередження звалювання і пожовтіння вовни є купання овець. Купають овець через 10–15 днів після стриження. Повторно їх купають восени в теплу погоду, перед постановкою на стійлове утримання.

Стриження, заготівля і зберігання вовни. Сприятливим чинником виникнення пожовтіння і звалювання вовни є пізні строки стриження овець. Тому стриження слід проводити якомога раніше, до настання підвищення літніх температур. Завдяки цьому вдається значно зменшити потовиділення і знизити лужність поту, попередити інтенсивність розвитку мікрофлори руна. Не можна допускати пресування вовни з високим відсотком вологості. Практика свідчить про те, що вологість немітої вовни при пресуванні і її пакуванні на зберігання не повинна перевищувати 14 %.

Важливим заходом запобігання пожовтінню вовни є старанне класифікування її з виділенням із рун нижчих сортів, засміченої, забазованої і пожовтілої. Вовна стійка до зберігання за певних умов: необхідні сухі, прохолодні і в міру вентилявані приміщення з контрольованою вологістю. Щільність пресування тонкої вовни не повинна перевищувати 450–500 кг/м³,

що складає масу кіпи, запресованої гідравлічним горизонтальним пресом ПГШ-1Б, 100–110 кг. Для пакування вовни використовують матеріали, що пропускають повітря. Поліетиленові та інші матеріали для цього непридатні.

За нормальних волого-температурних умов вовна може довгий час зберігатись без небезпеки її ушкодження та пожовтіння. Підвищення температури за відсутності вологи не викликає значних змін вовни. Однак, її нагрівання при високій вологості викликає суттєве ушкодження і пожовтіння. За таких умов у вовні інтенсивно розмножуються гриби і бактерії, внаслідок чого кіпи стають вогненебезпечними у зв'язку з здатністю до самозагорання.

У складських приміщеннях кіпи складають до висоти 8 м, при цьому вони не повинні контактувати з вологим бетоном і піддаватись постійному прямому сонячному або штучному освітленню. При довготривалому зберіганні сировини необхідно використовувати накрите приміщення. Вовна нижчих сортів (обір, обніжка, клок, кізячна), а також забазована, пожовтіла й пізніх строків стиження повинна перероблятися перш за все. Довготривале її зберігання не рекомендується.

Глибоку деструкцію і пожовтіння вовни викликає її промивання в лужному середовищі за підвищених температур. Запобігає цьому використання нейтральних миючих засобів при температурі не вище 51⁰С [38–40].

6.4 Методи оцінки ступеня пожовтіння вовни і прогнозування її «схильності» до пожовтіння

6.4.1 Метод визначення ступеня пожовтіння вовни. Зразок митої, знежиреної сухої вовни, масою 250 мг, поміщають у колбочку або пробірку з притертим корком і заливають 10 мл 15 %-ного розчину сірчаної кислоти. Колбочку нагрівають у термостаті при температурі 105⁰С упродовж 15–20 хвилин, після чого щільно закривають корком і проводять гідроліз впродовж 3–5 годин до повного розчинення вовни.

Вміст колбочки ретельно перемішують, охолоджують й фільтрують крізь паперовий фільтр. Оптичну щільність гідролізату вимірюють на фотоелектроколориметрі (ФЕК-М), використовуючи синій світлофільтр (довжина хвилі 430–490 нм) та кювету товщиною 10 мм. Ступінь пожовтіння вовни визначають згідно з умовно складеною п'ятибальною системою (табл. 84) [41].

Таблиця 84. Бальна оцінка ступеня пожовтіння вовни

Ступінь пожовтіння (у балах)	Покази ФЕК-а (екстинція)	Колір вовни
1	до 0,120	білий
2	0,121–0,180	злегка жовтуватий
3	0,181–0,220	слабо жовтий
4	0,221–0,260	жовтий
5	0,261 і вище	сильно жовтий

6.4.2 Метод прогнозування «схильності» вовни до пожовтіння. Зразок вовни масою 0,5–1,0 г розділяють на три менші, приблизно однакові за масою, один з яких слугує контролем, а два інші — дослідні. Один із дослідних зразків спочатку занурюють на 1 хвилину в дистильовану воду, а відтак разом з другим витримують упродовж 60 хвилин (можна й довше) над парою ванни, утвореною при постійному кип'ятінні дистильованої води. Для цієї мети може бути використана будь яка скляна посудина (склянки об'ємом 1 л і більше), на верхній частині якої закріплюють сітку з нержавіючої сталі із дослідними зразками вовни. Для постійного контакту вовни з водяною парою ванну нещільно закривають.

По закінченні даної процедури усі зразки (контрольний та дослідні) промивають в мильно-содовому розчині і за візуальною різницею зміни кольору вовни дослідних та контрольних зразків визначають її «схильність» або «резистентність» до пожовтіння [42].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Стапай П. В., Макар І. А., Король В. І. Попередження і ліквідація пожовтіння вовни. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 5. С. 40–44.
2. Ткачук В. М. Структура білої, пожовтілої та зваляної вовни асканійських тонкорунних овець. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок*. Львів, 2012. Вип. 13, № 1–2. С. 63–66.
3. Стапай П. В. Роль жиропоту в процесах пожовтіння вовни. VI Український біохімічний з'їзд: Тези доповідей. Київ, 1992. Ч.11. С. 91.
4. Тодорова Л., Райчева Е., Недельев Д., Петрова И. Влияние на количество то и свойства на серея върху пожълтяването на вълната. *Животновъдни науки*. 1994. № 5–6. С. 40–43.
5. Ерохин А. И., Юлдашбаев Ю. А., Усманов А. К. Биохимические и физико-химические свойства жиропота тонкорунных овец. *Доклады ТСХА*. 2000. № 272. С. 251–256.
6. Стапай П. В., Макар І. А. Роль перекисного окислення ліпідів воску в процесах пожовтіння вовни. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. Львів, 1994. Вип. 16, № 2. С. 19–21.
7. Стапай П. В., Макар И. А. К вопросу о липидном составе кератина шерстного жира у овец. *Бюл. ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных*. Боровск, 1978. Вип. 5, № 52. С. 61.
8. Ахария Р. М., Кулкарни В. Г., Маногар С. Пожелтение шерсти у овец: пер. с англ. М.: Колос, 1984. 85 с.
9. Kirschenbaum L. J., Qu X., Borish E. T. Oxygen radicals from photoirradiated human hair. *Journal of Cosmetic Science*. 2000. № 51. P. 169–182.
10. Millington K. R. Comparison of the effects of gamma and ultraviolet radiation on wool keratin. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*. 2000. Vol. 116 (9). P. 266–272.

11. Treigiene R., Musnickas J. R. Influence of UV exposure on properties of wool fiber pretreated with surfactants solutions. *Materials science (Medžiagotyra)*. 2008. Vol. 14, № 1. P. 75–78.
12. Bhatti I. A., Adeel S., Abbas M. Effect of radiation on textile dyeing. In: *Textile Dyeing*, Ed. P. Hauser. 2011. P. 1–16.
13. Cameron B. A., Stobart R. H. The yellowing propensity of Rambouillet wool. *Sheep and Goat Research Journal*. 2008. Vol. 23. P. 11–14.
14. Lee W.S. Photoaggravation of hair aging. *International Journal Trichology*. 2009. Vol. 1 (2). P. 94–99.
15. Стапай П. В., Ткачук В. М. Пожовтіння вовни овець: монографія. Львів: ЗУКЦ, 2011. 96 с.
16. Бисингалиева З. Х. Исследование факторов и разработка метода предотвращения пожелтения шерсти при хранении: автореф. дис....канд.тех. наук / З.Х. Бисингалиева. Москва, 2008. 21 с.
17. Reid T. C. Variability in the susceptibility of wool to yellowing. *New Zealand Society of Animal Production*. 1993. Vol. 53. P. 315–318.
18. Стапай П. В., Макара И. А., Мищук Л. С. Влияние повышенного влажно-температурного режима на пожелтение шерсти, ее структуру, химический состав и физиологические свойства. *Научно-технический бюллетень Укр. НИИ физиологии и биохимии с.-х. животных*. Вып. 5 (2). 1983. С. 33–41.
19. Стапай П. В., Макара И. А. Влияние повышенной температуры и влаги на пожелтение шерсти. *Научно-технический бюллетень Укр. НИИ физиологии и биохимии с.-х. животных*. 1985. Вып. 7 (2). С. 44–47.
20. Игнатов Г. Л. Светлые оттенки жиропота у тонкорунных овец более желательны. *Овцеводство*. 1973. № 3. С.25.
21. Дубінін О. М., Стапай П. В. Якість жиропоту овець та його захисні властивості при різних строках стрижки. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. 1990. Вип. 12 (1). С. 58–62.

22. Стапай П. В., Макар И. А. Изменение липидного состава шерстного воска. *Научно-технический бюллетень Укр. НИИ физиологии и биохимии с.-х. животных*. Вып. 4 (2). 1982. С. 43–45.
23. Стапай П. В. Изменения липидного состава воска в процессе пожелтения шерсти. *Научно-технический бюллетень Укр. НИИ физиологии и биохимии с.-х. животных*. Вып. 5 (1). 1983. С. 32–34.
24. Гасанов Р. Ю., Чижова Л. Н. Влияние сезона года на степень пожелтения шерсти и свойства жиропота. *Повышение продуктивности овец и коз*. Ставрополь, 1990. С. 104–106.
25. Константинова О. Л. Константы и числа шерстного волокна и их взаимосвязи. *Совершенствование племенных и продуктивных качеств овец*. Дубровицы, 1987. № 85. С. 82–83.
26. Константинова О. Л., Бисингалиева З. Х. Возможности предотвращения пожелтения шерсти. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2008. № 1. С. 34–37.
27. Стапай П. В., Макар И. А. Як уникнути пожовтіння вовни. *Тваринництво України*. 1985. № 11. С. 31.
28. Стапай П. В. К вопросу о механизмах пожелтения шерсти овец. *Сельскохозяйственная биология*. 1990. № 2. С. 174–181.
29. Стапай П. В., Макар И. А., Параняк Н. М. До питання про механізми процесів вовноутворення. Тези доповідей VII Українського біохімічного з'їзду. Київ, 1997. Ч 2. С. 40.
30. Стапай П. В., Макар И. А., Король В. І. До питання механізмів пожовтіння вовни. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Проблеми АПК Карпат». В. Бакта, 1997. № 7. С. 148–153.
31. Ерохин А. И. Приусадебное хозяйство. Разведение коз и овец. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, Изд-во Лик пресс, 2001. 304 с.
32. Исаенко Н. М. Структура, химический состав и физические свойства шерсти кросбредных овец: дис. канд. биол. наук: 00.03.04 / Н. М. Исаенко. Львов, 1990. 108 с.

33. Ткачук В. М., Стапай П. В. Звалювання вовни овець: метод. рекомендації. Львів, 2012. 28 с.
34. Хазанов Г. И. К вопросу о разрушении шерсти микроорганизмами. *Текстильная промышленность*. 2002. № 5. С. 29–30.
35. Masukawa Y., Tanamachi H., Tsujimura H. Characterization of hair lipid images by argon sputter etching-scanning electron microscopy. *Lipids*. 2006. Vol. 41, № 2. P. 197–205.
36. Jones L. N., Peet D. J., Danks D. M. et al. Hairs from patients with maple syrup urine disease show a structural defect in the fibre cuticle. *Journal Investigative Dermatology*. 1996. Vol. 106. P. 461–464.
37. Thibaut S., de Becker E., Bernard B. A. et al. Chronological ageing of human hair keratin fibres. *International Journal of Cosmetic Science*. 2010. Vol. 32. P. 422–434.
38. Лико І. Я., Макар І. А., Стапай П. В., Гавриляк В. В., Параняк Н. М. Гетерогенність кератину волосся. Матеріали ІХ Українського біохімічного з'їзду (24–27 жовтня 2006 р., Харків). Харків, 2006. Том. 1. С. 51.
39. Макар И. А., Гуменюк В. В., Данилюк В. И., Гончар М. Е. Биохимическая сущность желтезы шерсти. *Научно-технический бюллетень Укр. НИИФиБ с.-х. животных*. 1979. № 3. С. 41–42.
40. Седіло Г. М., Макар І. А., Стапай П. В. Про можливі помилки інтерпретації результатів дослідження морфоструктури пожовтілої вовни. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2004. Вип. 46, Ч. 2. С. 114–118.
41. Макар И. А., Стапай П. В. Простой метод оценки степени пожелтения шерсти. *Научно-технический бюллетень Укр. НИИ физиологии и биохимии с.-х. животных*. Львов, 1986. Вып. 8 (2). С. 6–7.
42. Стапай П. В., Макар І. А. Прогнозування процесів пожовтіння вовни. *Науково-технічний бюлетень інституту фізіології і біохімії тварин*. Львів, 1997. Вип. 19 (1). С. 86–90.

7. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРОПОТУ ТА ЛІПІДІВ ВОВНИ ОВЕЦЬ

7.1 Дослідження ліпідів воску з жиropоту

7.1.1 Відбір нативного воску. З метою отримання нативного воску безпосередньо з поверхні шкіри вівці й встановлення його кількості, у ділянці за лопаткою вистригають вовну (розміром приблизно 10 x 10 см). За допомогою ватного тампону цю ділянку шкіри знежирюють хлороформ-метаноловою сумішшю 2:1. Потім накладають знежирений, складений у 8 шарів, фільтрувальний папір розміром 36 см². Папір до шкіри фіксують за допомогою клейкої стрічки [1].

Через 24 години за допомогою пінцета знімають папір, верхні шари без воску викидають, а нижні шари, які просякнуті воском, переносять у пробірки та заливають 15 мл хлороформ-метанолової сумішші 2:1 для подальшої екстракції воску. Через добу екстракт відфільтровують у чисту склянку.

7.1.2 Визначення загальної кількості нативного воску. Для видалення домішків протеїнів, солей тощо до екстракту ліпідів додають дистильовану воду (1/3 частину загального об'єму) і залишають на 24 години для остаточного розшарування рідин. Верхній (водно-метаноловий) шар з домішками відсмоктують водоструменевою помпою і видаляють. Для дослідження використовують нижній (хлороформовий) шар, у якому розчинені ліпіди. Його фільтрують крізь знежирений паперовий фільтр у попередньо зважені на аналітичній вазі бюкси.

Отриманий, таким чином, екстракт ліпідів випаровують під витяжною шафою до повного видалення екстрагуючої суміші. Потім екстракт досушують в сушильній шафі при температурі 40⁰С і періодично зважують бюкси, до досягнення постійної сухої маси. Загальну кількість жиру визначають за різницею маси між бюксом з жиром і порожнім бюксом, фіксуючи результат з точністю до 0,01 мг.

7.1.3 Екстрагування воску з жиропоту руна. З метою отримання вовнового жиру (воску) з вовни для біохімічних досліджень можна скористатись методом холодного екстрагування, використовуючи чотирхлористий Карбон. Для цього зразок вовни масою ~2 г поміщають у шприц об'ємом 20 мл і втягують у нього чотирхлористий Карбон. Екстракційну суміш зливають у чисту склянку, а в шприц знову набирають чотирхлористий Карбон і повторюють цю процедуру не менше трьох разів. Кожну порцію екстракту фільтрують крізь знежирений паперовий фільтр у чисту склянку.

7.1.4 Визначення загальної кількості воску. Після екстракції жиру вовну миють у розчині нейтрального миючого засобу (5 г засобу на 1 л води) у підігрійтій воді до 40–45⁰С, промивають під струменем проточної води, а потім тричі — у дистильованій воді. Після висушування зразки вовни розпушують, вибирають сторонні домішки, доводять до постійної сухої маси (в сушильній шафі) і зважують. Результати зважування фіксують з точністю до 0,01 мг.

Видалення не ліпідних домішок з екстракту воску та визначення його маси проводять згідно пункту 7.1.2.

