



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет тваринництва та водних біоресурсів**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувачка кафедри  
гідробіології та іхтіології**

**д. б. н., проф.**

\_\_\_\_\_ **Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА**

«\_\_» \_\_\_\_\_ **2025 р.**

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання випускної бакалаврської роботи студентці**

**Дьошиній Єлизаветі Костянтинівні**

Спеціальність 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»

Освітня програма «Водні біоресурси та аквакультура»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Перспективи використання личинок чорної львинки як сталого джерела білка для виробництва кларієвого сома»

затверджена наказом ректора НУБіП України №2627 «С» від 31.10.2025

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2026.05.10

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: Дослідження базувалося на використанні наукових джерел та статистичних даних.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Проаналізувати сучасний стан використання білкових компонентів у годівлі риб та проблеми заміни рибного борошна в аквакультурі.
2. Охарактеризувати біологічні та технологічні особливості личинок *Hermetia illucens* як альтернативного джерела кормового білка.
3. Проаналізувати технології культивування та переробки личинок чорної львинки для потреб кормовиробництва.
4. Оцінити ефективність використання продуктів переробки *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*).

Дата видачі завдання

15.11.2025 р. \_\_\_\_\_

Керівник бакалаврської  
кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ Рудик-Леуська Н.Я.

Завдання прийняла до виконання

\_\_\_\_\_ Дьошина Є.К.

## РЕФЕРАТ

Дьошина Є. К. «Перспективи використання личинок чорної львинки як сталого джерела білка для виробництва кларієвого сома». Бакалаврська кваліфікаційна робота викладена на 53 сторінках друкованого тексту, містить 7 таблиць, 6 рисунків та 58 літературних джерел.

Мета роботи – проаналізувати перспективи використання личинок *Hermetia illucens* як сталого джерела білка у годівлі кларієвого сома.

Об'єкт дослідження – використання личинок *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома.

Предмет дослідження – ефективність застосування продуктів переробки *Hermetia illucens* як альтернативного джерела білка у комбікормах для *Clarias gariepinus*.

Методи дослідження – аналіз і узагальнення наукової літератури, порівняльний аналіз та систематизація літературних даних.

У роботі проаналізовано сучасний стан використання білкових компонентів у годівлі риб та проблеми застосування рибного борошна в аквакультурі. Розглянуто біологічні та технологічні особливості *Hermetia illucens* як перспективного джерела кормового білка. Проведено аналіз технологій культивування чорної львинки, способів переробки личинок та напрямів використання продукції у кормовиробництві.

Показано, що використання *Hermetia illucens* у аквакультурі має важливе екологічне та економічне значення, оскільки дозволяє зменшити залежність від традиційного рибного борошна, підвищити ресурсоефективність виробництва та сприяє утилізації органічних відходів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АКВАКУЛЬТУРА, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА БІЛКА, РИБНЕ БОРОШНО, ІНСЕКТНИЙ БЛОК, *CLARIAS GARIEPINUS*, *HERMETIA ILLUCENS*.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВИХ КОМПОНЕНТІВ У ГОДІВЛІ <i>CLARIAS GARIEPINUS</i> ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАМІНИ В АКВАКУЛЬТУРІ.....	7
1.1 Проблема повноцінного білка в аквакультурі.....	7
1.2 Місце <i>Clarias gariepinus</i> в світовій аквакультурі та його потреба в поживних речовинах.....	14
1.3 Висновки за оглядом літератури.....	20
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ.....	25
3.1 Характеристика <i>Hermetia illucens</i> як кормового компоненту.....	25
3.2 Аналіз технології культивування <i>Hermetia illucens</i> .....	29
3.3 Ефективність заміни комбікорму личинками <i>Hermetia illucens</i> у годівлі кларієвого сома.....	32
3.4 Екологічне та економічне обґрунтування використання <i>Hermetia illucens</i> у годівлі <i>Clarias gariepinus</i> .....	36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	40
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

## ВСТУП

Аквакультура є одним із найдинамічніших секторів світового виробництва харчової продукції. Зростання обсягів вирощування риби супроводжується підвищенням потреб у високоякісних комбікормах, основним компонентом яких є повноцінний білок. Традиційно головним джерелом білка у кормах для риб залишається рибне борошно, яке характеризується високою поживною цінністю та доброю перетравністю. Проте обмеженість природних запасів кормової риби, нестабільність світового ринку та підвищення вартості рибного борошна зумовлюють необхідність пошуку альтернативних джерел білка для аквакультури.

Одним із найбільш перспективних напрямів є використання кормових комах, зокрема личинок чорної львинки – *Hermetia illucens*. Даний вид характеризується високим вмістом протеїну та ліпідів, здатністю ефективно переробляти органічні відходи та відносно низьким негативним впливом на навколишнє середовище. Завдяки цьому продукти переробки *Hermetia illucens* розглядаються як перспективна альтернатива традиційним білковим компонентам у кормах для риб.

Особливий інтерес використання білка комах становить для вирощування кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), який характеризується високими темпами росту, значною потребою у білкових компонентах корму та здатністю ефективно використовувати широкий спектр кормових інгредієнтів. Крім того, даний вид добре адаптований до вирощування в умовах рециркуляційних аквакультурних систем, що робить його перспективним об'єктом сучасної інтенсивної аквакультури.

У зв'язку з цим дослідження перспектив використання личинок *Hermetia illucens* як альтернативного джерела білка у годівлі кларієвого сома є актуальним та має важливе практичне значення для розвитку екологічно сталої аквакультури.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі **завдання**:

1. Проаналізувати сучасний стан використання білкових компонентів у годівлі риб.
2. Охарактеризувати *Hermetia illucens* як перспективний кормовий компонент.
3. Проаналізувати технології культивування личинок чорної львинки.
4. Оцінити ефективність використання продуктів переробки *Hermetia illucens* у годівлі *Clarias gariepinus*.

**Практичне значення роботи** полягає у систематизації сучасних даних щодо використання *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома та визначенні перспектив застосування інсектного білка в аквакультурі.

# РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВИХ КОМПОНЕНТІВ У ГОДІВЛІ *CLARIAS GARIEPINUS* ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАМІНИ В АКВАКУЛЬТУРІ

## 1.1. Проблема повноцінного білка в аквакультурі

Однією з основних умов ефективного функціонування сучасної аквакультури є забезпечення риб повноцінними та збалансованими кормами. В умовах інтенсивного вирощування риби саме якість корму значною мірою визначає швидкість росту, рівень виживаності, фізіологічний стан організму та економічну ефективність виробництва. Серед усіх поживних компонентів корму особливе значення має білок, який виконує не лише пластичну, але й енергетичну функцію в організмі риб.

Білки є основним структурним компонентом клітин і тканин, беруть участь у синтезі ферментів, гормонів та інших біологічно активних речовин, а також забезпечують ріст і розвиток організму. На відміну від теплокровних тварин, багато видів риб характеризуються обмеженою здатністю ефективно використовувати вуглеводи як джерело енергії, особливо це стосується хижих та всеїдних видів з інтенсивним типом обміну речовин. З цим значна частина енергетичних потреб риб покривається саме за рахунок білків та ліпідів.

Потреба риб у білку залежить від багатьох факторів, серед яких основне значення мають вид риби, вік, фізіологічний стан, температура водного середовища та інтенсивність вирощування. Для більшості об'єктів аквакультури характерна підвищена потреба у високоякісному протеїні, що особливо актуально в умовах інтенсивного виробництва, де риба утримується при високих щільностях посадки та характеризується швидкими темпами росту. Потреба багатьох видів риб у сирому протеїні може становити 35–50 % від складу корму, тоді як для молоді та личинок цей показник часто є ще вищим [46].