Масову частку воску ($\omega_{ж}$) у відсотках в перерахунку на чисте і сухе волокно визначають за формулою:

$$\omega_{ж} = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

де:

m_1 — маса жиру (воску), г;

m_2 — маса наважки досліджуваного зразка вовни після екстрагування, г;

100 — коефіцієнт перерахунку у відсотки.

7.1.5 Визначення ліпідного складу воску методом тонкошарової хроматографії (ТШХ). Отриманий ліпідний екстракт після визначення загальних ліпідів розчиняють в хлороформ-метаноловій суміші 2:1 і

досліджують його склад за допомогою ТШХ з використанням пластинок «Sorbfil».

Досліджувану пробу наносять на стартову лінію пластинок (1 см від нижнього краю) за допомогою мікрошприца з розрахунку 2 мг ліпідів у 0,05 мл розчинника.

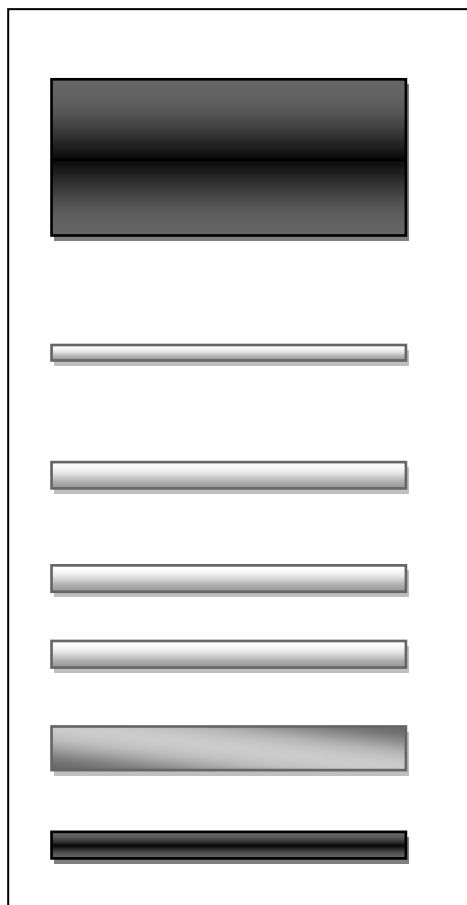
Пластинку з нанесеною пробою поміщають у хроматографічну камеру (скляна ємність з добре притертим корком), куди попередньо на дно вносять розчинник (рухома фаза). Для кращого насичення камери парами розчинника її бокові стінки, а також дно, покривають фільтрувальним папером. У якості рухомої фази при розділенні ліпідів воску використовують суміш з петролейного і діетилового етерів у співвідношенні 4:1. Діетиловий етер краще брати з більш низькою температурою кипіння.

Як тільки рухома фаза досягне фінішної мітки (1 см до верхнього краю), хроматограми виймають з камери і поміщають у витяжну шафу для видалення розчинника. Для проявлення окремих класів ліпідів хроматограму обприскують з пульверизатора 50 %-ним розчином сірчаної кислоти і поміщають на декілька хвилин у сушильну шафу при температурі 110⁰С. На білому фоні силікагелю з'являються стійкі плями коричневого і червоного кольору з голубим відтінком. Класи ліпідів можна проявити також у парах Йоду. У цьому випадку хроматограми поміщають у скляну камеру з притертим корком, на дно якої поміщають кусочки кристалічного Йоду. Час проявлення триває близько 5 хвилин.

Ідентифікацію окремих класів ліпідів проводять шляхом порівняння хроматограми досліджуваних зразків з хроматограмою, на яку були нанесені свідки.

У системі петролейний етер–діетиловий етер (4:1) класи ліпідів розміщуються у наступній послідовності: ліпіди найвищої полярності (залишаються на старті), неетерифікований холестерол, ланостерол, неетерифіковані жирні кислоти, дегідрохолестерол, сквален, етери холестеролу (рис. 33). Оскільки фракція етерифікованого холестеролу має важливе значення

при оцінці захисних властивостей воску, тому є потреба розділити його на окремі компоненти.



7

Рис. 33. Хроматограма ліпідів воску:

6

1. Ліпіди найвищої полярності (старт);

5

2. Неестерифікований холестерол;

4

3. Ланостерол;

3

4. Неестерифіковані жирні кислоти;

2

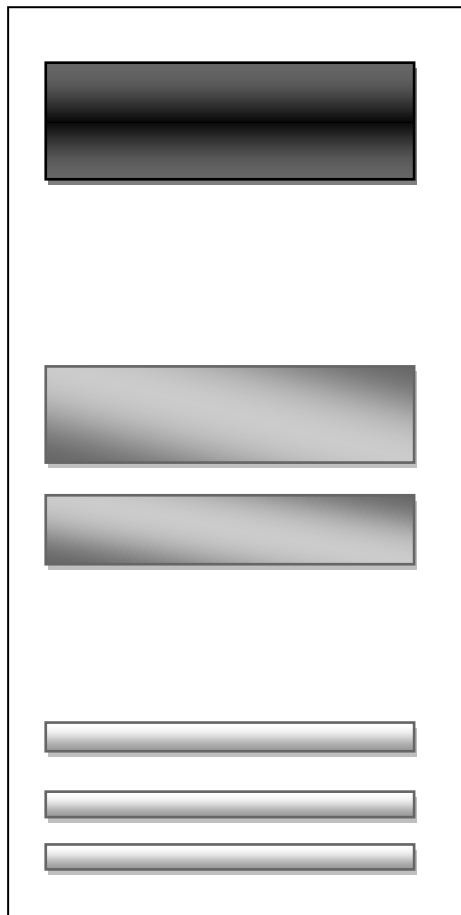
5. Дегідрохолестерол;

1

6. Сквален;

7. Етери холестеролу

7.1.6 Визначення етерів холестеролу. Для цього, після розділення ліпідів у системі петролейний етер–діетиловий етер (4:1) з пластинки у пробірки зішкрябують фракцію етерів холестеролу. До пробірок вносять по 5 мл хлороформ-метанолової сумішші 2:1 і залишають для екстракції на 24 години. Після цього екстракційну суміш фільтрують у чисті бюкси. Отримані етери холестеролу наносять на силікагелеві пластинки і проводять розділення у системі *n*-гептан–толуол (8:2) без попереднього насичення камери парами розчину. Розділення у цій системі розчинників проводять тричі. Після кожного розділення хроматограми висушують при кімнатній температурі. Проявлення хроматограм проводять так, як описано у розділі 7.1.5. Етери холестеролу воску жиропоту розділяються на шість фракцій (рис. 34).



6

Рис. 34. Хроматограма етерів холестеролу воску:

5

1. Інші полієнові етери (старт);

2. Тетраєнові етери;

3. Триєнові етери;

4

4. Дієнові етери;

5. Етери мононенасичених кислот;

6. Етери насичених кислот

3

2

1

7.1.7 Кількісне визначення окремих класів ліпідів. Плями ліпідів з хроматограми зішкрябують в центрифужні пробірки і доливають по 5 мл концентрованої сірчаної кислоти. Вміст пробірок ретельно перемішують скляною паличкою, після чого їх поміщають на 20 хвилин в киплячу водяну баню. Після охолодження проводять центрифугування при 3000 обертах/хвилину упродовж 20 хвилин. Інтенсивність зафарбування (бурий колір) вимірюють на фотоелектроколориметрі або спектрофотометрі при синьому світлофільтрі (довжина хвилі 400 нм) у кюветі товщиною 10 мм.

Розрахунки проводять у відсотковому або абсолютному вираженні. В останньому випадку достатньо знати точну кількість нанесених на хроматограму ліпідів.

7.2 Дослідження внутрішніх ліпідів вовни

7.2.1 Отримання вільних внутрішніх ліпідів. Після миття зразків вовни

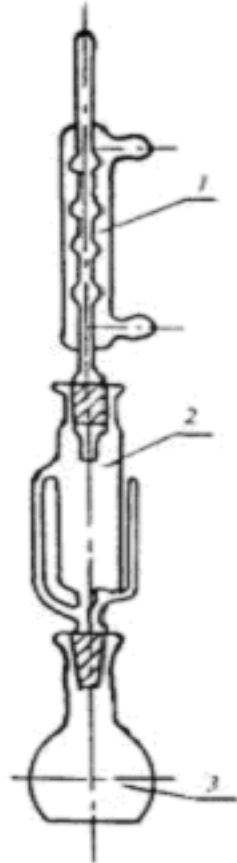


Рис. 35. Апарат Сокслетта:

- 1 – холодильник;
- 2 – екстракційна камера;
- 3 – колба для збору ліпідів

(згідно розділу 7.1.4), для видалення залишкового жиру її екстрагують упродовж 5 годин в апараті Сокслетта (рис. 35), за допомогою чотирихлористого Карбону.

З метою отримання вільних внутрішніх ліпідів з волокон зразки вовни масою 2 г знову екстрагують в апараті Сокслетта упродовж 4–5 годин з використанням суміші хлороформ-метанолу (2:1). Після цього з екстракту видаляють неліпідні компоненти і визначають загальну кількість отриманих ліпідів ваговим методом (згідно розділу 7.1.2).

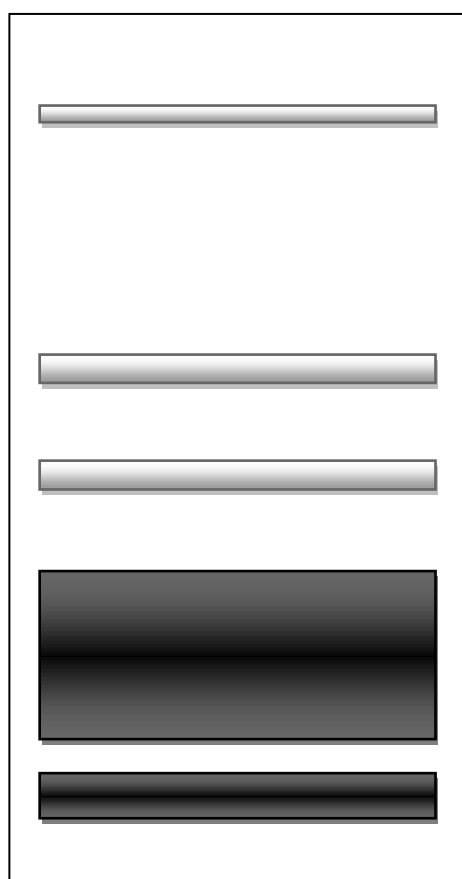
7.2.2 Отримання зв'язаних внутрішніх ліпідів. Для отримання зв'язаних структурних ліпідів використовують методику лужного омилення за P. W. Wertz, T. D. Downing [2], але об'єм екстракційної суміші у нашій модифікації зменшується утричі. Для цього, зразки вовни, які залишились після видалення вільних внутрішніх ліпідів, піддають лужному гідролізу (омиленню), шляхом їх двохгодинного оброблення при 60⁰С в 100 мл 1 М розчину гідроксиду натрію в 90 % метанолі. Після цього проби охолоджують до кімнатної температури і переносять у ділильні воронки. До кожної проби додають 100 мл хлороформу і 25 мл дистильованої води. Через 12 годин нижній

шар хлороформу відбирають, а верхню фазу і волосяний осад окиснюють додаванням 50 мл 6 н розчину соляної кислоти. Після цього проводять повторне екстрагування, шляхом змішування зі 100 мл хлороформу. Після відстоювання відбирають нижній шар хлороформу і додають його до попередньо отриманого екстракту. Далі ці екстракти хлороформу об'єднують і висушують шляхом випаровування. Отриманий осад розчиняють в 10 мл суміші хлороформ-метанолу (2:1) і до кожної проби додають 3 мл 7,5 %-ного хлориду калію. Далі поступають як описано у розділі 7.1.2.

7.2.3 Хроматографічне розділення внутрішніх ліпідів.

Хроматографічне розділення внутрішніх ліпідів вовни проводять у двох системах: петролейний етер–діетиловий етер (4:1) і хлороформ–метанол–вода (65:25:4).

У першій системі ліпіди розділяються на 5 фракцій (рис. 36), а у другій: вільні ліпіди — на 6 (рис. 37), а зв'язані — на 8–9 фракцій (рис. 38).



5

4

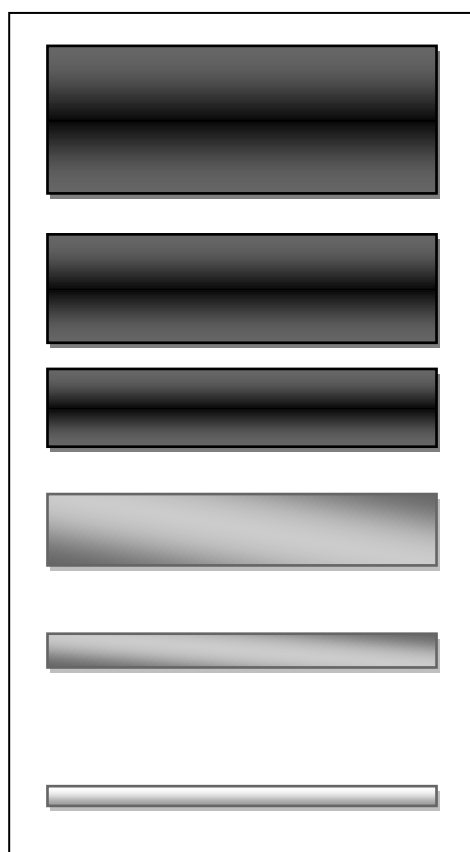
3

2

1

Рис. 36. Хроматограма внутрішніх ліпідів вовни (система петролейний етер–діетиловий етер (4:1):

1. Ліпіди найвищої полярності (старт);
2. Неестерифікований холестерол;
3. Неестерифіковані жирні кислоти;
4. Стеринова фракція;
5. Естерифікований холестерол



6

Рис. 37. Хроматограма вільних внутрішніх ліпідів вовни (система хлороформ–метанол–вода (65:25:4):

5

1. Гліколіпіди найвищої полярності (старт);

4

2. Холестерол сульфат;

3

3. Глюкозил цераміди;

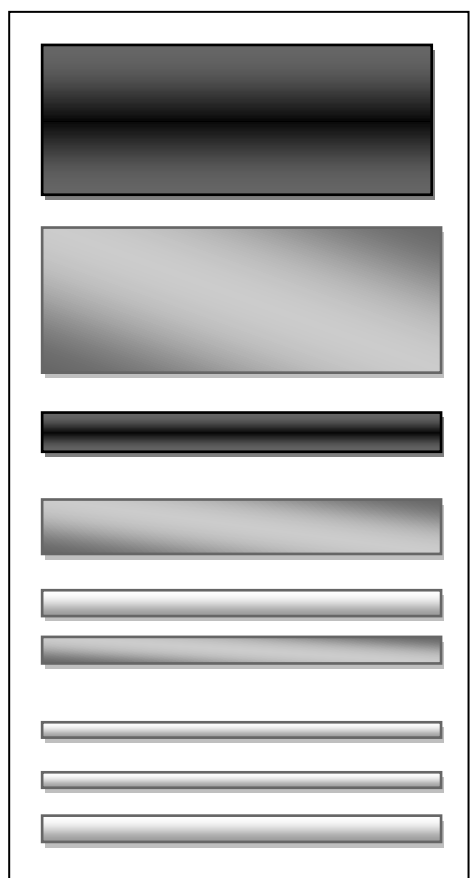
2

4. Сульфоліпіди;

1

5. Цераміди;

6. Нейтральні ліпіди



9

Рис. 38. Хроматограма зв'язаних внутрішніх ліпідів вовни (система хлороформ–метанол–вода (65:25:4):

8

1. Гліколіпіди найвищої полярності (старт);

7

2. Неідентифіковано;

6

3. Неідентифіковано;

5

4. Холестерол сульфат;

4

5. Неідентифіковано;

3

6. Глюкозил цераміди;

2

7. Сульфоліпіди;

1

8. Цераміди;

9. Нейтральні ліпіди

Розділення етерифікованого холестеролу, вільних та зв'язаних внутрішніх ліпідів вовни, на класи проводять згідно методики, описаної у пункті 7.1.6.