Особливу увагу у годівлі риб приділяють не лише загальному вмісту білка, але й його біологічній повноцінності. Для нормального росту та розвитку риби

повинні отримувати повний комплекс незамінних амінокислот у необхідних співвідношеннях. До незамінних амінокислот належать лізин, метіонін, треонін, триптофан, аргінін, валін, ізолейцин, лейцин, гістидин та фенілаланін, які не можуть синтезуватися в організмі риб у достатній кількості та повинні надходити з кормом. Дефіцит хоча б однієї незамінної амінокислоти може суттєво обмежувати засвоєння інших компонентів корму, знижувати швидкість росту та погіршувати конверсію корму [15]. Саме тому у сучасній аквакультурі велике значення приділяється амінокислотному складу кормових компонентів та їх засвоюваності.

Для риб, особливо хижих видів, характерна висока чутливість до дисбалансу амінокислотного складу кормів. Недостатній вміст окремих незамінних амінокислот призводить до погіршення росту, зниження ефективності використання поживних речовин, підвищення кормових витрат та погіршення фізіологічного стану риб. Водночас надлишок білка також є небажаним, оскільки невикористані амінокислоти піддаються дезамінуванню, а продукти азотистого обміну виділяються у водне середовище, погіршуючи його якість та збільшуючи навантаження на системи водоочищення [13].

Окрім амінокислотного складу, важливим показником якості білка є його перетравність. Навіть за високого вмісту протеїну корм може бути малоефективним у випадку низької засвоюваності поживних речовин. На перетравність білка впливають походження сировини, технологія виробництва корму, наявність антипоживних факторів та особливості травної системи риб. Особливо це стосується рослинних компонентів, які можуть містити інгібітори ферментів, клітковину або інші сполуки, що обмежують засвоєння поживних речовин [15].

Протягом тривалого часу основним джерелом повноцінного білка у кормах для аквакультури залишалося рибне борошно. Воно характеризується високим вмістом білка, збалансованим амінокислотним складом, доброю перетравністю та високою біологічною цінністю. Крім того, рибне борошно містить значну кількість незамінних жирних кислот, мінеральних речовин та вітамінів, що

робить його практично еталонним компонентом кормів для риби. Рибне борошно традиційно використовується у годівлі більшості цінних об'єктів аквакультури (табл. 1.1.1). Висока засвоюваність та оптимальний амінокислотний профіль забезпечують ефективне використання поживних речовин і високі показники росту риби. Саме тому рибне борошно тривалий час залишалося основою комбікормів для інтенсивної аквакультури [53].

Таблиця 1.1.1

**Тенденції світового виробництва рибного борошна (2013–2032 рр.), млн. т., [38]**

Рік	Загальна продукція (млн. т)	З цільної риби (млн. т)	З побічних продуктів переробки (млн. т)	Частка побічних продуктів (%)
2013	5	4	1	20
2018	4,5	3,3	1,2	27
2023	3	2,1	0,9	30
2032 (прогноз)	3,5	2,3	1,2	34

Однак стрімкий розвиток світової аквакультури та постійне збільшення потреб у комбікормах призвели до суттєвого зростання попиту на рибне борошно. Паралельно з цим ресурси дикої кормової риби, яка використовується для його виробництва, дедалі більше зазнають антропогенного навантаження. У результаті виникла проблема забезпечення аквакультури достатньою кількістю повноцінного білка без надмірного виснаження природних морських ресурсів.

За останні десятиліття аквакультура перетворилася на один із найдинамічніших секторів світового виробництва харчової продукції. Якщо у 1980-х роках основна частина рибної продукції надходила за рахунок промислового вилову, то сьогодні роль аквакультури постійно зростає. За даними [38], у 2022 році світове виробництво водних організмів досягло рекордних показників, причому понад половину продукції вже забезпечувала саме аквакультура (табл. 1.1.2). Одночасно спостерігається тенденція до

стагнації або скорочення вилову багатьох промислових видів риб у природних водоймах, що пов'язано з перевиловом, кліматичними змінами та деградацією морських екосистем.

Таблиця 1.1.2

### Глобальне виробництво рибальства та аквакультури 1990–2022, [38]

	1990	2000	2010	2020	2021	2022	Зміни (%) (1990-2022)
<b>Рибальство</b>							
Внутрішні водойми	7,1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	+30,9
Морське	81,9	81,6	81,6	79,7	79,8	79,7	-2,7
Рибальство загалом	88,9	90,9	90,9	91,0	91,1	91,0	+2,4
<b>Аквакультура</b>							
Внутрішні водойми	12,6	17,9	25,6	25,6	25,0	59,1	+368,3
Морська	9,2	14,4	16,9	16,9	16,9	35,3	+284,8
Аквакультура загалом	21,8	21,8	51,2	44,8	44,8	94,4	+332,6
Рибальство та аквакультура загалом	110,7	110,7	134,3	143,1	143,1	185,4	+67,2
<b>Використання</b>							
Споживання людиною	81,6	81,6	109,3	143,1	143,1	164,6	+101,0
Нехарчове використання	29,1	38,3	51,2	60,8	63,8	70,0	+140,9

У зв'язку з цим залежність аквакультури від рибного борошна стає дедалі більш проблематичною як з екологічної, так і з економічної точки зору. Для виробництва рибного борошна переважно використовують дрібні пелагічні види риб, зокрема анчоусів, сардин, оселедцевих та ставриду, які відіграють важливу роль у морських трофічних ланцюгах (табл. 1.1.3). Надмірне використання цих

ресурсів може призводити до порушення екологічної рівноваги та зниження стійкості морських екосистем [53].

Таблиця 1.1.3

**Основні види риб, що використовуються у виробництві рибного борошна та риб'ячого жиру, [38]**

Родина	Вид	
<i>Engraulidae</i>	<i>Engraulis ringens</i>	Перуанський анчоус
	<i>Engraulis japonicus</i>	Японський анчоус
<i>Clupeidae</i>	<i>Clupea harengus</i>	Атлантичний оселедець
	<i>Brevoortia tyrannus</i>	Атлантичний менхеден
	<i>Brevoortia patronus</i>	Мексиканський менхеден
	<i>Sardinops sagax</i>	Тихоокеанська сардина
	<i>Sardina pilchardus</i>	Європейська сардина
	<i>Sprattus sprattus</i>	Європейський шпрот
<i>Osmeridae</i>	<i>Mallotus villosus</i>	Мойва
<i>Carangidae</i>	<i>Trachurus murphyi</i>	Чилійська ставрида
	<i>Trachurus trachurus</i>	Атлантична ставрида
<i>Gadidae</i>	<i>Theragra chalcogramma</i>	Минтай
	<i>Gadus morhua</i>	Атлантична тріска
	<i>Gadus macrocephalus</i>	Тихоокеанська тріска
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Пікша
	<i>Trisopterus esmarkii</i>	Норвезький путасу
	<i>Micromesistius poutassou</i>	Північний путасу
<i>Merlucciidae</i>	<i>Merluccius spp.</i>	Мерлуза Новозеландський
	<i>Macruronus novaezelandiae</i>	Макруронус
<i>Ammodytidae</i>	<i>Ammodytes marinus</i>	Морський піщаний вугор
	<i>Ammodytes tobianus</i>	Малий піщаний вугор
<i>Scombridae</i>	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Смугастий тунець
	<i>Thunnus albacares</i>	Жовтоперий тунець
	<i>Scomber japonicus</i>	Японська скумбрія
	<i>Scomber scombrus</i>	Атлантична скумбрія
<i>Trichiuridae</i>	<i>Trichiurus lepturus</i>	Великовусий волосохвіст

Крім екологічних ризиків, використання рибного борошна у виробництві кормів для аквакультури супроводжується значними економічними та логістичними ризиками. Світовий ринок рибного борошна характеризується високою нестабільністю, що пов'язано з обмеженістю сировинної бази,

залежністю від кліматичних факторів та нерівномірним географічним розподілом виробництва.