У системі *n*-гептан–толуол (8:2) етери холестеролу внутрішніх ліпідів розділяються на чотири фракції (рис. 39).

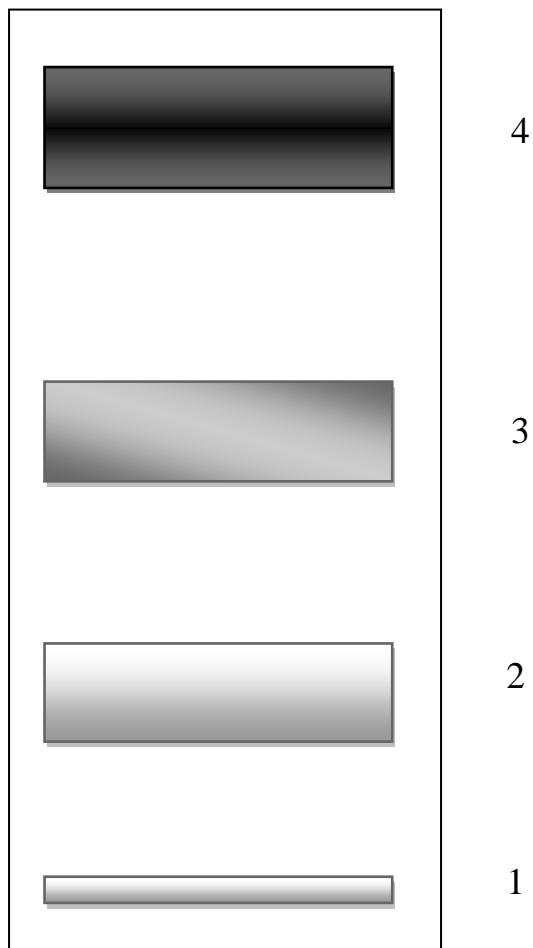


Рис. 39. Хроматограма етерів холестеролу вільних і зв'язаних внутрішніх ліпідів вовни:

1. Інші полієнові етери (старт);
2. Ді-, три і тетраєнові етери;
3. Етери мононенасичених кислот;
4. Етери насичених кислот

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ткачук В. М., П. В. Стапай Дослідження воску жиропоту і ліпідів вовни овець: методичні рекомендації. Львів, 2011. 24 с.
2. Wertz P. W., Downing T. D. Integral lipids of human hair. *Lipids*. 1988. Vol. 23, № 9. P. 878–881.

8. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ

Вівчарство — єдина галузь тваринництва, яка забезпечує населення та промисловість різноманітною продукцією з цілющими властивостями: високопоживними і дієтичними продуктами харчування: м'ясом, молоком, делікатесними сирами. Але власне специфічним продуктом вівчарства прийнято вважати вовну, адже вона є основною сировиною для отримання волокон тваринного походження. Вовна, маючи велике народногосподарське значення, і надалі залишається незамінною сировиною для текстильної промисловості. Натуральна вовна є сировиною для виготовлення різних видів тканин, трикотажу, килимів, ліжників, валяного взуття, фетрових виробів тощо. Вироби з овечої вовни володіють цілим комплексом цінних властивостей: прекрасна тепло- і звукоізоляція, легкість, м'якість, еластичність, висока гігроскопічність та санітарно-гігієнічні якості, здатність пропускати ультрафіолетові промені, прядильність і звалювання й низка інших властивостей.

Саме тому таким важливим для покращення якості цієї сировини і підвищення вовнової продуктивності овець є вивчення біохімічних процесів вовноутворення та пізнання механізмів їх регуляції. Особлива увага при цьому надається дослідженню обмінних процесів у шкірі, оскільки шкіра є органом, у якому формується і росте вовна. Незважаючи на підвищений інтерес до цієї надзвичайно важливої проблеми, багато аспектів у цій ділянці біохімії залишається ще мало вивченим. Зокрема, дуже мало відомо про роль ліпідів у процесах вовноутворення загалом, і зокрема, у зв'язку з впливом різноманітних чинників: породних, вікових та індивідуальних особливостей тварин, їх фізіологічного стану, рівня і характеру живлення тощо.

Дослідження, виконані нами на вівцях показали, що шкірний покрив цього виду тварин характеризується високим рівнем ліпідного обміну, спрямованість якого залежить від багатьох чинників. Встановлено, що вміст загальних ліпідів аналогічно як й їх окремих класів зазнають досить суттєвих

кількісних змін і, що найважливіше — мають чіткий зв'язок з процесами вовноутворення. Насамперед, це стосується фосфоліпідів, які в загальному балансі ліпідів шкіри становлять значний відсоток (15–32 %), а у шкірі плода на ранніх етапах ембріогенезу вміст їх сягає понад 80 %. Доречно нагадати, що наявність великої кількості фосфоліпідів у будь-якому органі свідчить про рівень інтенсивності синтетичних процесів. Адже ж відомо, що фосфоліпіди, як високоактивні біологічні сполуки мають пряме відношення до синтезу протеїнів [1–5]. Збільшення синтезу протеїнів, як правило, супроводжується зростанням концентрації фосфоліпідів. Що ж до нашого випадку, без сумніву, можна стверджувати про безпосередню їх участь у процесах проліферації, синтезу та кератинізації, власне тих процесів, які становлять зміст вовноутворення.

Підтвердженням цього можуть бути результати досліджень мітотичної активності клітин волосяних фолікулів. З віком плода мітотична активність поступово «згасає», а паралельно з цим зменшується і концентрація фосфоліпідів. У зв'язку з цим, робиться висновок, що ліпіди і, найперше фосфоліпіди шкіри, слугують основним джерелом енергії для процесів вовноутворення.

Правдоподібність нашого припущення підтверджується хоча б тим, що концентрація нейтральних ліпідів, особливо триацилгліцеролів та неетерифікованих жирних кислот у шкірі в цей період розвитку плода є досить низькою, яка власне є характерною особливістю ліпідного складу шкіри ембріонів. До речі, згадана особливість простежується і з боку холестеролу, передусім, його окремих фракцій. Річ у тому, що в шкірі дорослих тварин чисельно переважає фракція етерифікованого холестеролу, тоді як у ембріонів близько 70 % холестеролу перебуває у вільному стані. З віком плода ці особливості поступово нівелюються і на 140-ву добу більшість холестеролу уже представлено в етерній фракції.

Такі колосальні зміни в ліпідному статусі шкіри, на нашу думку, пов'язані з двома причинами: з структурною організацією самої шкіри, як

органу, і процесами, спряженими з формуванням волосяного покриву, тобто морфогенезом волоса. Як відомо, ці процеси вимагають посилених енергозатрат [6, 7], які можуть забезпечуватись за рахунок фосфоліпідів. Можливо, що окиснення їх у шкірі є відпрацьованим у філогенезі процесом, так як кератиноподібні структури практично позбавлені фосфоліпідів [8, 9].

Взаємозв'язок фосфоліпідів інтактної шкіри та волосяних фолікулів з інтенсивністю росту вовни чітко простежуються в спеціально проведених нами дослідженнях. Нагадаємо, що при найвищих темпах росту вовни в літній період, концентрація фосфоліпідів у волосяних фолікулах була також найвищою і, навпаки, сповільнення інтенсивності росту вовни супроводжувалось поступовим зменшенням кількості тотальних ліпідів й особливо фосфоліпідів.

Як вказувалось, основним шляхом енергозабезпечення шкіри є гліколіз і дихання. Причому процеси дихання забезпечують від 80 до 90 % усієї кількості АТФ, продукованої в шкірі [10, 11]. Нашими дослідженнями показано, що в процесі дихання шкіри *in vitro* найшвидше використовуються фосфоліпіди.

Дещо інший характер взаємозв'язку фосфоліпідів з темпами росту вовни встановлений у цільній шкірі. Якщо найвища інтенсивність росту вовни простежується у літньо-осінній період, то адекватно тому концентрація фосфоліпідів спостерігається в наступний період. Такі дані дають нам змогу повному оцінити взаємозв'язок ліпідів шкіри з процесами росту вовни. Річ у тому, що в окремих наших дослідженнях, до речі, як і у подібних інших дослідників [12], констатовано від'ємну кореляцію між концентрацією ліпідів (особливо фосфоліпідів) та інтенсивністю росту вовни. Така кореляція більше властива для крові [12, 13]. Очевидно, що в період інтенсивного росту вовни ретенція ліпідів є інтенсивнішою. При зниження росту вовни підвищений синтез ліпідів ще триває, а їх використання значно сповільнюється.

Яскравим доказом ролі ліпідів шкіри, як джерела енергії в цьому органі, є дані, отримані в дослідах *in vitro*. Показано, що в процесі інкубації шкіри в апараті Варбурга зникає значна кількість тотальних ліпідів. Найбільш

лабільними виявились фосфоліпіди. Зменшення їх відбувалось за рахунок усіх фракцій, хоча найменших кількісних змін зазнавав фосфатидилсерин і одна з неідентифікованих фракцій. Очевидно, що в процесі дихання шкіри вівці в значній кількості окиснюються трикарбонові кислоти фосфоліпідів у циклі трикарбонових кислот [14, 15]. До речі, в різних біологічних тканинах встановлений тісний зв'язок метаболізму поліфосфоінозитидів з енергетичним обміном [16].

Якщо стосовно загальних фосфоліпідів ми завжди спостерігали чітко виражені закономірності, то для окремих фракцій таких не виявилось. Щоправда, це й не дивно, тим паче якщо врахувати, що про зміни фосфоліпідів ми судимо на підставі концентрації ліпідного Фосфору. У той же час відомо, що окремі фракції фосфоліпідів відрізняються між собою за кількістю в їх молекулі Фосфору. Таким чином, ті чи інші кількісні зміни у фосфоліпідних фракціях не завжди адекватні з концентрацією Фосфору. Нарешті потрібно пам'ятати, що фракції фосфоліпідів характеризуються високим рівнем метаболізму, отже, постійно проходить їх синтез і катаболізм [17].

Досліджуючи процеси ліпогенезу в шкірі овець у взаємозв'язку з процесами росту вовни, ми завжди спостерігали сезонну ритміку останньої, що перебуває у відповідності з рівнем і напрямком ліпідного обміну у даному органі. Встановлена сезонна динаміка відростання вовни тісно пов'язана з напрямком ліпідного обміну, тобто процесами енергозабезпечення, що до речі, знаходить підтвердження у інших роботах [18].

Дотепер йшлося про інтерпретацію даних, одержаних на баранчиках, що значною мірою спростовувало окремі положення з огляду на відсутність у них дії фізіологічного чинника, пов'язаного з процесами суягності та лактації. Отже, з цієї точки зору цікаво буде розглянути аналогічні процеси, досліджувані на організмі вівцематок.

Аналіз даних двох серій досліджень на суягних вівцематках показав, що якщо найвища інтенсивність росту вовни спостерігалась відразу після стриження, то найвища концентрація загальних ліпідів у шкірі фіксувалась аж

при постановці тварин на стійлове утримання. Упродовж досліджень кількість тотальних ліпідів поступово зменшувалась, досягаючи найвищого рівня весною, коли темпи росту вовни були найнижчими. У цей час зменшення загальних ліпідів проходило не лише за рахунок фосфоліпідів, але й нейтральних ліпідів, зокрема ацилгліцеролів та неетерифікованих жирних кислот. Зауважимо, що найвища концентрація ацилгліцеролів спостерігалась в останній період суягності.

На підставі проведених досліджень робимо досить важливий висновок. По-перше, ацилгліцероли, як найбільш вагоме джерело енергії в будь яких реакціях організму, у шкірі використовуються в найбільш критичні моменти. В останній період суягності відбувається накопичення цих резервних ліпідів, а на піку лактації — їх інтенсивне використання. Очевидно, що в цьому випадку відбувається інтенсивне використання ліпідів підшкірної тканини, адже ж у власне шкірі запаси ацилгліцеролів не такі вже й великі. У дослідях на лабораторних тваринах, у яких ріст вовни відбувається циклічно, показано, що у період активного росту (анаген) волосяні фолікули ніби опускаються нижче до підшкірної жирової тканини і тим самим використовують ліпіди в якості субстрату окиснення [19]. Інші дані вказують на те, що в цей період спостерігається накопичення жирових клітин у дермі, поблизу кореня волоса, подібно глікогену [20]. По-друге, в заключний період суягності (приблизно після 130-тої доби), судячи з усього в організмі, і, передусім, у шкірі має місце перерозподіл використання енергетичного потенціалу, що пов'язано з забезпеченням нормального росту та розвитку плода [21, 22].

Відомо, що збільшення депонування триацилгліцеролів у жировій тканині овець спостерігається на ранній стадії суягності, що зумовлено підвищенням інтенсивності синтезу жирних кислот з різних попередників (ацетат, В-оксибутират, амінокислот, глюкози), які поглинаються з крові [23, 24]. У заключний період вагітності маса жирової тканини зменшується внаслідок посилення ліполізу в адипоцитах, що призводить до підвищення концентрації неетерифікованих жирних кислот у плазмі крові. За рахунок цього

забезпечується потреба вівцематок в енергії, а плода в жирних кислотах. Важливий чинник у цьому процесі — зменшення рівня глюкози в крові вівцематок у цей період і зменшення її внеску в тканинну енергетику, а внесок жирних кислот при цьому зростає. Ці процеси регулюються в основному інсуліном і гормоном росту [23, 25].

Отже, саме з цього періоду фізіологічного стану тварин в їх раціонах повинна бути достатня кількість енергії та й взагалі, годівля має бути збалансована за усіма поживними речовинами, оскільки з наближенням родів, а відтак і з початком лактації, в організмі вівцематок спостерігаються також суттєві зміни в протеїновому обміні [26, 27].

Повертаючись ще раз до даних, одержаних на ембріонах різного віку (табл. 8), нагадаємо, що після 130-тої доби їхнього внутрішньоутробного розвитку у шкірі відбувається різке зменшення кількості загальних ліпідів за рахунок, передусім, фосфоліпідів. Кількість ацилгліцеролів та неетерифікованих жирних кислот після цього починає зростати.

Таким чином, між шкірою плода і матері спостерігається певний паралелізм у метаболізмі ліпідів. Власне кажучи, вже з цього періоду шкіра ембріонів більшою мірою нагадує шкіру новонародженого, тобто вона функціонує як цілком сформований орган.

Більше 50 % від загальних ліпідів шкіри припадає на стероли, зокрема холестерол, переважна більшість якого перебуває у етерифікованій формі. Досліджуючи ліпогенез у шкірі, ми не встановили прямого зв'язку цього показника з процесами формування і росту вовни. Судячи з того, що у багатьох дослідженнях все ж зафіксовано значні кількісні зміни холестеролових фракцій, можна припустити, що вони більшою мірою пов'язані з іншими процесами, які мають місце у шкірі. Не виключено, що це можуть бути процеси кератинізації епідермісу. Адже відомо, що в період кератинізації внутрішні оболонки клітин шкіри зазнають прогресивного розпаду, внаслідок чого зникає майже половина холестеролу і повністю фосфоліпідів. У результаті їх розпаду звільняються жирні кислоти, частина яких використовується на етерифікацію холестеролу і

восків у роговому шарі, а інша — як енергетичний матеріал [28]. У багатьох дослідженнях ми фіксували певний паралелізм між холестеролом і фосфоліпідами, що може свідчити про тісну функціональну залежність цих структурних компонентів клітинних мембран.

Що стосується сезонних коливань загального холестеролу і його окремих фракцій, особливо у весняний період, то це, ймовірно, пов'язано з підвищенням активності стероїдних гормонів, особливо андрогенів, які стимулюють диференціацію клітин волосяних фолікулів і секреторну діяльність сальних залоз [29].

У цьому зв'язку, особливо, слід підкреслити важливу роль інсуліну в регуляції ліпідного обміну [30]. Не дивлячись на багатогранність його дії, основним все ж слід вважати активацію інсуліном процесів, які призводять до утилізації вуглеводів та продуктів їх обміну на синтез ліпідів, шляхом активації піруватдегідрогенази і посилення транспорту цитрату із мітохондрій в цитоплазму [31]. В наших дослідженнях інсулін стійко підвищував синтез структурних ліпідів, тобто фосфоліпідів та холестеролу, і відповідно зменшував кількість триацилгліцеролів на фоні різкого зменшення фонду неетерифікованих жирних кислот. Одночасно з цим він активував мітотичну активність клітин волосяних цибулин у весняно-літній період. У зимово-стійловий період навіть дещо пригнічував її.

Отже, в даному випадку зафіксовано сезонний характер дії цього гормону, хоча загалом його вплив спрямований на інтенсифікацію процесів синтезу та їх забезпечення необхідною енергією. Можливо, що саме цим і слід пояснювати парадоксальний, на перший погляд, факт, що введення інсуліну за умов наших досліджень хоча і знижувало мітотичну активність клітин волосяних фолікулів у зимово-стійловий період, але все ж проявляло стимулювальний вплив на ріст вовни, модифікацію її структури (співвідношення кератоз) та зміну хімічного складу.

Що стосується тиреоїдину — іншого гормону, то з'ясувалось, що його вплив був безпосередньо спрямований на ріст та диференціацію клітин

волосянийх цибулин [32]. І як наслідок цього середньодобові прирости вовни підвищувались в середньому на 18 %. Одночасно тиреоїдин сприяв накопиченню в шкірі неестерифікованих жирних кислот, фракції неестерифікованого холестеролу за одночасного зменшення триацилгліцеролів.

Таким чином, у даному випадку можна констатувати, що гормони щитоподібної залози меншою мірою проявляють свій вплив на мобілізацію і використання енергетичного запасу за рахунок енергії ліпідів шкіри. Зрештою, відомо, що механізм їх дії фактично зводиться до посилення в організмі основного обміну [33, 34]. Тим не менше, на відміну від інших гормонів, гормони щитоподібної залози проявляють специфічний вплив на ріст вовни, стимулюючи її ріст навіть на фоні зниження маси тіла [35, 36].

Значний вплив на процеси ліпогенезу в шкірі у взаємозв'язку з вовноутворенням чинить амінокислота тирозин. Згодовування її вівцям на фоні основного раціону забезпечувало підвищення приростів вовнової продуктивності понад 16 %, за одночасного зниження приростів маси тіла. Характерним є вплив тирозину на процеси ліпогенезу у шкірі. Показано, що під впливом цієї амінокислоти у шкірі суттєво зменшується кількість загальних ліпідів за одночасного збільшення фосфоліпідів. Ми допускаємо, що дія тирозину спрямована на мобілізацію енергії ліпідів для процесів вовноутворення. Правдоподібність такого припущення підтверджується тим, що ця амінокислота є важливим попередником для біосинтезу багатьох біологічно активних речовин, зокрема гормонів.

Вовна овець характеризується складною структурною організацією. Основна частина волокна припадає на кортекс, який і має найбільше значення у формуванні фізико-механічних властивостей волоса. Кортикальні клітини складають кілька ярусів, щільно притиснутих одна до одної веретеноподібних клітин, які орієнтовані вздовж осі волоса [37–40]. Корковий шар тонкої вовни характеризується білатеральною будовою, тобто складається із орто- та паракортикальних клітин. Паракортикальні клітини, в порівнянні з ортокортикальними, значно більші і містять залишки ядер. Асиметрія кортексу

асоціюється зі звивистістю волокна, яка характерна для вовни тонкорунних овець: ортокортикальні клітини, які характеризуються меншим вмістом Сульфуру, розміщуються ближче до серцевини волокна, а паракортикальні, які містять більшу кількість Сульфуру, навпаки — ззовні [41].

Літературні дані вказують на наявність у вовні тонкорунних овець ще одного типу кортикальних клітин — мезокортексу. Основна його відмінність полягає у гексагональному розміщенні інтермедіальних філаментів, що є характерним для вовни із більшим діаметром і меншою звивистістю [42]. Проте, у своїх дослідженнях мезокортикальних клітин ми не виявили. Натомість, наші дослідження показали, що корковий шар неоднорідної вовни овець УГКП характеризується радіальною будовою, тобто зафарбовується гомогенно, а не диференціюється на окремі сегменти.

Характерною особливістю остьових волокон є наявність серцевинного, або мозкового шару. Він розташований в центральній частині вовняного волокна у вигляді суцільної або ж переривчастої смуги і представлений пухкою пористою тканиною [43]. Основною складовою серцевини є стероли. Волокна з наявною серцевиною містять незначну кількість Сульфуру, що негативно позначається на технологічних властивостях вовни [44]. Ці дані підтверджуються і нашими дослідженнями. Зокрема, за нашими даними, остьові волокна містять найменшу кількість цистину та Сульфуру (9 та 2,8 % відповідно).

Ззовні вовняний волос покритий лускатим або кутикулярним шаром, який побудований із зроговілих лусочок, які щільно черепицеподібно розташовані у напрямку від кореня до кінчика волоса. Уздовж лусок від основи до вершини є боріздки, які вказують на напрям розміщення структурних елементів лусок уздовж осі волокна. Така будова поверхні волокна, яка утворена за допомогою виступаючих країв клітин, забезпечує найкраще їх зчеплення між собою і, таким чином, захищає основну частину волоса, тобто його кортекс, від негативних впливів чинників навколишнього середовища.

Літературні дані вказують на те, що структурні компоненти волокна з'єднані між собою КМК [45], на жаль, роздільна здатність електронного мікроскопа, на якому ми проводили дослідження, не дозволила цього встановити.

Після розриву дисульфідних зв'язків, за допомогою хімічних чинників кератин вовни розчиняється у слаболужних розчинах. З лужного розчину виділяють протеїнові фракції, які умовно названо кератозами — альфа, бета, гамма (α -, β -, γ -кератози) [46]. Цілком закономірно, що різні категорії волокон відрізняються за своєю макроструктурою. Зокрема, найбільша кількість бета-кератози, тобто кутикули, міститься в остьових волокнах, а найменше цієї фракції є в пухових волокнах. Макроструктура вовни залежить і від сезонних чинників. Так, найбільша кількість протеїну макро- і мікрофібрил у вовні міститься у зимово-стійловий період, а у пасовищний — кількість цієї фракції зменшується на 2 %. І все ж таки, найсуттєвіше на вміст кератоз впливає вік тварин. Встановлено, що вміст альфа-кератози у вовні 2-х місячних ягнят становить 67 %. Натомість, кількість гамма-кератози у цей віковий період не перевищує 22 %, тоді як у вовні повновікових вівцематок її кількість становить майже 29 %. Цікаво, що вміст бета-кератози при цьому не залежить ні від сезону, ні від віку тварин.

У структурі волоса міститься незначна кількість (до 3 %) ліпідів. Частина їх перебуває у вільному, а частина у зв'язаному з протеїнами стані. Існує думка, що саме зв'язані із протеїнами ліпіди є основними компонентами плазматичних мембран клітин волоса. Вони визначають його поверхневі властивості. Оскільки ці ліпіди є інтегральною частиною волокна і більша їх частина не може бути виділена органічними розчинниками без попереднього лужного гідролізу, їх називають структурними, внутрішніми або інтегральними ліпідами [47, 48]. Кількість ліпідів, які перебувають у вільному стані є практично у два рази меншою, в порівнянні з ковалентно зв'язаними.

Літературні дані свідчать, що різні структурні компоненти вовняного волокна мають неоднакову кількість ліпідів. Найбільше їх міститься у кутикулі

вовнового волокна. Матрикс або ж міжклітинний цемент та фракція макро- і мікрофібрил характеризуються порівняно невеликим вмістом ліпідів [49]. Ці дані підтверджуються і нашими дослідженнями. Так, встановлено, що різниці у вмісті структурних ліпідів пов'язані з особливостями структурної будови вовняних волокон різної тонини, а саме із різним вмістом α -, β - та γ -кератоз. Зокрема, найбільша кількість вільних внутрішніх ліпідів (1,4 %) міститься у остьових волоках УГКП, тобто волокнах у яких є найвищий рівень β -кератози (15,1 %). Стосовно зв'язаних ліпідів, то у напівгрубій ості виявлена найменша їх кількість (1,5 %), а найбільша кількість цих ліпідів міститься в пухових волокнах (1,9 %), причому ці ж волокна мають і найменшу кількість β -кератози (10,2 %).

Нами встановлено пряму корелятивну залежність між вмістом фракції β -кератози та вільних внутрішніх ліпідів ($r=0,996, 0,887, 0,746$ відповідно для пуху, тонкої й напівгрубій вовни) і обернену залежність між товщиною кутикули та вмістом ковалентно зв'язаних ліпідів ($r=-0,993, -0,995, -0,694$).

При цьому загальна кількість вільних і зв'язаних ліпідів у всіх типах волокон є практично однаковою. Зокрема, у пуху їх міститься 2,6 %, вовні асканійських тонкорунних овець та овець породи прекос відповідно — 2,7 і 2,3 % відповідно, а в остьових волокнах — 2,9 %.

Суттєвий вплив на вміст загальних ліпідів має сезонний чинник. Так, найменша кількість ліпідів є у вовні зимового росту. З настанням весни їх кількість зростає і сягає свого піку в літньо-осінній період. Але найменша кількість внутрішніх ліпідів є у вовні 2-х місячних ягнят, а з віком їх кількість поступово зростає. Кількість ліпідів, які перебувають у ковалентно зв'язаному стані, є майже у два рази більшою, ніж вільних. Так, у вовні вівцематок їх міститься 1,6–1,8 %, а у вовні ягнят — майже у два рази менше і становить близько 1 %.

Відносно ліпідного складу, то виявлено, що методом тонкошарової хроматографії вільні внутрішні ліпіди, у системі петролейний етер:диетиловий етер (4:1), як правило, розділяються на 4 основних фракції, а у системі

хлороформ:метанол:вода (65:25:4) — на 5. Щодо зв'язаних внутрішніх ліпідів, то у системі петролейний етер:діетиловий етер (4:1) вони розділяються також на 4 фракції, а у системі хлороформ:метанол:вода (65:25:4) — на 7. В окремих випадках кількість фракцій може бути іншою, однак, частка цих ще не ідентифікованих нами ліпідів незначна і, можливо, їх наявність у структурі волокон не є обов'язковою, оскільки вони можуть бути продуктами окиснення та омилення.

Встановлено, що основними ліпідами у вовні є холестеролові компоненти, а також цераміди і сульфоліпіди, що узгоджується з наявними літературними даними [50, 51]. Цікаво, що у складі ковалентно зв'язаних внутрішніх ліпідів фракція неетерифікованого холестеролу переважає етерифікований, а у вільних — навпаки.

На вміст внутрішніх ліпідів у вовні впливає тип волокна. Так, остьові волокна містять більшу кількість неетерифікованого холестеролу, в порівнянні з іншою вовною, причому це стосується як вільних, так і ковалентно зв'язаних ліпідів.

Сезонні коливання ліпідних компонентів є віддзеркаленням відповідних змін у обміні речовин. Вплив сезону пов'язаний з дією на організм багатьох чинників, зокрема, таких як фотоперіодизм, рівень годівлі, температура навколишнього середовища тощо. Природно, що всі ці чинники викликають зміни в обмінних процесах у організмі овець взагалі і процесів вовноутворення зокрема [52].

Зміни ліпідного складу у вовні досліджуваних тварин ми спостерігали впродовж її річного циклу росту. Найсуттєвіші зміни серед цих ліпідів відмічені у холестеролових фракціях. Так, найменше етерифікованого холестеролу зафіксовано у вовні зимового періоду росту. У весняний період кількість цієї фракції збільшується і продовжує зростати у літній та осінній періоди. Натомість, фракція неетерифікованого холестеролу проявляє діаметрально протилежний характер змін. У пасовищний період — час найкращого аліментарного забезпечення тварин, у вовні міститься також

найбільша кількість керамідів, тобто ліпідів, які становлять основну кількість серед полярних ліпідів і відіграють важливу роль у формуванні фізико-хімічних властивостей волоса.

З літературних даних відомо, що вік тварин суттєво впливає на вміст ліпідів у структурі волоса [53, 54]. Подібні дані отримані і в наших дослідженнях. Зокрема, у вовні двомісячних ягнят міститься майже у два рази менше неестерифікованих жирних кислот. Це зменшення відбувається за рахунок фракцій холестеролу. Так, кількість естерифікованого холестеролу у вовні цих ягнят є майже у два рази більшою, у порівнянні з повновіковими вівцематками. Також вовна ягнят характеризується більшим вмістом керамідів і глюкозилцерамідів. Натомість, вміст сульфоліпідів є меншим і не перевищує 20 %. До речі, такі ж вікові особливості характерні і для фракції зв'язаних ліпідів.

На жаль, нам не вдалось ідентифікувати усі фракції зв'язаних ліпідів, які розділяються у системі хлороформ-метанол-вода (65:25:4). Однак, встановлено, що у вовні вівцематок міститься 7 класів, а у вовні ягнят — 8.

Структура вовни та її фізико-хімічні параметри генетично детерміновані. Однак, такі чинники, як породні, вікові та індивідуальні особливості організму, його фізіологічний стан, дія сезону, характер живлення й умови утримання тварин, справляють помітний вплив на фізичні властивості вовни, зокрема її міцність та тонину. Так, найвищі показники міцності та тонини відмічені у остьових волокнах овець УГКП, а найнижчі — в пухових волокнах. Такі результати є закономірними з огляду на те, що пухові волокна містять найменшу кількість бета-кератоци, тобто кутикули волокна, а остьові — найбільшу.

Дослідження впливу сезонних чинників на показники міцності волокон свідчать, що найнижчими вони є у зимовий період. З настанням весни міцність волокон починає зростати, але найвищими показники міцності волокон є у літньо-осінній період, тобто період найкращого аліментарного забезпечення тварин.

У молодняку овець, зокрема ярк, показники міцності волокон є дещо кращими, в порівнянні з повновіковими вівцематками, однак, ці дані не є вірогідними. Тим не менше, це надзвичайно важливе з точки зору їх технологічності, оскільки їх тонина є меншою.

Отже, отримані дані чітко вказують на те, що структура, хімічний склад і фізичні властивості вовни залежать від багатьох чинників, зокрема таких, як характер вовнового покриву, сезон утримання та вік тварин.

Важлива роль у збереженні природних властивостей вовняних волокон належить жиропоту. Власне цю функцію виконує тільки віск — секрет сальних залоз. Від його кількості та якості значною мірою залежить якість самої вовни. Віск, обволікаючи волокна тонким шаром, сприяє їх злипанню. У результаті цього формуються штапелі та косиці, а в цілому — щільне руно, тобто створюються умови, які здатні захищати вовняний покрив від попадання до нього механічних і рослинних домішок, дії різноманітних негативних чинників навколишнього середовища (сонячна радіація, атмосферні опади тощо). У свою чергу від наявності жиропоту в руні, його кількісних та якісних показників, значною мірою залежить інтенсивність мікробіологічних процесів [55, 56].

Відомо, що кращими захисними властивостями володіє жиропіт, у якому на одну одиницю воску припадає менше однієї одиниці поту [57, 58]. Нашими дослідженнями встановлено, що у жиропоті вівцематок УГКП міститься 8,2 % воску, прекос — 12,9 %, а асканійських тонкорунних — 18,4 %. Натомість, у УГКП є найбільший відсоток поту — 20,6 %, у асканійської породи — 15,5 % і найменше у прекосів — 12,8 %.

Отже, найкращими захисними властивостями володіє жиропіт вовни асканійських тонкорунних вівцематок, у яких співвідношення воску до поту становить 1:0,84, а найгіршими — жиропіт вовни овець УГКП — 1:2,52.