Основна частина світового виробництва рибного борошна зосереджена у відносно невеликій кількості країн, зокрема у Перу, Чилі, Данії та Норвегії (рис. 1.1.1). Така концентрація виробництва робить глобальний ринок чутливим до регіональних екологічних, економічних та політичних потрясінь. Будь-які зміни у стані запасів кормової риби, несприятливі кліматичні явища або обмеження промислу можуть суттєво впливати на обсяги виробництва та світові ціни на рибне борошно [35].

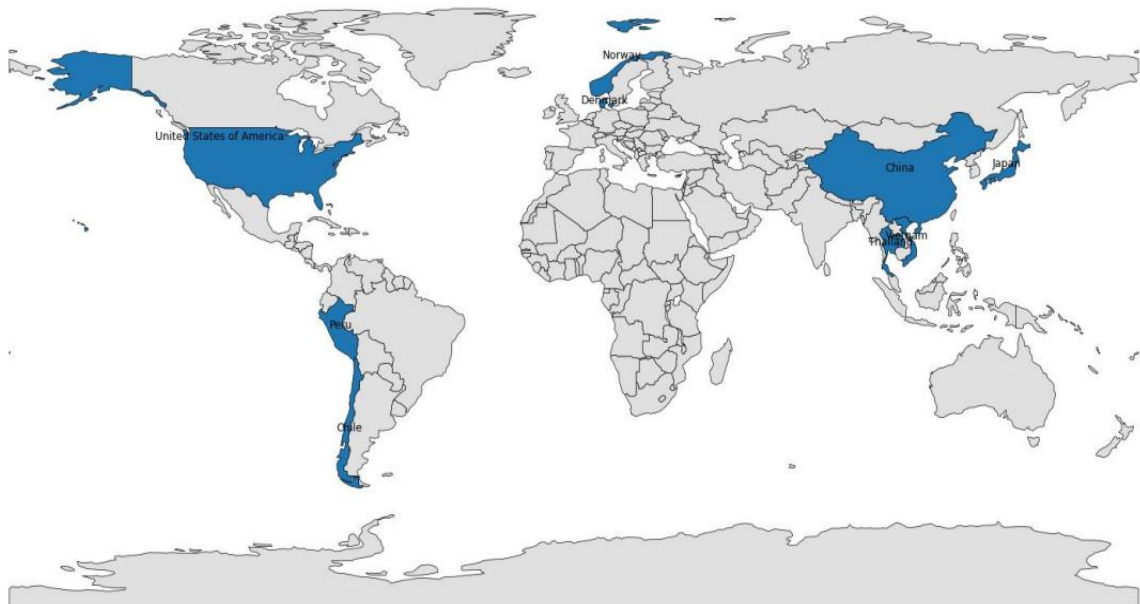


Рис. 1.1.1. Глобальне розташування основних країн виробників рибного борошна, [35]

Крім того, світовий ринок рибного борошна значною мірою залежить від міжнародної торгівлі та зовнішньоекономічної ситуації. Торговельні обмеження, зміни митної політики та геополітична нестабільність можуть суттєво впливати на доступність кормових компонентів для виробників аквакультури. Для багатьох країн, які значною мірою залежать від імпорту рибного борошна, це

створює додаткові ризики щодо стабільності кормозабезпечення та собівартості продукції [35]. Суттєвими проблемами є також нестабільність світових поставок рибного борошна, залежність від кліматичних умов та коливання ринкових цін. Особливо вразливими є регіони, де запаси кормової риби значною мірою залежать від кліматичних явищ, таких як Ель-Ніньо, що здатні спричинити різкі коливання обсягів вилову та виробництва рибного борошна [44, 53]. Усе це створює необхідність пошуку нових, більш сталих та доступних джерел повноцінного білка для потреб аквакультури.

Обмеженість природних запасів кормової риби, нестабільність виробництва та підвищення вартості рибного борошна стимулюють активний пошук альтернативних білкових компонентів, здатних забезпечити високу продуктивність риб при одночасному зниженні екологічного навантаження на морські екосистеми.

Одним із головних напрямів сучасних досліджень є часткова або повна заміна рибного борошна альтернативними джерелами білка. Серед них найбільшого поширення набули рослинні білкові компоненти, зокрема соєвий шрот, соняшниковий шрот, ріпаковий шрот та білкові концентрати рослинного походження. Використання рослинних білків дозволяє зменшити залежність від морських ресурсів та частково знизити собівартість комбікормів. Водночас рослинна сировина має низку суттєвих недоліків, серед яких дефіцит окремих незамінних амінокислот, наявність антипоживних речовин та нижча засвоюваність у порівнянні з білками тваринного походження.

Недостатній вміст лізину, метіоніну та інших незамінних амінокислот у рослинних кормах може негативно впливати на темпи росту, ефективність використання корму та фізіологічний стан риб. Крім того, значна кількість рослинної клітковини та антипоживних сполук здатна знижувати перетравність поживних речовин і погіршувати функціональний стан травної системи [15].

В цьому контексті значна увага дослідників приділяється пошуку нових джерел білка тваринного походження, здатних забезпечити високу поживну цінність кормів при менших екологічних витратах. Перспективними напрямками

вважаються використання побічних продуктів переробки тваринної сировини, мікроводоростей, одноклітинного білка, дріжджів та кормових комах. Особливий інтерес викликають саме комахи, оскільки вони характеризуються високою швидкістю росту, ефективною конверсією органічної сировини та значним вмістом протеїну й ліпідів.

Останніми роками білки комах розглядаються як один із найбільш перспективних напрямів розвитку сталої аквакультури. Перевагою комах є можливість їх вирощування на органічних відходах та побічних продуктах агропромислового виробництва, що дозволяє одночасно вирішувати питання утилізації органічних решток і отримання високоякісної білкової сировини. Порівняно з традиційним тваринництвом виробництво білка комах потребує значно менших площ, обсягів води та енергетичних ресурсів, а також супроводжується нижчим рівнем викидів парникових газів [28].

Важливою перевагою личинок чорної львинки є також їх здатність ефективно переробляти органічні відходи, включаючи побічні продукти харчової промисловості та аграрного виробництва. Завдяки цьому технологія вирощування даного виду комах поєднує отримання високоякісного кормового білка з елементами циркулярної економіки та біоконверсії органічних відходів. Це робить використання *Hermetia illucens* особливо перспективним у контексті розвитку екологічно сталих систем аквакультури.

## **1.2. Місце *Clarias gariepinus* в світовій аквакультурі та його потреба в поживних речовинах**

Кларієвий сом (рис. 1.2.1) є одним із найцінніших об'єктів сучасної аквакультури завдяки високій швидкості росту, невибагливості до умов утримання та здатності ефективно використовувати штучні комбікорми. Цей вид вже став одним з основних об'єктів інтенсивного рибництва. У багатьох країнах світу кларієвий сом розглядається як альтернатива традиційним видам риб завдяки високій продуктивності вирощування та порівняно невеликим

виробничим витратам.

У сучасній аквакультурі кларієвого сома вирощують у різних виробничих системах. Найбільш поширеними є земляні ставки, бетонні та склопластикові басейни, садкові господарства, а також рециркуляційні аквакультурні системи (RAS). Особливо перспективним є вирощування цього виду саме у RAS, оскільки кларієвий сом добре переносить інтенсивні технології, обмежені об'єми води та високі щільності посадки [36]. Це робить його одним із найважливіших об'єктів індустріальної аквакультури закритого типу.

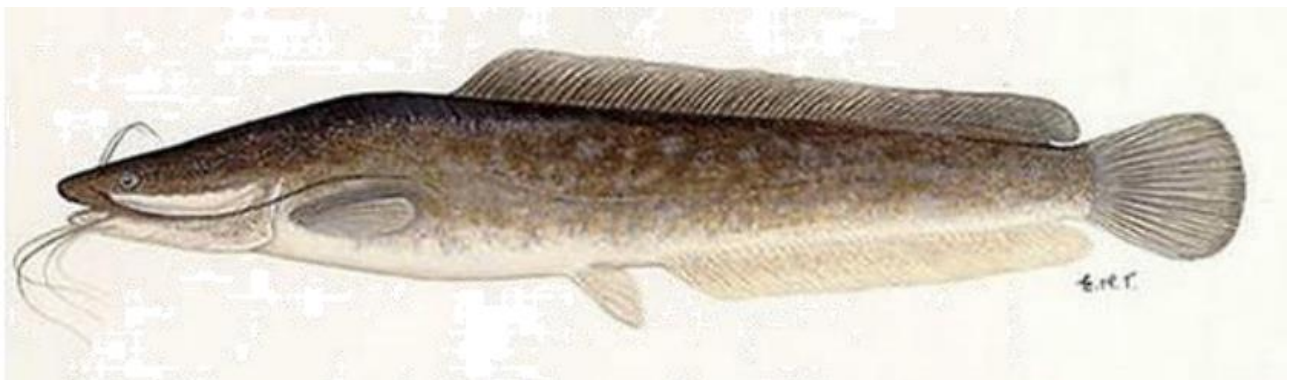


Рис. 1.2.1. Кларієвий сом – *Clarias gariepinus*, [25]

Активний розвиток технологій культивування кларієвого сома у Європі розпочався у 1970-х роках. Першими країнами, де були розроблені технології його інтенсивного вирощування, стали Нідерланди, Угорщина та Бельгія. Надалі дослідження технологій культивування проводилися також у Південно-Африканська Республіка та Нігерія. Значний розвиток виробництва став можливим завдяки впровадженню сучасних екструдованих комбікормів, що забезпечили покращення росту риби, зниження витрат корму та підвищення рентабельності виробництва.

На сьогодні найбільші обсяги виробництва кларієвого сома припадають на країни Африки. Понад 90 % світового виробництва цього виду забезпечують країни Африки на південь від Сахари. Провідним виробником є Нігерія, де кларієвий сом є одним із головних об'єктів прісноводної аквакультури. Значні обсяги вирощування також характерні для Уганди, Кенії, Камеруну, Малі,

Південно-Африканської Республіки та Єгипту [36].

У країнах Європи лідерами з виробництва кларієвого сома є Польща, Нідерланди та Угорщина, де вирощування здійснюється переважно в інтенсивних системах аквакультури із застосуванням рециркуляційних технологій [34]. Світове виробництво африканського кларієвого сома демонструє стабільну тенденцію до зростання. Якщо у середині 1990-х років його обсяги становили близько 5 тис. тонн, то вже у 2010 році вони перевищили 350 тис. тонн, а у 2016 році досягли майже 1 млн тонн. Така динаміка свідчить про високу економічну ефективність культивування цього виду та постійне зростання попиту на його продукцію на світовому ринку [36].

В Україні африканського кларієвого сома почали вирощувати на початку 2000-х років. На початкових етапах обсяги виробництва були незначними та не перевищували 20 тонн на рік [22]. Однак розвиток рециркуляційних аквакультурних систем сприяв поступовому збільшенню виробництва цього виду. На сьогодні кларієвого сома в Україні вирощують переважно у невеликих РАС-господарствах, орієнтованих на виробництво товарної риби для внутрішнього ринку. За даними Держрибагентства [19], у 2024 році в Україні було реалізовано близько 104 тонн кларієвого сома. Незважаючи на порівняно невеликі обсяги виробництва, цей вид вважається перспективним об'єктом вітчизняної аквакультури завдяки можливості інтенсивного вирощування, швидкому обороту продукції та високій рентабельності виробництва в умовах сучасних рециркуляційних систем.

Однією з головних причин активного розвитку культивування кларієвого сома є його висока біологічна пластичність. Вид характеризується швидким ростом та здатністю досягати товарної маси за короткий період вирощування. Крім того, африканський сом відзначається невибагливістю до умов утримання, легко адаптується до високих щільностей посадки та може ефективно вирощуватися в умовах обмеженого водокористування. Значною перевагою є також його здатність дихати атмосферним повітрям завдяки наявності надзябрового органа, що забезпечує виживання риби навіть за низького вмісту

розчиненого кисню у воді. Кларієвий сом також характеризується високою стійкістю до багатьох захворювань та несприятливих умов середовища. Порівняно з іншими об'єктами аквакультури, цей вид менш чутливий до коливань температури, вмісту кисню та якості води. Це дозволяє суттєво знизити ризики виробництва та витрати на утримання риби. Однією з основних переваг вирощування африканського кларієвого сома є можливість застосування надзвичайно високих щільностей посадки, що особливо важливо для рециркуляційних аквакультурних систем [22].

Кларієвий сом характеризується високою пластичністю травної системи та здатністю адаптуватися до різних типів кормів. За особливостями ферментативної активності він поєднує риси кількох трофічних груп риб. У його травному тракті виявлено високу активність протеаз, характерну для хижих видів риб, а також здатність ефективно перетравлювати крохмаль, що властиво рослиноїдним видам. Крім того, у кишечнику сома присутні лізоцим та лужна фосфатаза, характерні для детритофагів. Такі фізіологічні особливості забезпечують здатність виду використовувати широкий спектр кормових компонентів як тваринного, так і рослинного походження.

Важливою особливістю кларієвого сома є його адаптація до нерегулярного прийому корму. Травні ферменти цього виду активуються швидше, ніж у коропа, що дозволяє рибі ефективно засвоювати поживні речовини навіть за нестабільної годівлі. У природних умовах це є адаптивною перевагою, оскільки сом може тривалий час перебувати без корму, а при його появі швидко компенсувати енергетичні витрати [6].

Одним із ключових факторів інтенсивного вирощування кларієвого сома є забезпечення оптимального енергетичного рівня раціону. Основними критеріями оцінки потреби риби в енергії є швидкість росту, коефіцієнт конверсії корму та ефективність використання протеїну. Потреба кларієвого сома в енергії становить у середньому 13–17 кДж валової енергії на 1 г корму. При цьому оптимальне співвідношення протеїну до енергії знаходиться в межах 31–36 мг/кДж. Оптимальні значення співвідношення протеїну та енергії можуть

змінюватися залежно від температури води, віку риби та умов вирощування [54].

Найважливішою поживною речовиною у раціоні кларієвого сома є протеїн, оскільки саме він визначає інтенсивність формування м'язової тканини та загальні темпи росту. Близько 70 % сухої речовини м'язів риби становить білок. Потреба у протеїні залежить від багатьох факторів, серед яких найбільше значення мають вік та маса риби, температура водного середовища, якість корму і режим годівлі. Для молоді кларієвого сома необхідний підвищений рівень протеїну, тоді як у старших вікових групах його частка може бути дещо нижчою.

Оптимальний вміст сирого протеїну у комбікормах для кларієвого сома зазвичай перевищує 40 % (табл. 1.2.1). За достатнього забезпечення енергією білок використовується переважно для синтезу тканин та росту організму. Якщо ж енергетична цінність корму є недостатньою, частина білка витрачається на покриття енергетичних потреб, що призводить до погіршення темпів росту та зниження ефективності використання корму [15]. Дефіцит протеїну також може викликати ослаблення організму та підвищення чутливості риби до захворювань [13].

Білкове живлення риб визначається не лише загальною кількістю протеїну, але й його амінокислотним складом. Для кларієвого сома особливе значення мають незамінні амінокислоти, які не можуть синтезуватися організмом у достатній кількості та повинні надходити з кормом. До найважливіших незамінних амінокислот належать аргінін, валін, гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін та триптофан [46].

Однією з основних лімітуючих амінокислот у раціонах кларієвого сома є лізин. Особливо актуальною ця проблема є при використанні кормів із високою часткою рослинних компонентів, зокрема соєвого борошна та макухи. Лізин бере участь у синтезі білка, активує травні ферменти та сприяє інтенсивному росту м'язової тканини. За його нестачі знижується засвоєння протеїну та погіршується ефективність використання кормів. Встановлено, що оптимальний вміст лізину для африканського сома становить близько 1 % сухої речовини раціону [6].