Добова секреція вовнового жиру (воску) у овець має чітко виражений сезонний характер. Так, найменша його кількість продукується у вівцематок УГКП у зимовий період — 1,70 мг/см² шкіри, а найбільша у літній — 2,53 мг/см² шкіри. У вівцематок породи прекос найменше воску продукується

весною — $3,26 \text{ мг/см}^2$, а найбільше також улітку — $3,26 \text{ мг/см}^2$. У цей же період у руні міститься й найбільша кількість поту та є найвищі показники його рН. Внаслідок цього улітку співвідношення воску до поту є найгіршим. Найкращим ж показник співвідношення воску до поту є у ягнят 2-х місячного віку і становить — 1:0,8.

Захисні властивості воску зумовлені, насамперед, його специфічним ліпідним складом [59, 60]. Наші дослідження показали, що чим грубше волокно, тим більший вміст у воску дегідрохолестеролу та неетерифікованих жирних кислот. Натомість, у ліпідному складі воску неоднорідної вовни УГКП міститься найменша кількість етерифікованого холестеролу.

Нашими дослідженнями встановлено, що нативний віск (віск одержаний безпосередньо із площі шкіри), в порівнянні з воском з жиропоту руна, містить меншу кількість полярних ліпідів, неетерифікованого холестеролу і неетерифікованих жирних кислот, та більшу — етерифікованого холестеролу. Виявлено, що найменша кількість останнього є у літній період, а найбільша — у зимовий. Натомість, сезонні зміни фракції неетерифікованого холестеролу і неетерифікованих жирних кислот мають діаметрально протилежний характер. Загалом, ці дані вказують на низький рівень процесів, що відбуваються у середовищі жиропоту, тобто окиснення, омилення і мікробіологічних процесів.

Отже, упродовж річного росту під дією негативних чинників навколишнього середовища, у жиропоті інтенсифікуються процеси окиснення, омилення та гідролізу, як результат — зменшується кількість етерифікованого холестеролу і зростає кількість неетерифікованих жирних кислот та відбувається накопичення продуктів окиснення, що врешті призводить до погіршення захисних властивостей воску.

Суттєво на ліпідний склад воску також впливає віковий чинник. Так, віск ягнят характеризується значно нижчими показниками вмісту полярних ліпідів, неетерифікованих жирних кислот та ланостеролу і більшим вмістом етерифікованого холестеролу.

Таким чином, у якості інтегральних показників захисних властивостей жиропоту слід використовувати співвідношення воску до поту та ліпідний склад воску. Зокрема, про високі захисні властивості свідчить наявність у воску великої кількості етерифікованого холестеролу і малої кількості полярних ліпідів, неетерифікованих жирних кислот та неетерифікованого холестеролу.

Руно овець є ідеальним середовищем для розвитку різних видів мікроорганізмів, оскільки обов'язковою умовою для їх життєдіяльності є одночасна наявність повітря, тепла і вільної вологи. У процесі своєї життєдіяльності мікрофлора руна використовує у якості субстрату як його середовище, зокрема жиропіт, так і сам кератин волокна, що в кінцевому результаті призводить до ушкодження його структури, а у окремих випадках — до його повного розщеплення. Власне мікробіологічне ушкодження вовняної сировини є найбільш розповсюдженим видом ушкоджень текстильних матеріалів [61, 62].

Нашими дослідженнями встановлено породні особливості вмісту окремих видів мікроорганізмів у руні овець. Зокрема, найбільша кількість бактерій міститься у руні вівцематок української гірськокарпатської породи, а найменша — в асканійській тонкорунної породи. Така ж картина відмічена і щодо вмісту нейроспор. Натомість, у руні УГКП міститься найменша кількість плісневих грибів. У той же час, у руні помісних вівцематок є найбільший вміст цього виду грибів.

У результаті проведених досліджень встановлено, що мікрофлора руна має чітко виражений сезонний характер. Так, найбільша кількість бактерій, грибів, актиноміцетів, плісневих грибів, а також нейроспор є у літній період. Дещо менше їх виявляється у весняний та осінній періоди, а найменше — взимку. Причому, співвідношення між зимовим і літнім періодами для вмісту бактерій у руні вівцематок становить 1:12,3, актиноміцетів — 1:1,37, грибів — 1:4,0, нейроспор — 1:2,67 і плісневих грибів 1:4,0. Подібна картина мікробіального обсіменіння руна характерна і для молодняку овець різних вікових груп, з тією лише різницею, що кількість різних видів мікроорганізмів у

їх руни в різні пори року є меншою, у порівнянні з дорослими тваринами, за винятком лише плісневих грибів. Вміст останніх є на рівні дорослих тварин, а у зимовий період навіть дещо більший.

Отже, у результаті проведених досліджень отримано дані, які чітко вказують на те, що жиропіт руна та його мікрофлора, характеризуються специфічним складом. Від його кількості і якості залежать захисні властивості воску. Встановлено також, що специфічний склад жиропоту та мікрофлори, значною мірою, залежить від породних особливостей овець, тобто характеру їх вовнового покриву, віку, сезонних і годівельних чинників та умов утримання. З поміж усіх цих чинників найбільш чітко простежується вплив сезону, який тісно пов'язаний із рівнем та характером живлення тварин та фотоперіодизмом. Так, показано, що за умов підвищеної температури повітря у літній період у середовищі жиропоту інтенсифікуються процеси окиснення, омилення та гідролізу ліпідних компонентів воску, а також мікробіологічні процеси, які призводять до погіршення захисних властивостей воску, що у кінцевому результаті призводить до виникнення таких вад вовни, як звалювання і пожовтіння.

Причини пожовтіння вовняних волокон умовно можна поділити на чотири основні групи: вплив сонячної радіації, санітарно-гігієнічні умови утримання овець, життєдіяльність мікрофлори руна і причини, що пов'язані з жиропотом вовни [63–65].

У результаті електронно-мікроскопічних досліджень поверхні вовни нами встановлено, що процеси пожовтіння призводять до деструктивних змін кутикулярного шару волокон. Якісні зміни кутикулярного шару відображаються і на його кількісних показниках. Зокрема, на ушкодження кутикули в пожовтілій вовні вказує і вірогідне зменшення (на 1,6 %) у ній фракції бета-кератоци.

З літературних джерел відомо, що у процесі дії на вовну ультрафіолетових променів і Оксигену утворюються різні продукти розпаду кератину. Щоправда, якщо для тирозину і триптофану розвиток цього процесу

залежить від наявності Оксигену, то для цистину — ні. Пожовтіння вовни у вологому стані настає тільки за наявності Оксигену. У цьому випадку пожовтіння є результатом фотохімічної деструкції цистину з наступним розкладом його лужним потом з утворенням сірководню та аміаку; тирозину з утворенням 3-4-діоксифенілаланіну, аміаку і жовто-коричневого пігменту, а також триптофану з утворенням кінуреніну [66–70]. У своїх дослідженнях ми також відмічали зменшення у пожовтілій вовні триптофану (на 11,4 %), тирозину (на 5,4 %) та цистину (на 2,6 %).

Дещо незрозумілою у процесі пожовтіння є роль гістидину і лізину, кількість яких також вірогідно зменшується. Можливо, що це пов'язано із найбільшим вмістом цих амінокислот у бета-кератозі, яка у процесах пожовтіння вовни зазнає найбільш суттєвих змін.

Стосовно ролі мінеральних елементів у процесах пожовтіння вовни, то на даний час таких даних є недостатньо. Додатки до раціону овець солей Кобальту, Сульфуру і Цинку не викликають схильності вовни до пожовтіння. У той же час, між кількістю Купруму у вовні і ступенем пожовтіння існує зворотна кореляція, а підгодівля овець цим елементом зменшує ступінь пожовтіння [71]. Дані автори вважають, що Купрум, як бактеріостатичний агент, може виводитись через шкіру і, тим самим, пригнічувати ріст та розмноження бактерій руна. На їх думку Купрум потрібний для утворення дегідрооксифенілаланіну (ДОФА) з тирозину і наступним перетворенням його в меланін. Якщо цей процес не відбувається до кінця, то накопичуються проміжні продукти, подібні ДОФА-квінонам, які під впливом високої лужності поту переходять у пігменти. Не виключено, що останні надають вовні жовтого кольору.

У контексті цього можна додати, що комплекси Cu^{2+} , залежно від концентрації, мають як прооксидантні, так і антиоксидантні властивості. У вищих концентраціях, і за наявності пероксидів в окиснюючому середовищі, вони стають прооксидантами та прискорюють процеси пероксидного окиснення ліпідів. У малій концентрації ці комплекси здатні тривало і

ефективно гальмувати вільнорадикальне ланцюгове окиснення молекулярним Оксигеном органічних речовин і, таким чином, можуть бути використані в якості антиоксидантів [72]. Окрім цього, антиоксидантна активність деяких амінокислот може бути пов'язана зі здатністю їх утворювати комплексні сполуки з Купрумом типу Cu-лізин чи Cu-тирозин [73]. Ці комплексні сполуки мають властивість здійснювати нензиматичну дисмутацію O_2^- , будучи інгібітором проліл- і лізилгідроксилаз, які використовують супероксидний аніон-радикал у процесі гідроксилювання пролілових та лізинових залишків протеїнів [74].

У контексті сказаного цілком закономірним є встановлене нами у пожовтілій вовні вірогідне зменшення вмісту Купруму. Отже, з усього вище викладеного можна зробити висновок про те, що з-поміж усіх мінеральних елементів Купруму належить найбільш важлива роль у процесах пожовтіння вовни.

Процеси пожовтіння вовни призводять також до глибоких деструктивних змін складу внутрішніх ліпідів. Зокрема, встановлено, що пожовтіла вовна характеризується меншим вмістом вільних внутрішніх ліпідів (на 0,2 %). Це зменшення відбувається, в основному, за рахунок етерифікованого холестеролу та церамідів. Однак, це зменшення відбувається лише у фракції вільних ліпідів вовни, що вказує на деструктивні зміни, які відбуваються у кутикулі волоса.

Збільшення у пожовтілій вовні вмісту неетерифікованих жирних кислот та зменшення етерифікованого холестеролу також вказує на те, що пожовтіння вовни супроводжується процесами гідролізу її ліпідних компонентів, причому, це стосується як вільних, так і зв'язаних внутрішніх ліпідів. Крім цього, у пожовтілій вовні вірогідно зростає кількість поки-що неідентифікованих нами фракцій зв'язаних ліпідів.

Деструктивні зміни, які відбуваються в структурі та хімічному складі пожовтілої вовни, відображаються і на її фізичних властивостях, зокрема міцності. Так, у наших дослідженнях встановлено, що міцність пожовтілої

вовни, у порівнянні з нормальною, за станом, тобто білою, зменшується на 14,8 %.

Як уже було сказано, механізми пожовтіння вовни тісно пов'язані з її жиропотом, особливо зі змінами, які постійно відбуваються у його середовищі — окиснення, омилення, гідроліз, а також мікробіологічні процеси. Характерно, що рівень і спрямованість згаданих процесів за будь яких умов майже завжди тотожні, на що вказують виявлені зміни у ліпідному складі воску. Найяскравіше вони проявляються з боку етерифікованого холестеролу, неетерифікованих жирних кислот та полярних ліпідів: спостерігається зменшення вмісту фракції етерифікованого холестеролу з одночасним збільшенням неетерифікованих жирних кислот та полярних ліпідів. Збільшення останніх, на думку багатьох дослідників [56, 75], пов'язано з накопиченням продуктів окиснення, оскільки в таких випадках завжди простежується збільшення такого показника, як пероксидне число, а заодно і самого процесу пероксидного окиснення ліпідів воску. Значно інтенсивніше цей процес відбувається в жиропоті жовтих відтінків. Про його інтенсивність свідчать суттєві зміни з боку йодного, кислотного, етерного чисел та омилення. Особливо істотні зміни цих показників настають під час тривалого зберігання вовни і, як з'ясувалось, перебувають у відповідності з показниками ліпідного складу воску та виходом пожовтілої вовни.

Природньо виникає запитання: чому власне фракція етерифікованого холестеролу зазнає найбільш суттєвих змін? Нагадаємо, що в кількісному відношенні ця фракція є домінуючою (40 % і більше) і, очевидно, є основним депо жирних кислот. Кількість неетерифікованих жирних кислот при цьому становить в середньому близько 7 %. Не виключено, що в жирнокислотному складі етерів холестеролу переважають ненасичені кислоти, як це приміром має місце в деяких органах і тканинах свиней [76]. Доречно нагадати, що підшкірний жир овець майже на 50 % складається з олеїнової кислоти.

Зміни кількісних і якісних параметрів жиропоту відбуваються за певних умов. Насамперед, це стосується підвищення мікробного обсіменіння вовни та

об'ємного співвідношення його основних компонентів, тобто воску і поту. Чим вища концентрація поту, тим інтенсивніше відбувається деградація самого воску, особливо за умов високої лужності поту. Свідченням цього є вірогідне зростання у пожовтілій вовні загальної кількості бактерій та співвідношення воску до поту з високим рН останнього.

Таким чином, з вище сказаного випливає, що пожовтіння вовни є результатом дії комплексу чинників екзогенного та ендogenous характеру, під впливом яких відбувається утворення фарбуючих речовин, тобто пігментів. Найбільш ймовірним шляхом їх утворення є процеси окиснення, омилення та гідролізу, що відбуваються в жиропоті, а також є результатом життєдіяльності мікроорганізмів руна.

Овеча вовна, на відміну від інших текстильних волокон, володіє такою унікальною технологічною властивістю, як здатністю до звалювання. Ця властивість зумовлена її фізичними і пружно-еластичними особливостями. Валкоздатність — це властивість вовняних волокон ущільнюватись за конкретних умов підвищеної вологості, високої температури та під дією тиску і тертя. У результаті цього волокна переплітаються і утворюють щільну масу. На цьому принципі засноване валяльне виробництво для виготовлення сукна, повсті, валянок, фетрових виробів та іншої продукції. Однак, вовна може звалюватись і на тілі вівці. Це є вкрай небажаним явищем, оскільки така вовна вважається дефектною і не може бути перероблена як звичайна, позаяк звалок перед розчісуванням потрібно розривати на спеціальних машинах, що призводить до розриву волокон й втрати їх міцності. Вартість такої вовни є на 20 % меншою, ніж нормальної [77, 78].

Проте механізми звалювання вовни безпосередньо на тілі тварини пов'язані і з іншими причинами. Зокрема, здатність вовни до звалювання, насамперед, залежить від її структурної організації. Так, ступінь звалювання волокон залежить від ступеня асиметрії їх коркового шару. У міру збільшення у них паракортикальних клітин ступінь звалювання зменшується. Зваляна вовна характеризується і меншим вмістом бета-кератоци, тобто кутикулярного шару.

Клітини кутикули ушкодженого волокна загинаються і нерівномірно надриваються. Окремі лусочки відшаровуються, а їх поверхня деформується, в результаті чого оголюється поверхня волокон.

Зваляна вовна характеризується зміненням хімічним складом. Зокрема, у такій вовні за рахунок зниження рівня аргініну, гістидину, лейцину і лізину зменшується загальна кількість амінокислот, а також у ній зменшується вміст Кальцію та Купруму.

Суттєві зміни у зваляній вовні відбуваються у кількісному та якісному складі внутрішніх ліпідів. Зокрема, нами встановлено, що у зваляній вовні кількість ковалентно зв'язаних ліпідів вірогідно зменшується, а, натомість, зростає кількість вільних. Це збільшення відбувається, в основному, за рахунок неетерифікованих жирних кислот і гліколіпідів найвищої полярності. Отже, такі зміни вказують на перебіг у зваляній вовні процесів окиснення та омилення. Цікаво, що це стосується як зв'язаних, так і вільних ліпідів, на що вказує зменшення вмісту етерифікованого холестеролу та збільшення неетерифікованих жирних кислот. У цьому контексті цікавим є також зростання у зваляній вовні неідентифікованих нами фракцій зв'язаних ліпідів. Не виключено, що це можуть бути продукти окиснення, які, на жаль, важко ідентифікуються.