Таблиця 1.2.1

**Потреба *Clarias gariepinus* у поживних речовинах, [48]**

Показник	Личинки (12–14 діб)	Молодь (0,5–10 г)	Вирощування (10–1000 г)
Сирий протеїн, %	55	50	40–43
Сирий жир, %	9	–	10–12
Вуглеводи, %	21	–	15–35
Перетравна енергія, кДж/г	–	–	14–16
Обмінна енергія, кДж/г	–	–	13
Співвідношення протеїн/енергія, мг/кДж	–	–	26–36
Лізин, % від протеїну	–	5,7	4,49
Метіонін, % від протеїну	2,5	–	3,2
Аргінін, % від протеїну	–	–	4,5
Триптофан, % від протеїну	–	1,1	2,59
Лейцин, % від протеїну	–	–	4,87
Ізолейцин, % від протеїну	–	–	1,56
Треонін, % від протеїну	–	–	2,04
Фенілаланін, % від протеїну	–	–	4,56
Гістидин, % від протеїну	–	–	1,39
Валін, % від протеїну	–	–	2,08
Кальцій, %	–	0,45	1,5
Фосфор, %	–	0,45	0,5
Вітамін Е, мг/кг	–	25–50	–
Вітамін С, мг/кг	150–500	11–60	–

Іншою важливою незамінною амінокислотою є метіонін, який виконує ключову роль у процесах синтезу білка та метаболізму. Метіонін бере участь у формуванні багатьох біологічно активних сполук, зокрема холіну, креатину та глутатіону. Його дефіцит у раціоні призводить до пригнічення росту, погіршення функціонування кишківника та зниження активності ферментних систем. За сучасними даними, потреба кларієвого сома у метіоніні становить приблизно

18,7–21,4 г на 1 кг засвоюваного протеїну [54].

Жири та вуглеводи є основними джерелами небілкової енергії у годівлі кларієвого сома. Оптимальний вміст жиру у комбікормах для цього виду знаходиться в межах 10–12 %. Підвищення частки жиру понад 20 % призводить до зниження споживання корму та надмірного накопичення жирових відкладень в організмі. Це негативно впливає на темпи росту та якість рибної продукції.

Здатність кларієвого сома до засвоєння вуглеводів є предметом дискусій. Встановлено, що цей вид може ефективно перетравлювати певну кількість крохмалю, однак його толерантність до високого рівня глюкози є відносно низькою. Порівняльні дослідження показали, що кларієвий сом засвоює вуглеводи гірше, ніж тілапія, але краще, ніж короп [6]. У сучасних комбікормах вміст вуглеводів для кларієвого сома зазвичай становить 15–35 %.

Інформація щодо точних потреб кларієвого сома у вітамінах та мінеральних елементах залишається обмеженою. Частина необхідних мікроелементів риба здатна отримувати безпосередньо з водного середовища. Тому за використання кормів із високим вмістом рибного борошна додаткове внесення мінеральних сумішей не завжди є необхідним [15].

### **1.3. Висновки за оглядом літератури**

Аналіз наукової літератури показав, що забезпечення риб повноцінним та збалансованим білковим живленням є однією з ключових умов ефективного функціонування сучасної аквакультури. В умовах інтенсивного вирощування саме якість та поживна цінність кормів визначають швидкість росту риби, ефективність використання корму, рівень виживаності та економічну рентабельність виробництва. Особливе значення при цьому має білок, який виконує пластичну, енергетичну та регуляторну функції в організмі риб.

Встановлено, що традиційним та найбільш повноцінним джерелом протеїну у кормах для риб тривалий час залишалося рибне борошно, яке характеризується високою біологічною цінністю. Однак стрімкий розвиток

світової аквакультури, зростання попиту на комбікорми та обмеженість природних запасів кормової риби спричинили необхідність пошуку альтернативних джерел білка.

У результаті значна увага сучасних досліджень спрямована на вивчення можливостей часткової або повної заміни рибного борошна альтернативними білковими компонентами. Найбільш поширеними є рослинні білки, проте їх використання часто обмежується дефіцитом окремих незамінних амінокислот, наявністю антипоживних речовин та нижчою засвоюваністю. Тому особливий інтерес викликають нові джерела білка тваринного походження, зокрема білки комах, які характеризуються високим вмістом протеїну, ефективною конверсією органічної сировини та меншим екологічним навантаженням.

Перспективним об'єктом сучасної інтенсивної аквакультури є *Clarias gariepinus*, який характеризується високою швидкістю росту, стійкістю до несприятливих факторів середовища, здатністю переносити високі щільності посадки та ефективно використовувати штучні комбікорми. Завдяки високій біологічній пластичності та невибагливості до умов утримання цей вид набув значного поширення у світовій аквакультурі, особливо в умовах рециркуляційних аквакультурних систем.

Кларієвий сом характеризується високою інтенсивністю білкового обміну та значною потребою у повноцінному протеїні, що обумовлено швидкими темпами росту й високою продуктивністю цього виду. Встановлено, що білкові компоненти на основі рибного борошна в складі кормів для даного виду можна частково замінити білками комах. Зокрема продукти переробки *Hermetia illucens*, використання яких може забезпечити підвищення екологічної та економічної ефективності сучасної аквакультури.

Водночас фізіологічні особливості травної системи свідчать про його здатність ефективно використовувати не лише білкові корми тваринного походження, а й значну частку рослинних компонентів. Порівняно висока здатність до перетравлення вуглеводів та адаптація до комбікормів із підвищеним вмістом зернової сировини відкривають можливості для

розширення використання у складі раціонів дешевших рослинних компонентів, зокрема зернових культур та продуктів їх переробки. Це має важливе економічне значення, оскільки дозволяє знижувати собівартість комбікормів без істотного погіршення продуктивних показників риби.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було використано комплекс загальнонаукових методів дослідження, що дозволили здійснити систематизацію та узагальнення сучасних наукових даних щодо перспектив використання личинок *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*).

Основою дослідження став аналіз наукових літературних джерел, присвячених використанню альтернативних джерел білка в аквакультурі, технологіям культивування чорної львинки, а також особливостям годівлі та вирощування кларієвого сома в умовах інтенсивної аквакультури та установок замкненого водопостачання.

Під час підготовки роботи були використані:

- наукові статті з міжнародних наукометричних баз даних;
- матеріали міжнародних організацій у сфері аквакультури;
- монографії та навчальні посібники;
- результати сучасних експериментальних досліджень;
- аналітичні та статистичні матеріали щодо розвитку світової аквакультури.

Особливу увагу приділяли сучасним публікаціям, опублікованим упродовж останніх 5-10 років, що пов'язано зі стрімким розвитком технологій використання інсектного білка у виробництві кормів для риб.

У роботі застосовували аналітичний метод, за допомогою якого здійснювали оцінку сучасного стану використання рибного борошна в аквакультурі та проблем, пов'язаних із дефіцитом традиційних білкових компонентів, підвищенням їх вартості та необхідністю пошуку альтернативних джерел кормового білка.

Метод порівняльного аналізу використовували для оцінки поживної цінності різних білкових компонентів, зокрема рибного борошна та продуктів переробки *Hermetia illucens*. Під час аналізу враховували вміст сирого протеїну,

ліпідів, амінокислотний склад, енергетичну цінність кормів, а також показники засвоюваності поживних речовин.

Для оцінки ефективності використання продуктів переробки *Hermetia illucens* у годівлі *Clarias gariepinus* аналізували результати наукових досліджень, у яких вивчали:

- показники росту риби;
- виживаність;
- коефіцієнт конверсії корму;
- питому швидкість росту;
- фізіологічний та біохімічний стан організму риб;
- вплив інсектного борошна на продуктивність вирощування.

Під час виконання роботи було проведено систематизацію літературних даних щодо біологічних особливостей *Hermetia illucens*, технологій культивування личинок, типів кормових субстратів, параметрів мікроклімату та способів переробки біомаси чорної львинки.

Також було проаналізовано сучасні напрями використання продукції *Hermetia illucens* у кормовиробництві, зокрема застосування:

- інсектного борошна;
- ліпідних фракцій;
- продуктів переробки личинок у складі комбикормів для риб.

Отримані результати досліджень були узагальнені та систематизовані з метою визначення перспектив використання личинок *Hermetia illucens* як сталого альтернативного джерела білка у сучасній аквакультурі та оцінки можливостей їх ефективного використання у годівлі кларієвого сома.

Під час обробки та узагальнення літературних даних використовували методи логічного аналізу, порівняння та наукового узагальнення, що дозволило сформулювати обґрунтовані висновки щодо доцільності використання *Hermetia illucens* у технологіях інтенсивного вирощування *Clarias gariepinus*.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Характеристика *Hermetia illucens* як кормового компоненту

Чорна солдатська муха (*Hermetia illucens*), є представником ряду *Diptera* родини *Stratiomyidae*. Природним ареалом поширення цього виду вважаються території Північної та Південної Америки, однак на сьогодні чорна львинка поширена в тропічних і помірних регіонах практично по всьому світу. Винятком залишаються окремі райони Північної Європи, що пов'язано з низькою стійкістю виду до тривалого впливу низьких температур [55].

Упродовж останніх років *Hermetia illucens* привертає значну увагу науковців (рис. 3.1.1) та агропромислового сектору як перспективний об'єкт біоконверсії органічних відходів і виробництва альтернативних білкових кормових компонентів.

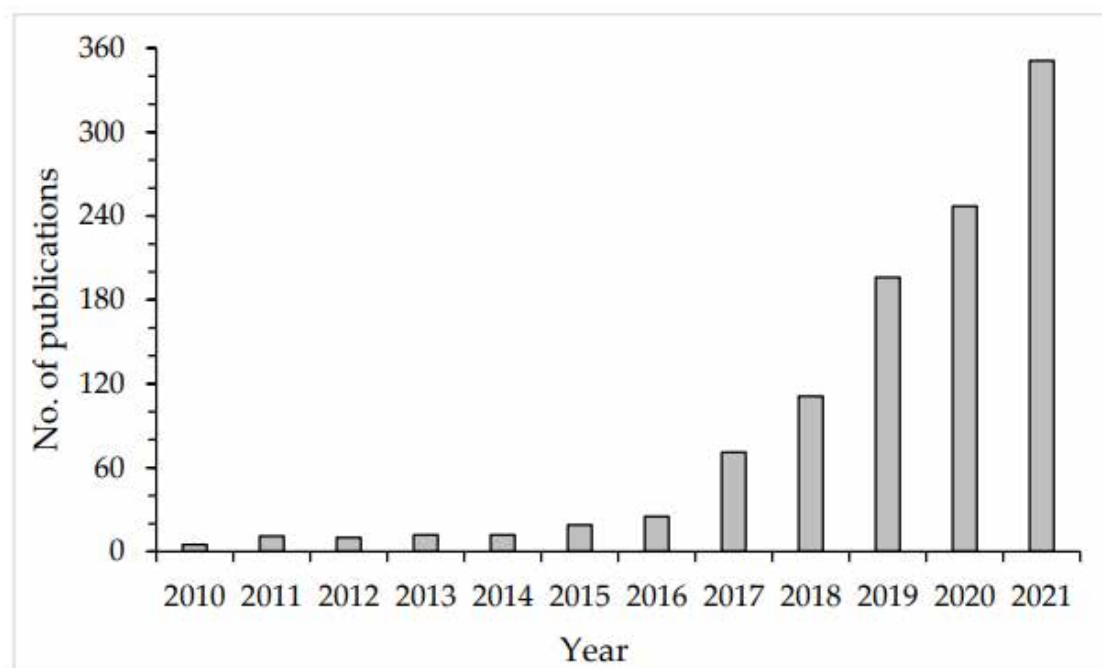


Рис. 3.1.1. Динаміка зростання кількості публікацій про *H. Illucens*, [42]

Значний інтерес до цього виду пояснюється низькою біологічних та технологічних особливостей. Личинки *Hermetia illucens* характеризуються високою інтенсивністю живлення, здатністю споживати широкий спектр

органічних субстратів та ефективно перетворювати їх у високоцінну білково-жирову біомасу. Важливою перевагою є також короткий життєвий цикл, висока швидкість росту та відносно низький вплив виробництва на навколишнє середовище. Завдяки цим особливостям чорна львинка вважається одним із найбільш перспективних видів комах для промислового вирощування з метою отримання кормового протеїну [33].

Життєвий цикл *Hermetia illucens* є відносно коротким і за оптимальних умов триває близько 45 діб (рис. 3.1.2). Він включає чотири основні стадії розвитку: яйце, личинка, передлялечка та імаго. Стадія яйця триває приблизно 4 доби, личинки – близько 18 діб, передлялечки – до 14 діб, а дорослої комахи – близько 9 діб. Однак тривалість розвитку значною мірою залежить від температури, вологості, якості та кількості кормового субстрату [43]. Оптимальними умовами для вирощування личинок вважаються температура 27-30 °C та відносна вологість повітря на рівні 60-70 %.

Найбільш інтенсивне накопичення поживних речовин відбувається саме на личинковій стадії розвитку. Після завершення активного живлення личинка переходить у стадію передлялечки, під час якої припиняється споживання корму та відбувається спорожнення травного тракту. У цей період кутикула темніє та збагачується солями кальцію, утворюючи щільну оболонку [4]. Саме на стадії передлялечки біомаса комах найчастіше використовується для подальшої переробки та виробництва кормових компонентів.

*Hermetia illucens* характеризується високою продуктивністю та здатністю до вирощування за значних щільностей посадки. За літературними даними, щільність личинок може досягати 14 кг/м<sup>2</sup>, а 300 т органічних відходів здатні забезпечити отримання до 120 т біомаси личинок. Як кормовий субстрат можуть використовуватися харчові відходи, рослинні рештки, гній сільськогосподарських тварин та інші органічні матеріали. Така здатність до ефективною біоконверсії органічних залишків робить чорну львинку перспективним інструментом екологічно безпечної утилізації відходів. Особливу цінність становить хімічний склад личинок. Залежно від умов

виращування та складу субстрату, вміст сирого протеїну в личинках може становити 40-50 %, а ліпідів – 30-35 %. Також біомаса містить значну кількість мінеральних елементів, зокрема кальцію та фосфору, а також широкий спектр незамінних амінокислот [33]. За даними окремих досліджень [26], хімічний склад личинок включає 42,1 % протеїну, 34,8 % ліпідів, 7,0 % клітковини, 14,6 % сирової золи, 5,0 % кальцію та 1,5 % фосфору. Висока поживна цінність робить їх перспективною альтернативою традиційним білковим компонентам, зокрема рибному борошну та соєвому шроту.