Зваляна вовна також містить вірогідно меншу кількість церамідів як у зв'язаних, так і у вільних внутрішніх ліпідах.

Суттєвих змін у зваляній вовні зазнає жирнокислотний склад структурних ліпідів. Відомо, що основними вільними жирними кислотами, виділеними з вільних внутрішніх ліпідів, є стеаринова, пальмітинова та олеїнова кислоти [79]. Саме вони і зазнають значних змін у зваляній вовні. Зокрема, у складі вільних ліпідів зменшується кількість пальмітинової та олеїнової кислот. Натомість, кількість стеаринової кислоти дещо зростає. У складі зв'язаних ліпідів кількість олеїнової кислоти також зменшується, натомість, кількість пальмітинової — зростає. Також у складі ковалентно зв'язаних ліпідів вірогідно

збільшується кількість ізооктадеканової та арахінової кислот, водночас зменшується — гептадеканової і 18-метилейкозанової.

Відомо, що характерною особливістю структурних ліпідів кутикули є наявність у них ковалентно зв'язаної 18-метилейкозанової кислоти ($C_{21:0}$). Антеізорозгалужена 18-метилейкозанова кислота складає близько 40% від загального вмісту жирних кислот волоса і є основною складовою частиною ковалентно зв'язаних на епікутикулі жирних кислот. Низка авторів вважає, що 18-МЕК розташована виключно на зовнішній поверхні кутикулярних клітин волокна — епікутикулі [80, 81]. Ця антеізо кислота виділяється лише за допомогою лужного омилення або кислотним метанолізом. 18-МЕК зв'язана через етерний або тіоетерний зв'язок з протеїнами на зовнішній поверхні β -кутикулярних клітин [82]. Хоча роль цієї специфічної рідкісної жирної кислоти залишається нез'ясованою, але завдяки її великій кількості ліпиди волоса володіють значною молекулярною рухливістю і мають рідиноподібну властивість, в порівнянні з прямоланцюговими аналогами ($C_{16:0}$ - $C_{18:0}$) [83].

Відомо, що при порушенні синтезу ліпідів у вовняному волокні, зокрема 18-метилейкозанової кислоти, спостерігаються дефекти його стрижня. Класичним прикладом є хвороба кленового сиропу у людей [84]. Цікавим у даному контексті є вірогідне зменшення у складі ковалентно зв'язаних ліпідів 18-МЕК. Натомість, у складі вільних ліпідів кількість цієї кислоти збільшується, що вказує на руйнування в ушкоджених волокнах тіоетерних зв'язків, за допомогою яких внутрішні ліпиди ковалентно зв'язані через 18-МЕК з протеїном. Унаслідок цього, певна частина зв'язаних ліпідів переходить у вільний стан.

Показано, що ступінь звалювання вовни, значною мірою, зумовлений і кількістю та якістю вовнового жиру (воску). Встановлено, що звалювана вовна характеризується невеликою кількістю воску в жиропоті за одночасної зміни в ньому співвідношення окремих класів ліпідів, особливо етерифікованого холестеролу. Кількість останнього суттєво зменшується, а полярних ліпідів, навпаки, збільшується. Внаслідок цього погіршуються захисні функції

вовнового жиру, а зазубрена поверхня кутикули волокон оголюється, що сприяє їх міцному зчепленню і утворенню щільної повсті (звалку). Вовна, яка недостатньо захищена воском, стає сухою, ламкою, втрачає пружність і міцність, легко зазнає руйнівного впливу вологи, пилу, гноївки й, особливо, лужного поту. Однією з причин недостатньої кількості вовнового воску в руні є низький рівень живлення тварин, а також незадовільні умови їх догляду та утримання. Останні призводять до зростання у руні мікробіологічного забруднення, зокрема, кількості бактерій та грибів.

Таким чином, порушення технології утримання та догляду за вівцями, а також вплив багатьох негативних чинників навколишнього середовища, спричиняє розвиток в руні мікрофлори та гідроліз деяких компонентів воску, підвищення лужності поту, що в кінцевому результаті призводить до погіршення захисних властивостей жиропоту і, як наслідок — зміни структури волокна, його хімічного складу та фізичних властивостей й виникнення таких вад як пожовтіння та звалювання.

Реалізація генетичного потенціалу сільськогосподарських тварин неможлива без забезпечення науково-обґрунтованої повноцінної годівлі. Повноцінна годівля передбачає забезпечення тварин поживними речовинами відповідно до їхніх потреб [85–91].

У зв'язку з різностороннім характером продуктивності овець велике значення для них має не лише загальний рівень живлення, але й збалансованість раціонів за окремими макро- і мікроелементами. Нестача або відсутність їх чи неправильне співвідношення часто призводить до порушення обміну речовин в організмі тварин, затримки їх рісту, розвитку, зменшення продуктивності. Особливо важливий мінеральний статус для організму вівцематок, він повинен забезпечувати не лише їх продуктивність, але й продуктивність майбутнього приплоду. Потреба лактуючих вівцематок у мінеральних елементах набагато більша, оскільки з молоком матері виділяється значна кількість цих речовин, які обов'язково повинні бути відновлені [92, 93].

Для нормального функціонування організму вівці необхідні усі мінеральні елементи, але найбільше потрібні: Кальцій, Фосфор, Магній, Натрій, Хлор, Сульфур, Калій, Кобальт, Йод, Купрум, Селен, Силіцій. Особливо важливе значення мають мінеральні елементи для формування вовнового покриву овець [94–97].

Аналіз даних про фактичний мінеральний склад кормів із різних регіонів нашої країни свідчить про їх дефіцитність за багатьма мінеральними елементами [98, 99]. Ось чому питання мінерального забезпечення тварин і, зокрема, овець, привертає увагу широкого кола спеціалістів даної галузі. Окрім того, враховуючи, що дослідження у цьому напрямі були проведені лише на окремих породах й статеві-вікових групах і не за всіма елементами, то перспективним на даний час є розроблення та удосконалення норм мінерального живлення для овець різних порід й статеві-вікових і продуктивних груп.

Як відомо, Україна на Закарпатті має унікальні природні запаси перлітової сировини, що становлять приблизно 120 млн. тонн. З літературних даних відомо, що перліт на 74,3 % складається з двоокису кремнію та на 12,8 % з окису алюмінію. Деякі автори вказують на те, що певна кількість макро- та мікроелементів, які входять до складу природних сорбентів, можуть засвоюватись організмом тварин [94, 100, 101]. З огляду на це, застосування фільтроперліту, який містить велику кількість Силіцію, може бути джерелом цього елемента у годівлі овець. Нагадаємо, що Силіцій має важливе значення для процесів вовноутворення, оскільки поряд із Сульфуром входить до складу кератину, з'єднуючи макромолекули цього протеїну поперечними містками [102–104]. Застосування природних сорбентів сприяє збільшенню приростів маси тіла, попереджує захворювання шлунково-кишкового тракту, нейтралізує токсичні речовини, що в кінцевому рахунку підвищує якість отриманої продукції і сприяє зниженню витрат кормів [105].

Фільтроперліт — спушений перлітовий порошок з розміром частинок від 1 до 140 мкм, отримується термічним і механічним обробленням сировини.

Зважаючи на те, що перліт є екологічно чистим природнім сорбентом, який, як і інші сорбенти, володіє сорбційно-іонообмінними властивостями, його широко використовують у харчовій промисловості для фільтрації різних суспензій — цукрових сиропів, фруктових соків, пива, вина й рослинних олій (ДСТУ 3665-97) [106–109].

Після фільтрації у фільтроперліті залишається значна кількість олії — 28,4 %. Попадаючи в рубець ліпіди зазнають гідролізу до неестерифікованих жирних кислот і гліцерину. Останній під дією бактеріальних ензимів перетворюється в пропіонову кислоту, яка, будучи попередником глюкози і деяких амінокислот, активує синтез протеїну в організмі. Вона володіє також антикетогенною дією [110, 111].

Рослинні олії містять велику кількість ненасичених жирних кислот — лінолевої і ліноленової. Ці кислоти є життєво необхідними для побудови клітин і деяких гормонів. У результаті додаткового введення до складу раціону рослинних олій, вівці споживають більше ненасичених жирних кислот, що необхідно для нормального обміну речовин [112].

Ненасичені жирні кислоти під дією рубцевої ферментації гідрогенізуються до насичених. Завдяки цьому знижується утворення метану в рубці і попереджується можливість розвитку гострої тимпанії. Особливо це актуально у перехідний період від зимово-стійлового до пасовищного утримання. Крім того добавки жиру до раціону жуйних підвищують забезпеченість у цей період тварин енергією, що необхідно для кращого використання протеїну молоді трави, а також попереджують зниження жирності молока [113]. При дефіциті незамінних жирних кислот порушується обмінна функція фосфоліпідів, знижується здатність мембран до зв'язування, погіршується їх рухливість, що призводить до цілої низки структурних і органічних змін, наприклад, погіршується утворення ліпопротеїдів, а відтак — ліпідний транспорт [114].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що згодовування вівцематкам у складі основного раціону 20 %-ної надбавки окремих макро- та

мікроелементів (Сульфур, Цинк, Купрум, Кобальт, Йод) як окремо, так і у поєднанні з ліпідною добавкою у вигляді фільтроперліту, по-різному вплинуло на прирости вовни у вівцематок та прирости маси тіла ягнят.

Аналіз даних свідчить, що дія мінеральних елементів, в основному, спрямована на інтенсифікацію росту вовни, оскільки її прирости у вівцематок першої дослідної групи збільшились на 30,0 %, у порівнянні до контролю. У той же час прирости маси тіла ягнят зросли лише на 3,9 %.

Згодовування вівцематкам фільтроперліту, збагаченого ліпідами соняшникової олії збільшує прирости вовни у вівцематок на 16,7 %, а прирости маси тіла ягнят — на 7,6 % (друга дослідна група). Спільне згодовування мінеральних елементів і фільтроперліту призводить до підвищення інтенсивності росту вовни на 33,3 %, а приростів маси тіла ягнят — на 10,2 %.

Отже, отримані дані чітко вказують на те, що ліпідна добавка, в основному, сприяла інтенсифікації процесів молокоутворення, і як результат — збільшенню маси тіла ягнят, а мінеральних елементів впливала на ріст вовни, її хімічний склад та фізичні властивості.

У дослідях на вівцях породи прекос було встановлено, що згодовування у складі основного раціону природних мінералів, а саме цеоліту і діатоміту, покращувало обмінні процеси у шкірі. Це призводило до інтенсифікації процесів кератинізації вовняних волокон, і як результат — покращення якості самої вовни, а саме збільшення її довжини та міцності [115]. Ці результати співзвучні з отриманими нами даними. Зокрема, нами виявлено, що згодовування вівцематкам фільтроперліту та підвищених рівнів мінеральних елементів суттєво збільшує міцність волокон на розрив. При цьому тонина волокон залишається однаковою, що є позитивним, оскільки збільшення приростів вовни не призводить до її стоншення.

Роль амінокислот, особливо сульфурвмісних, як нутрієнтів, необхідних для вовноутворення, добре відома і достатньо вивчена. Тим не менше, на сьогодні існує дещо видозмінена концепція щодо їхньої дії у згаданих процесах. Це стосується, насамперед, цистину, а також метіоніну. Говорячи про

сам морфогенез волоса і ріст вовни в овець завжди потрібно пам'ятати, що вовнова продуктивність перебуває у тісному зв'язку із живленням тварин й обміном речовин в їх організмі. При недостатній годівлі овець трансформація амінокислот у протеїни вовни зменшується. Ось чому в системі живлення овець основною проблемою завжди повинна бути біологічна повноцінність раціонів, балансування їх за усіма поживними речовинами, особливо за протеїном та амінокислотами [116].

У результаті проведених нами досліджень показано, що майже 94 % від маси волокна припадає на амінокислоти. З них найбільшу кількість становлять глютамінова кислота та цистин, а найменшу — метіонін і гістидин. Включення до складу основного раціону фільтроперліту призводить до збільшення у вовні тирозину, а підвищених рівнів макро- і мікроелементів — цистину. Нагадаємо, що амінокислота цистин є ключовим чинником в утворенні дисульфідних зв'язків. Саме цистин стабілізує четвертинну структуру вовни за рахунок внутрішніх і міжмолекулярних дисульфідних зв'язків, надаючи їй стійкості до дії травних ензимів. Четвертинна структура кератину також стабілізується і пептидними зв'язками вільних карбоксильних груп глютамінової та аспарагінової кислот й аміногрупами лізину (Σ -(γ -глютамін)-лізинові зв'язки). Утворення їх здійснюється за участю ензиму транс-глютамінази і відбувається на заключних стадіях формування кератину. Такі зв'язки характерні для внутрішньокореневої піхви та серцевини волоса. Наявність їх забезпечує стійкість кератину вовни до різних хімічних чинників, зокрема дії сечовини та лугів, які розчиняють багатий Сульфуром кератин волоса [117].

Окремого обговорення заслуговує питання ролі Сульфуру в процесах вовноутворення, хоч про це і так сказано достатньо. Нагадаємо, що синтез кератину нерозривно пов'язаний з інтенсивним використанням сульфурвмісних сполук, в основному, цистину. Нашими дослідженнями показано, що зростання продуктивності овець під впливом згодовування сульфурвмісних сполук багато в чому пов'язане з ліпідним обміном, зокрема фосфоліпідами. І це логічно, якщо врахувати, що сульфурвмісні сполуки стимулюють синтез в організмі

ліпідів і жирних кислот [118]. Це зумовлено тим, що Сульфур входить до складу протеїнів, ліпідів, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Ензими з наявністю активної SH-групи беруть багатогранну участь у різноманітних ланках обміну. Реакції, які відбуваються за участю КоА, активуються різними сульфгідрильними сполуками, найперше — цистином. До того ж саме збільшення вмісту фосфоліпідів у шкірі пов'язано з безпосереднім включенням Сульфуру сульфатів у полірні ліпіди, як це встановлено в дослідях *in vitro* (фото 11). Такі дані повністю підтверджують важливу роль Сульфуру в процесах ліпогенезу шкірного покриву овець і тим самим збагачують нашу уяву про механізми впливу ліпідів на процеси вовноутворення.

Зменшення інших класів ліпідів, зокрема ацилгліцеролів і жирних кислот під впливом згодовування тваринам сульфату натрію, можна пояснити інтенсивним їх використанням, як джерела енергії для мітотичних процесів. Адже відомо, що Сульфур бере активну участь у процесах проліферації [119]. Очевидно, цим слід пояснювати позитивну його дію на процеси вовноутворення.

Сульфур сульфатів за умов наших досліджень сприяв зменшенню йодного числа ліпідів шкіри. Цей факт, на наш погляд, свідчить про те, що ненасичені жирні кислоти використовуються більшою мірою, ніж насичені [120–122].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що згодовування вівцематкам мінеральних солей, а саме підвищеного вмісту Сульфуру, відобразилось на мінеральному складі вовни, причому як у вівцематок, так і в отриманих від них ягнят. Нагадаємо, що Сульфур бере активну участь в процесах проліферації [123].

У наших дослідженнях спостерігалась також тенденція до зростання у вовні вмісту Цинку. А у вовні ягнят відмічено ще й збільшення кількості Купруму. Натомість у вівцематок таких змін не спостерігалось, що вказує на значне виділення Купруму з молоком вівцематок, з подальшою трансформацією цього мінерального елемента у структуру вовни ягнят.

Відносно ролі Купруму в процесах вовноутворення сказано не мало, але й не достатньо. Як відомо, Купрум, будучи у складі деяких ензимів, ти самим бере участь у багатьох процесах, найперше — пігментації і кератинізації вовняного волокна. Мало відомо про негативний вплив комплексного згодовування Купруму сульфату натрію. Хоча треба думати, що певна невідповідність у співвідношенні цих елементів у організмі проявляється у блокуванні Купрумом (як важким металом) сульфгідрильних груп і тим самим гальмування метаболічних процесів. Можливі й інші механізми негативного впливу комплексу Сульфур-Купрум.

Що стосується впливу Купруму на показники ліпідного обміну в шкірі, то він мало чим відрізняється від дії, зафіксованої на «сульфатній» групі тварин.

Деякі дослідники вважають, що природні цеоліти і, зокрема, перліт, володіють не лише сорбційними властивостями, але й є джерелом макро- і мікроелементів. З огляду на це цікавим є збільшення вмісту Калію у вовні овець, яким згодовували фільтроперліт. Причому це стосується як вівцематок, так і отриманих від них ягнят. У зв'язку з цим, нагадаємо, що за нашими даними вміст цього макроелемента у фільтроперліті є значним, і становить — 26,9 г/кг.

Застосовні нами аліментарні чинники проявляють свою дію і на внутрішні ліпіди вовни овець. Зокрема, згодовування вівцематкам у складі основного раціону фільтроперліту призводить до збільшення у вовні вмісту як вільних, так і ковалентно зв'язаних ліпідів. Збільшення вільних внутрішніх ліпідів відбувається, в основному, за рахунок етерифікованого холестеролу, а зв'язаних — глюкозилцерамідів та стеринової фракції.

При згодовуванні вівцям підвищених рівнів на 20 % від існуючих норм макро- і мікроелементів, зростають фракції сульфурвмісних ліпідів, а саме сульфоліпідів та холестеролсульфату.

Згодовування вівцематкам у складі основного раціону ліпідної добавки у складі фільтроперліту призводить до підвищення у дослідних тварин секреції воску. Причому це стосується як вівцематок, так і отриманих від них ягнят. У

результаті цього у жиропоті суттєво покращується співвідношення воску до поту, а, отже, такий жиропіт володіє кращими захисними властивостями.

Під дією застосованих нами аліментарних чинників значно покращується якісний склад нативного воску. Зокрема, спостерігається зниження фракції полярних ліпідів та неетерифікованих жирних кислот з одночасним збільшенням етерифікованого холестеролу, за рахунок полієнових, дієнових та частково етерів насичених кислот.

Подібний характер змін спостерігався і в ліпідному складі воску, отриманого з жиропоту. Так, вміст неетерифікованих жирних кислот вірогідно знижувався, натомість, за рахунок етерів насичених кислот, зростала фракція етерифікованого холестеролу.

У результаті проведених нами досліджень показано, що додавання до основного раціону вівцематок 100 і 150 г сухих яблучних вичавок, замість зерноконцентратів, призводить до збільшення приростів вовни на 8,2 і 8,9 %. Це збільшення, на нашу думку, може бути пов'язане зі значним вмістом у сухих яблучних вичавках такого мікроелемента як Йод. Нагадаємо, Йод, є есенціальним елементом живлення, володіє високою біологічною активністю та накопичується в щитоподібній залозі, фізіологічна активність якої забезпечує нормальну життєдіяльність організму тварин. Продукти синтезу цієї залози відіграють значну роль у регуляції обміну речовин та енергії [124–127]. А саме на Йод є бідний Західний регіон України. Зокрема, за нашими даними вівці Львівської області забезпечені Йодом лише на 60 % від норми [128]. У зв'язку з цим, сухі яблучні вичавки можна використовувати у годівлі овець як джерело Йоду. Так, введення 150 г яблучних вичавок підвищує вміст Йоду в раціоні овець майже на 10 %, що дає змогу зменшити дефіцит цього надзвичайно важливого мікроелемента.

Добавки сухих яблучних вичавок у дозі 100 і 150 г призводять також до збільшення середньодобових приростів маси тіла ягнят на 4,8 та 4,5 %, тобто мають позитивний вплив на молочність вівцематок.

Згодовування яблучних вичавок, за рахунок збільшення засвоєння Сульфуру, призводить до зростання у вовні вівцематок кількості цистину та загального Сульфуру. Це збільшення призводить до утворення додаткових поперечних дисульфідних зв'язків, чим можна пояснити зпідвищення міцності волокон, у тварин дослідних груп. Позитивним також є те, що збільшення приростів вовни не призводить до стоншення волокон, а, навпаки, у міру збільшення у раціоні кількості вичавок, зростає і тонина.

Саме на збільшенні сульфурвмісних амінокислот базується позитивний ефект, який одержаний при включенні до основного раціону овець ріпакової макухи як високопротеїнового і енергетичного кормового засобу, що володіє високою біологічною цінністю завдяки підвищеному вмісту незамінних (особливо сульфурвмісних) амінокислот й довголанцюгових жирних кислот та підвищених рівнів на 25 і 50 % Сульфуру, Кремнію, Йоду і Селену. Це сприяло не лише збільшенню настригів вовни, але й позитивно відобразилось на ліпідному і жирнокислотному складі волокон. Така вовна характеризується більшим вмістом загальних ліпідів (на 0,4 %), 18-метилейкозанової кислоти (0,2 %).

У контексті сказаного цю проблему можна розкрити дещо ширше. Так, збільшення у раціонах овець на 25 і 50 % рівнів Сульфуру, Кремнію, Йоду та Селену не тільки повністю забезпечує їх організм цими біологічно активними елементами, але й сприяє більш повноцінному використанню поживних речовин ріпакової макухи за рахунок нейтралізації небажаних ефектів, що можуть проявлятися під дією антипоживних речовин, які містяться у ріпаках. Сполуки Сульфуру, Йоду та Селену, як антитиреоїдні засоби, при згодовуванні ріпакових кормів, забезпечують оптимальне надходження субстратів для функціонування щитоподібної залози, гормони якої здійснюють властивий їм контроль за процесами вовноутворення [129–131].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Антонов В. Ф. Липиды и ионная проницаемость. М.: Наука, 1982. С. 50–80.
2. Саатов Т. С., Зайнутдинов Б. Р. Обмен фосфолипидов при некоторых патологических состояниях. *Украинский биохимический журнал*. 1984. Vol. 56, № 3. С. 285–293.
3. Van Hoogevest P., Prusseit D., Wajda R. Phospholipids: natural functional ingredients and actives for cosmetic products. *SOFW Journal*. 2013. Vol. 139, № 8. P. 9–14.
4. Vanić Z., Hlaeter A. M., Skalko-Basnet N. Phospholipid-based nanosystems for skin administration. *Current Pharmaceutical Design*. 2015. Vol. 21, № 29. P. 4174–4192.
5. Северин Е. С., Алейникова Т. Л., Осипов Е. В., Силаева С. А. Биологическая химия. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. 364 с.
6. Godfrey G. Respiration of skin and brain in relation to phosphorylcholine and phosphorylethanolamine metabolism in the quinea pig *Cavia porcellus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1975. Vol. 52, № 2. P. 201–204.
7. Botchkarev V. A., Paus R. Molecular biology of hair morphogenesis: development and cycling. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*. 2003. Vol. 298, № 1. P. 164–180.
8. Wertz P. W. Integral lipids of hair and stratum corneum. In: H. Zahn, P. Jolles P. Hair: biology and structure. Basel: Birkhauser, 1996. P. 227–237.
9. Ткачук В. М., Стапай П. В., Строгуш Н. С. Ліпіди кератинізованих тканин. *Біологія тварин*. Львів, 2008. Т. 10, № 1–2. С. 76–83.
10. Gilbert D. Glycolysis and respiration in cattle skin. *Journal of Investigative Dermatology*. 1962. Vol. 38, № 1. P. 93–97.

11. Янович В. Г., Сологуб Л. І. Біологічні основи трансформації поживних речовин у жуйних тварин. Львів: Тріада, 2000. 384 с.
12. Параняк Н. М., Макар І. А. Вміст ліпідів в крові та шкірі овець в процесі росту вовни. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. 1993. Вип. 15, № 1. С. 32–34.
13. Макар И. А., Гуменюк В. В., Стапай П. В., Король В. И. Особенности обмена веществ в организме овец породы прекос (закарпатський тип) и их помесей от скрещивания с другими породами. *Физиолого-биохимические основы повышения продуктивности с/г животных. Сборник научных трудов*. 1986. С. 84–87.
14. Iredahl F., Högstedt A., Henricson J. et al. Skin glucose metabolism and microvascular blood flow during local insulin delivery and after an oral glucose load. *Microcirculation*. 2016. Vol. 23, № 7. P. 597–605.
15. Inubushi T., Takasawa T., Tuboi Y. et al. Changes of glucose metabolism and skin-collagen neogenesis in vitamin B6 deficiency. *Biofactors*. 2005. Vol. 23, № 2. P. 59–67.
16. Кисилев Г. В. Энергетический аспект метаболизма и свойств полифосфоинозитов. *Успехи современной биологии*. 1987. Вип. 103, № 2. С. 163–172.
17. Губський Ю. І. Біологічна хімія: підручник. Вінниця: Нова книга, 2007. 656 с.
18. Гуменюк В. В. Окислительно-восстановительные процессы в коже овец в связи с ростом шерсти: автореф.дисс.... канд. биол. Наук / В. В. Гуменюк. Львов, 1981. 16 с.
19. Goatemiller C. C. Influence of hair growth cycle on the glyceride content of whole mouse skin. *Anatomy Research*. 1963. Vol. 145, № 1. P. 39–42.
20. Yang C. C., Sheu H. M., Chung P. L. et al. Leptin of dermal adipose tissue is differentially expressed during the hair cycle and contributes to adipocyte-

mediated growth inhibition of anagen-phase vibrissa hair. *Experimental Dermatology*. 2015. Vol. 24 (1). P. 57–60.

21. Herndon J. H., McGuire J. S. Oxidation of fatty acids in guinea pig epidermis. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1967. Vol. 119 (1). P. 583–585.

22. Rizzo W. B. Fatty aldehyde and fatty alcohol metabolism: review and importance for epidermal structure and function. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2014. Vol. 1841 (3). P. 377–389.

23. Vernon R. G., Flint D. L. Lipid metabolism in farm animals. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1988. Vol. 47, № 3. P. 287–293.

24. Nafikov R. A., Beitz D. C. Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. *The Journal of Nutrition*. 2007. Vol. 137, № 3. P. 702–705.

25. Hay W. J., Lin Chin-Chu M. H. Effect of high levels of insulin on pregnant and nonpregnant sheep. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1988. Vol. 189, № 3. P. 275–284.

26. Клос Ю. С. Динамика содержания общего белка и его фракций в сыворотке крови холостых, суягных и лактирующих овцематок. *Сельскохозяйственная биология*. М.: ВО Агропромиздат, 1990. № 4. С. 48–51.

27. Макар І. А., Стапай П. В., Параняк Н. М. та ін. Вплив фізіологічного стану організму вівцематок на показники білкового обміну в крові та ріст вовни. *Науково-технічний бюлетень Інституту землеробства і біології тварин*. Львів, 1999. Вип. 1, № 2. С. 102–105.

28. Yardley H. J. Sterols and keratinization. *British Journal of Dermatology*. 1969. Vol. 23, № 1. P. 65–79.

29. Стапай П. В., Гавриляк В. В., Остап'юк О. Р. Гормональна регуляція процесів вовно утворення. *Журнал агробіології та екології*. 2007. Т. 3, № 1–2. С. 32–43.

30. Otto-Buczowska E., Jarosz-Chobot P. Lipid metabolism. I. Role of insulin in lipid metabolism. *Polski merkuriusz lekarski*. 2001. Vol. 10. P. 180–184.

31. Schiller C. M., Taylor W. M., Halperin M. L. Control of fatty acid synthesis in white adipose tissue by insulin: coordination between the mitochondrial

citrate transporter and pyruvate dehydrogenase. *Canadian Journal of Biochemistry*. 1974. Vol. 52, № 10. P. 813–821.

32. Всеволодов Э. Б. Волосяные фолликулы. Алма-Ата: Наука, 1979. 190 с.

33. Brian W., McBride R. J., Richard J. E. Energy expenditure associated with sodium/potassium transport and protein synthesis in skeletal muscle and isolated hepatocytes from hyperthyroid sheep. *British Journal of Nutrition*. 1989. Vol. 62, № 3. P. 673–682.

34. Стапай П. В., Макап І. А., Сачко Р. Г. та ін. Зв'язок гормонів щитовидної залози в крові овець з ростом вовни. *Біологія тварин*. Львів, 2000. Т. 2, № 1. С. 75–80.

35. Сидорова К. А., Петрова Н. А., Качалкова Т. В., Пашаян С. А. Эндокринная система животных. *Успехи современного естествознания*. 2011. № 10. С. 56–57.

36. Трухачев В. И., Мороз В. А. Шерстование. Ставрополь: АГРУС, 2012. 496 с.

37. Plowman J. E., Deb-Choudhury S., Clerens S. et al. Protein expression in orthocortical and paracortical cells of Merino wool fibres. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 57. P. 2174–2180.

38. Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демідов І. М. Технологія парфумерно-косметичних продуктів. К.: Центр учбової літератури, 2007. 376 с.

39. Гавриляк В. В. Електронно-мікроскопічні дослідження ультраструктури людського волоса в нормі та при патології. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. Львів, 2011. Вип. 56. С. 208–213.

40. Boulos R. A., Eroglu E., Chen X. et al. Unravelling the structure and function of human hair. *Green Chemistry*. 2013. Issue 5. P. 1268–1273.

41. Гавриляк В. В., Седіло Г. М., Стапай П. В. Дослідження молекулярних механізмів патологічного стоншення вовни в овець: методичні рекомендації. Львів-Оброшино, 2013. 27 с.

42. Caldwell J. P., Mastronade D. N., Woods J. L., Bryson W. G. The three-dimensional arrangement of intermediate filaments in Romney wool cortical cells. *Journal of Structural Biology*. 2005. Vol. 151 (3). P. 298–305.
43. Deedrick D. W. Microscopy of hair part 1: a practical guide and skin using atomic force microscopy. *Forensic Science Communications, Research and Technology*. 2004. Vol. 1. P. 1–7.
44. Макар И. А. Пути улучшения качества шерсти. К.: Из-во УСХА, 1992. 118 с.
45. Plozzer C., Coletti C., Kokelj F., Trevisan G. Scanning electron microscopy study of hair shaft disorders in psoriasis. *Acta Derm. Venereol.* 2000. Suppl. 211. P. 9–11.
46. Hynd P. I., Edwards N. M., Hebart M. Wool fibre crimp is determined by mitotic asymmetry and position of final keratinisation and not ortho- and para-cortical cell segmentation. *Animal*. 2009. Vol. 3 (6). P. 838–843.
47. Wertz P. W., Downing T. D. Integral lipids of human hair. *Lipids*. 1988. Vol. 23, № 9. P. 878–881.
48. Fonollosa J., Marti M., Maza A. et al. Thermodynamic and structural aspects of internal wool lipids. *Langmuir*. 2000. Vol. 16 (11). P. 4808–4812.
49. Marti M., Parra J. L., Coderch L. Lipid role in wool dyeing. In: *Natural Dyes*, Ed. E. A. Kumbasar. 2011. P. 79–100.
50. Baba T., Nagasawa N., Ito H. et al. Changes in the covalently bound surface lipid layer of damaged wool fibers and their effects on surface properties. *Textile Research Journal*. 2001. Vol. 71, № 4. P. 308–312.
51. Ramirez R., Marti M., Garay I. et al. Ceramides extracted from wool: supercritical extraction processes. *Textile Research Journal*. 2009. Vol. 79, № 8. P. 721–727.
52. Остап'юк О. Р., Стапай П. В. Морфологічний склад крові овець у зв'язку з річною динамікою росту вовни. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького*. Львів, 2004. Т. 6, № 3, Ч. 3. С. 171–175.