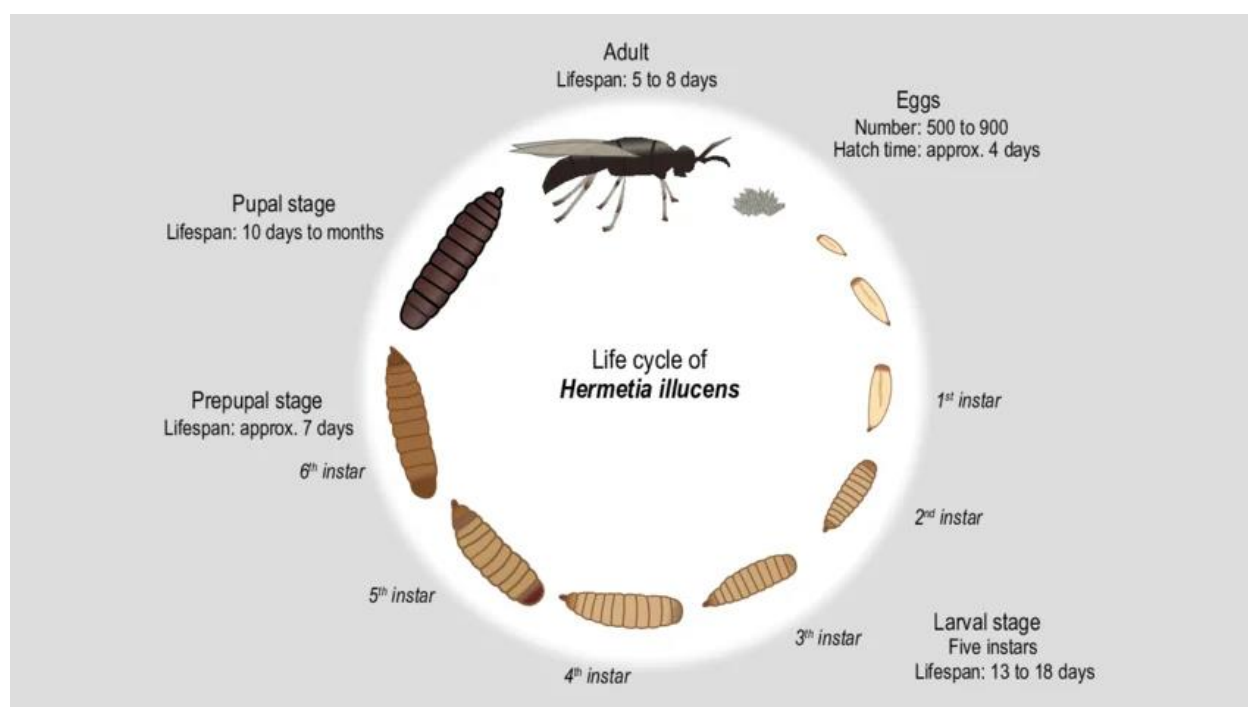


Рис. 3.1.2. Життєвий цикл *H. Illucens*, [43]

Сьогодні існує декілька основних способів використання личинок чорної львинки у кормовиробництві. Найпростішим є використання свіжих личинок без додаткової обробки. Такий підхід дозволяє мінімізувати витрати на переробку та зберегти максимальну поживну цінність продукту. Проте свіжі личинки мають обмежений термін зберігання та потребують швидкого використання. Для подовження терміну придатності личинки можуть піддаватися сушінню. Сушені личинки є більш зручними для транспортування та тривалого зберігання і можуть використовуватися як окремий кормовий компонент або інгредієнт

комбікормів. Однак процес сушіння потребує додаткових енергетичних витрат та спеціалізованого обладнання [30].

Одним із найперспективніших напрямів є виробництво інсектного борошна з личинок. Воно характеризується високою концентрацією протеїну та добрим амінокислотним складом, що дозволяє використовувати її у складі комбікормів для риб (рис. 3.1.3) та сільськогосподарських тварин. Використання такого білкового компонента дає змогу зменшити залежність аквакультури від традиційного рибного борошна, вартість якого постійно зростає. Особливо актуальним це є для інтенсивної аквакультури кларієвого сома, де значна частка собівартості продукції припадає саме на кормові витрати.

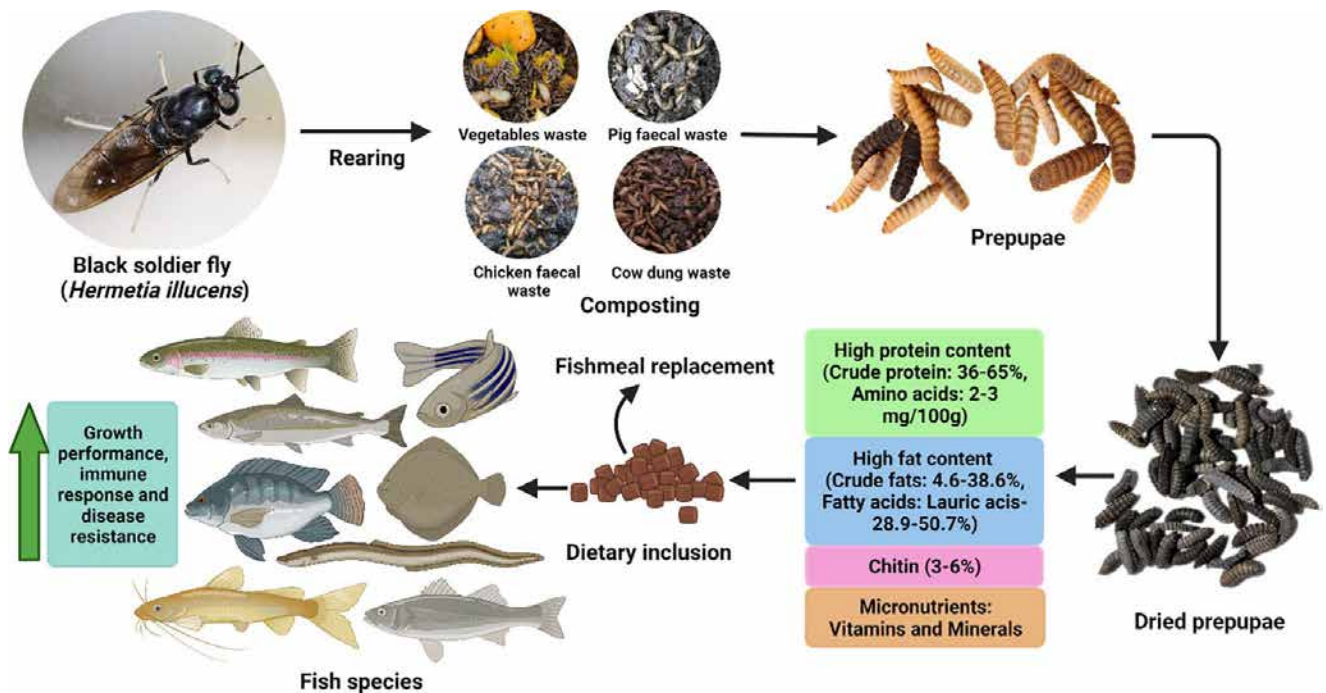


Рис. 3.1.3. Схема використання *H. Illucens* в аквакультурі, [45]

Важливою перевагою *Hermetia illucens* є також екологічна складова її використання. Личинки здатні ефективно переробляти органічні відходи, перетворюючи їх у високоцінну кормову біомасу та органічне добриво – біогумус. Порівняно з традиційними системами утилізації органічних відходів, вирощування чорної львинки характеризується нижчим негативним впливом на навколишнє середовище, меншими викидами парникових газів та високою

ресурсоефективністю. Крім того, встановлено, що *Hermetia illucens* не є переносником більшості небезпечних патогенів та може сприяти зниженню рівня патогенної мікрофлори у субстратах [41].

### 3.2 Аналіз технології культивування *Hermetia illucens*

Технологія вирощування (рис. 3.2.1) *Hermetia illucens* базується на особливостях її життєвого циклу, який включає стадії яйця, личинки, передлялечки, лялечки та імаго. За оптимальних умов повний цикл розвитку триває близько 40-45 діб, однак його тривалість може змінюватися залежно від температури, вологості, освітлення та типу кормового субстрату [43]. Найбільш важливою з технологічної точки зору є личинкова стадія, під час якої відбувається інтенсивне споживання органічної маси та накопичення поживних речовин.

Одним із ключових факторів ефективного культивування є підтримання оптимальних параметрів мікроклімату. Для нормального росту та розвитку личинок найбільш сприятливою вважається температура в межах 27-30 °C при відносній вологості повітря 60-70 %. За нижчих температур інтенсивність росту личинок істотно знижується, тоді як надмірно високі температури можуть викликати підвищену смертність. Значний вплив на розвиток комах має також вологість кормового субстрату, яка повинна підтримуватись на рівні 60-75 %, оскільки надмірне пересихання або перезволоження негативно впливає на виживання личинок [33].