53. Trüeb R. M., Tobin D. J. Aging hair. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. 270 p.
54. Wiesche E. S., Körner A., Schäfer K., Wortmann F. J. Prevention of hair surface aging. *Journal of Cosmetic Science*. 2011. Vol. 62 (2). P. 237–249.
55. Стапай П. В. Ліпіди шкіри, їх роль в процесах вовноутворення та збереженні природних властивостей вовни: дис.... докт. с.-г. наук / П. В. Стапай. Львів, 1997. 308 с.
56. Дубінін О. М., Стапай П. В. Якість жиропоту овець та його захисті властивості при різних строках стрижки. *Науково-технічний бюлетень Українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. Львів, 1990. Вип. 12, № 1. С. 58–62.
57. Штомпель М. В., Салганська В. О., Антонік І. І. Вміст жиру і поту у вовні таврійських мериносових овець різних статевих і вікових груп. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2001. Вип. 34. С. 115–119.
58. Стапай П. В. Изменение липидного состава воска в процессе пожелтения шерсти. *Научно-технический бюллетень Украинского научно-исследовательского института физиологии и биохимии с.-х. животных*. Львов, 1983. Вип. 5, № 1. С. 32–34.
59. Васильева Л. Г., Мирошниченко С. И., Пантелеева Л. М. Изменение фракционного состава жиропота шерсти австралийских мериносовых баранов. *Овцы, козы, шерстное дело*. 2009. № 3. С. 34–28.
60. Стапай П. В., Коцюба Д. М., Король В. І. Вплив схрещування овець на якість жиропоту. *Науково-технічний бюлетень українського науково-дослідного інституту фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин*. Львів, 1991. Вип. 13, № 1. С.49–52.
61. Пехташева Е. Л., Неверов А. Н., Заиков Г. Е. Биостойкость натуральных и синтетических текстильных волокон. *Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Все материалы»*. Москва, 2011. № 11. С. 21–30.

62. Чешкова А. В. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха. Учебное пособие для вузов. Иваново: ГОУВПО ИГХТУ, 2007. 282 с.
63. Jatkar P. R., Ghosal A. K., Purothi S. K. Role of bacteria in cusation of canary colouration of wool. *Canary colour, Indian wool*. 1980. P. 15–19.
64. Lee W. S. Photoaggravation of hair aging. *International Journal Trichology*. 2009. Vol. 1 (2). P. 94–99.
65. Стапай П. В., Макара И. А., Мищук Л. С. Влияние повышенного влажно-температурного режима на пожелтение шерсти, её структуру, химический состав и физические свойства. *Научно-технический бюллетень Украинского научно-исследовательского института физиологии и биохимии с.-х. животных*. Львов, 1983. Вып. 5, № 2. С. 39–41.
66. Asquith R. S., Hirst L., Rivett D. E. Effects of ultraviolet radiation as related to the yellowing of wool. *Applied Polymer Science*. 1971. Vol. 8, № 1. P. 333–345.
67. Kirschenbaum L. J., Qu X., Borish E. T. Oxygen radicals from photoirradiated human hair: an ESR and fluorescence study. *Journal of Cosmetic Science*. May/June 2000. № 51. P. 169–182.
68. Millington K. R. Comparison of the effects of gamma and ultraviolet radiation on wool keratin. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*. 2000. Vol. 116 (9). P. 266–272.
69. Treigiene R., Musnickas J. R. Influence of UV exposure on properties of wool fiber pretreated with surfactants solutions. *Materials science (Medžiagotyra)*. 2008. Vol. 14, № 1. P. 75–78.
70. Bhatti I. A., Adeel S., Abbas M. Effect of radiation on textile dyeing. In: *Textile Dyeing*, Ed. P. Hauser. 2011. P. 1–16.
71. Ghosal A. K., Jatkar P. R., Dwaraknath P. K. A note on copper supplementation on canary colouration of wool. *Indian Journal of Animal Sciences*. 1976. Vol. 46. P. 670.

72. Губский Ю. И., Кузьменко А. И., Волошенюк Т. Г. Комплексы $\text{Cu}^{(2+)}$ как ингибиторы свободно-радикального окисления липидов. *Украинский биохимический журнал*. К.: Наукова думка. 1993. № 1, Т. 65. С. 83–88.
73. Brigelius R., Spottl R., Bors W. Super oxidate dismutase activity of low molecular weight Cu^{++} -chelates studied by pulse radiolysis. *FEBS Letters*. 1974. 47, № 1. P. 72–75.
74. Myllyla R., Schubotz I. M., Weser V. et al. Involvement of superoxide in the prolyl and lysyl hydroxylase reactions. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 1979. Vol. 89, Issue 1. P. 98–102.
75. Стапай П. В. Ліпіди шкіри, їх роль в процесах вовноутворення та збереженні природних властивостей вовни: дис.... докт. с.-г. наук / П. В. Стапай. Львів, 1997. 308 с.
76. Гойсальюк С. В., Янович В. Г. Жирные кислоты эфиров холестерина в тканях свиней в онтогенезе. *Украинский биохимический журнал*. 1980. Вып. 52, № 1. С. 10–15.
77. Rippon J. A. Wool. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. New York: Interscience, 2003. 1112 p.
78. Мороз В. А. Мериносы Австралии: монография / под ред. Л. Н. Точилина. М.: Колос, 1992. 368 с.
79. Wertz P. W., Downing T. D. Integral lipids of mammalian hair. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1989. Vol. 92B, № 4. P. 759–761.
80. Cheong D. W., Lim F. C., Zhang L. Insights into the structure of covalently bound fatty acid monolayers on a simplified model of the hair epicuticle from molecular dynamics simulations. *Langmuir*. 2012. Vol. 28 (36). P. 13008–13017.
81. Kim E. S., Son S. K., Lee C. K. Recovery of covalently linked fatty acid monolayer on the hair surface using biomimetic lipid. *Journal of the society of cosmetic scientists of Korea*. 2012. Vol. 38, № 2. P. 139–145.

82. Natarajan U., Robbins C. The thickness of 18-MEA on an ultra-high-sulfur protein surface by molecular modeling. *Journal of Cosmetic Science*. 2010. Vol. 61 (6). P. 467–477.
83. McMullen R. L., Kelty S. P. Molecular dynamic simulations of eicosanoic acid and 18-methyleicosanoic acid Langmuir monolayers. *Journal of physical chemistry B*. 2007. Vol. 111 (37). P. 10849–10852.
84. Smith J. R., Swift J. A. Maple syrup urine disease hair reveals the importance of 18-methyleicosanoic acid in cuticular delamination. *Micron*. 2005. Vol. 36 (3). P. 261–266.
85. Айдинян Т. Гигиена кормов — условие ефективного и безопасного животноводства. I Міжнародна науково-практична конференція «Україна-комбікорми 2003». Київ, 2003. С. 64–66.
86. Левицький Т. Р. Проблеми контролю якості кормових добавок та преміксів при їх виробництві та застосуванні. I Міжнародна науково-практична конференція «Україна-комбікорми 2003». Київ, 2003. С. 31–35.
87. Мерзлов С. В. Вміст йоду в алюмосилікатйодних кормових добавках за різних умов зберігання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. Львів, 2013. Т. 15, № 1 (55), Ч. 2. С. 161–164.
88. Дурст Л., Віттман М. Годівля сільськогосподарських тварин / пер. з німецької, під ред. І. І. Ібатулліна, Г. Штрюбеля. К.: Фенікс, 2006. 384 с.
89. Ібатуллін І. І., Мельничук Д. О., Богданов Г. О. та ін. Годівля сільськогосподарських тварин / за ред.: І. І. Ібатулліна. Вінниця: Нова книга, 2007. 616 с.
90. Практикум із годівлі сільськогосподарських тварин / під ред. І. І. Ібатулліна. К.: Аграрна освіта, 2009. 328 с.
91. Кормление животных / под. ред. И. Ф. Драганова, Н. Г. Макарецца, В. В. Калашникова. М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. Т 2. 565 с.
92. Гіржева О. Л., Стапай П. В. Вплив згодовування ріпакової макухи, збагаченої макро- і мікроелементами на продуктивні якості овець в умовах

півдня України. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини імені С.З. Гжицького*. Львів, 2002. Т. 4, № 2, Ч. 2. С. 13–16.

93. Мартищук М. В., Макар І. А., Стапай П. В. та ін. Вплив згодовування гірськокарпатським вівцematкам ріпакової макухи на показники їх продуктивності та продуктивні якості їх нащадків. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького*. Львів, 2003. Т. 5, № 2, Вип. 4. С. 72–77.

94. Седіло Г. М. Роль мінеральних речовин у процесах вовноутворення. Львів: Афіша, 2002. 184 с.

95. Рахмонов Ш. А. Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у овец. Роль зооветобраз. в профилактике болезней и лечении животных: тезисы докладов международной конференции посвящённой 80-летию Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологий. Москва, 1999. С. 134–135.

96. McMillan J. R., Shimizu H. Desmosomes: structure and function in normal and diseased epidermis. *The Journal of dermatology*. 2001. Vol. 28 (6). P. 291–298.

97. Молчанова О. В. Влияние кальция на морфогенез волосяных фолликулов. Тезисы научных работ XXIX итоговой конференции общества молодых ученых МГМСУ. Москва, 2007. С. 266–267.

98. Русин В. І., Колтун Є. М. Поживність і мінеральний склад раціону дійних корів ПАФ «Маяк» Кам'янка-Бузького району Львівської області. *Сільський господар*. Львів, 2009. № 3–4. С. 25–26.

99. Кравців Р. Й., Микитин С. І. Мікроелементний склад кормів, ґрунту та води у СФГ «Клен» Жовківського району Львівської області. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. Львів, 2009. Т. 11, № 2 (41), Ч. 4. С. 89–94.

100. Грабовенский И. И., Калачнюк Г. И. Цеолиты и бентониты в животноводстве. Ужгород: Карпаты, 1984. 72 с.

101. Грубов Ц. К., Шилкін О. П., Янчик Е. А., Янчик В. М. Ефективність використання закарпатських перлітів в раціонах годівлі свиней на дорощуванні та відгодівлі. *Проблеми агропромислового комплексу Карпат*. В. Бакта, 2006–2007. Вип. 15–16. С. 234–237.
102. Акугинова З. Д., Куюкинова Г. Э. Роль кремния в формировании неспецифической реактивности, иммунитета и резистентности к туберкулёзной инфекции. *Микроэлементы в медицине*. 2003. № 4 (1). С. 1–6.
103. Гіржева О. Л., Стапай П. В. Перетравність поживних речовин і баланс азоту при згодовуванні лактуючим вівцематкам ріпакової макухи і різних рівнів макро- і мікроелементів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2003. Вип. 4, № 24. С. 169–174.
104. Костецька Ю. В., Кулик М. Ф., Обертюх Ю. В. Комплекси кремнію з мікроелементами — новий напрямок балансування мінерального живлення тварин. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2010. Вип. 66. С. 328–337.
105. Параняк Н. М., Макар І. А., Седіло Г. М. Вплив цеоліту та сульфату амонію на вміст та якість жиропоту вовни овець. *Науково-технічний бюлетень Інституту фізіології і біохімії тварин*. Львів, 1997. № 19 (1). С. 84–86.
106. Рева Л. П., Пушанко Н. М., Замура С. А. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку обробленням його фільтроперлітом. *Цукор України*. 2007. № 5–6. С. 18–21.
107. Кравец Я. О. Новый эффективный способ умягчения соков и сиропов сахарного производства. *Цукор України*. 2007. № 3. С. 19–20.
108. Цирульнікова В. В., Войтович О. Б., Олянська С. П., Купчик М. П. Доцільність використання фільтроперліту для покращення якісних показників очищеного соку. *Харчова промисловість*. 2010. № 8. С. 38–41.
109. Порошок перлитовый фильтровальный. Технические условия: ДСТУ 3665-97 (ГОСТ 30566-98). Дата введения 1999.07.01. ИПК Издательство стандартов, 2001. 16 с.

110. Проскуряков М. М. Синтез белка в рубце овец при разных уровнях тиамина и ниацина в рационе: дис....канд. биол. наук / М. М. Проскуряков. Краснодар, 1998. 97 с.
111. Требухов А. В. Субклинический кетоз коров (диагностика, лечение, профилактика): автореф. дис.... канд. вет. наук / А. В. Требухов. Барнаул, 2005. 18 с.
112. Драганов И. Ф., Двалишвили В. Г., Калашников В. В. Кормление овец и коз. М.: ГЭОТАР-медиа, 2011. 208 с.
113. Максимюк Н. Н., Скопичев В. Г. Физиология кормления животных. М.: Лань, 2004. 254 с.
114. Свеженцов А. И., Коробко В. Н. Нетрадиционные кормовые добавки для животных и птицы: монография. Д.: АРТ-ПРЕСС, 2004. 296 с.
115. Абузьяров Р. Использование природных минералов в овцеводстве. *Кормление с.-х. животных и кормопроизводство*. 2006. № 12. С. 56–57.
116. Стапай П. В., Макар І. А., Гавриляк В. В. та ін. Фізіолого-біохімічні основи живлення овець. Львів: Лео-Бланк, 2007. 98 с.
117. McNabb W. C., Waghorn G. C., Barry T. N., Shelton I. D. The effect of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on the digestion and metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphur in sheep. *British Journal of Nutrition*. 1993. Vol. 70 (2). P. 647–661.
118. Чевпило И. А. Влияние серосодержащих аминокислот на кетогенез и синтез липидов в организме: автореф. дис.... канд. биол. наук / И. А. Чевпило. Киев, 1969. 13 с.
119. Алов И. А. Очерки физиологии митотического деления клеток. М.: Медицина, 1964. 144 с.
120. Brooks S. C., Langs L. K., Godefroi V. C. Metabolic studies on skin. 3. Lipid metabolism in mouse skin during the hair growth cycle. *Journal of Investigative Dermatology*. 1968. Vol. 50, № 2. P. 161–170.
121. Nguyen D. T., Keast D. Energy metabolism and the skin. *International Journal of Biochemistry*. 1991. Vol. 23, Issue 11. P. 1175–1183.

122. Feingold K. R. The outer frontier: the importance of lipid metabolism in the skin. *Journal of Lipid Research*. 2009. April 50 (Supplement). P. S417–S422.
123. Nezamidoust M., Alikhani M. Responses to betaine and inorganic sulphur of sheep in growth performance and fibre growth [Електронний ресурс]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2014. Режим доступу: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jpn.12166/abstract>.
124. Левицький Т. Р. Біотехнологія отримання та використання йод білкового препарату в годівлі сільськогосподарських тварин: автореф. дис.... канд. с.-г. наук / Т. Р. Левицький. Біла Церква, 2002. 20 с.
125. Горальський Л. П., Романюк В. Л., Камінська Л. П. Морфофункціональні зміни щитоподібної залози у телят з природженим зобом у зоні хімічного виробництва. *Вісник Житомирського державного агроекологічного університету*. 2005. № 1. С. 153–162.
126. Романюк В. Л. Способ биологического определения йодной недостаточности биогеоценозов. *Ветеринария*. 2004. № 7. С. 45–48.
127. Стапай П. В., Параняк Н. Н., Ткачук В. М. Фізико-хімічні властивості вовни та жиропоту вівцематок за умов використання у раціонах різних рівнів йоду. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2013. Вип. 4 (76), Т. 2, Ч. 2. С. 150–154.
128. Стапай П. В., Ткачук В. М., Чокан Т. В. Гірськокарпатське вівчарство. Львів: Добра справа, 2014. 158 с.
129. Стапай П. В., Макар І. А., Грабовська О. С. та ін. Використання ріпакових кормів (макуха, шрот) у годівлі овець. Методичні рекомендації. Львів, 2003. 16 с.
130. Beech S., Walker S. W., Arthur J. B. et al. The effect of selenium deficiency on iodothyronine deiodinase in cultured human thyrocytes and rat thyroid homogenates. *Journal of Endocrinology*. 1992. Suppl. 132. P. 53.
131. Makar I., Stapa P., Havrilyak V., Paranyak N. Thyroid blood profile in sheep of different genotypes and wool growth. I-st Polish-Ukrainian scientific conference «Animal sciences in the XXI century». Krakow, 2001. P. 125-129.