Особливістю технології вирощування чорної львинки є використання широкого спектра органічних субстратів. Личинки здатні ефективно переробляти харчові відходи, овочеві та фруктові рештки, зернові відходи, пташиний послід, гній сільськогосподарських тварин, біогазовий дигестат, відходи рибної та ресторанної промисловості. До того ж, тип субстрату істотно впливає на швидкість росту личинок, вихід біомаси та її поживний склад. Зокрема, встановлено, що при вирощуванні на різних субстратах змінюється

вміст ліпідів та жирнокислотний склад личинок, хоча основною жирною кислотою у більшості випадків залишається лауринова кислота [42].

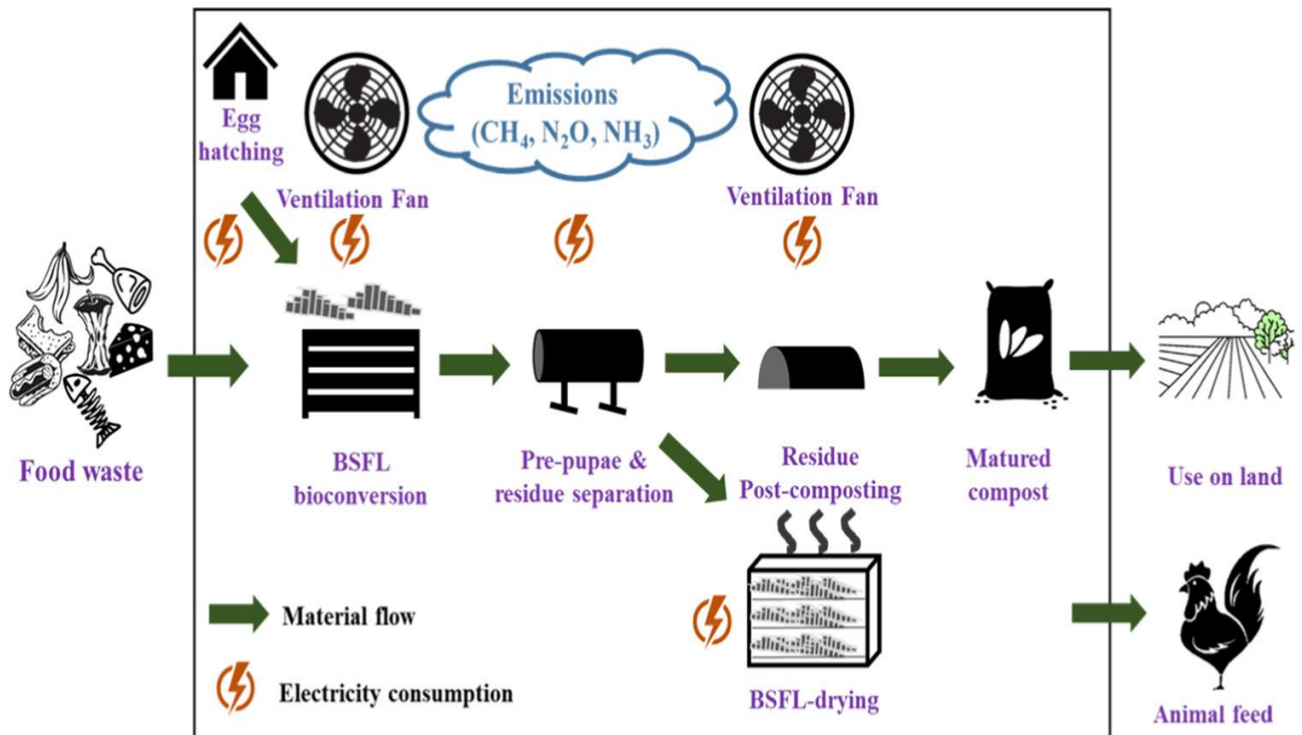


Рис. 3.2.1. Технологічна схема біоконверсії харчових відходів личинками *Hermetia illucens*, [40]

Важливим елементом технології є організація систем вирощування. У промислових умовах найчастіше використовують багатоярусні контейнерні системи або автоматизовані виробничі лінії, що забезпечують контроль температури, вологості, вентиляції та подачі субстрату. Такі системи дозволяють вирощувати личинок за високих щільностей посадки, які можуть досягати 10-14 кг/м<sup>2</sup>. Автоматизація процесів дає можливість значно знизити витрати праці та підвищити ефективність виробництва.

Після завершення активного живлення личинки переходять у стадію передлялечки, під час якої припиняється споживання корму та відбувається очищення травного тракту. Саме ця стадія вважається найбільш придатною для збору та подальшої переробки біомаси, оскільки в організмі накопичується максимальна кількість поживних речовин. Зібрані личинки можуть

використовуватися у свіжому вигляді або піддаватися подальшій технологічній обробці.

Сучасні технології переробки біомаси *Hermetia illucens* передбачають сушіння, пресування, подрібнення та екстракцію жирів. Одним із найпоширеніших продуктів є інсектне борошно, яке характеризується високим вмістом протеїну та використовується як альтернативне джерело білка у комбікормах для риб та інших тварин. Для подовження терміну зберігання та полегшення транспортування личинки часто висушують, хоча цей процес потребує додаткових енергетичних витрат. Також застосовують механічне пресування та різні методи екстракції жирів для отримання інсектної олії.

Так, метод умертвіння личинок впливає на якість отриманого жиру та рівень мікробного забруднення продукції. Одним із найбільш ефективних методів вважається асфіксія у середовищі CO<sub>2</sub> або N<sub>2</sub>, що дозволяє зберегти високий вихід ліпідів [42]. Крім того, ферментація субстрату та використання ферментних препаратів можуть підвищувати доступність поживних речовин і збільшувати накопичення ліпідів у личинках.

Перспективним напрямом є комплексне безвідходне використання продукції *Hermetia illucens*. Окрім інсектного борошна та жиру, важливе значення має залишковий субстрат після вирощування личинок – фрас (залишковий продукт після вирощування комах), який використовується як органічне добриво.

Промислове вирощування *Hermetia illucens* сьогодні активно розвивається у багатьох країнах світу. Великі підприємства використовують автоматизовані системи вирощування, що забезпечують контроль температури, вологості, щільності посадки та подачі субстрату. Серед найбільш відомих компаній, що займаються промисловим виробництвом продукції з чорної львинки, можна виділити Protix, Ynsect, AgriProtein та Enterra Feed Corporation [31].

Водночас створення великих промислових комплексів потребує значних капіталовкладень, спеціалізованого обладнання та постійного контролю за параметрами вирощування. Саме тому, поряд із великими підприємствами

перспективним напрямом є розвиток малих та середніх фермерських господарств, які можуть використовувати локальні органічні відходи як дешеву сировинну базу для вирощування личинок. Такий підхід дозволяє значно знизити витрати на субстрат і забезпечує менші стартові витрати порівняно з промисловими комплексами. Малі ферми можуть спеціалізуватися на виробництві кормових компонентів для аквакультури, птахівництва або отриманні органічних добрив, що робить їх важливою складовою локального агропромислового виробництва.

Крім того, вирощування *Hermetia illucens* можливе навіть у домашніх умовах із використанням простого обладнання, зокрема контейнерів для личинок та органічних відходів. Такий спосіб культивування дозволяє частково забезпечувати потреби у кормах для дрібних тварин або отримувати органічні добрива для рослинництва. Домашнє вирощування чорної львинки також сприяє зменшенню кількості органічних відходів, що потрапляють на сміттєзвалища, та відповідає принципам екологічно орієнтованого й ресурсоефективного господарювання [33].

### **3.3. Ефективність заміни комбікорму личинками *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома**

Одним із найбільш перспективних напрямків використання личинок чорної львинки (*Hermetia illucens*) в аквакультурі є часткова заміна традиційних компонентів комбікорму. Такий підхід дозволяє зменшити використання рибного борошна, знизити собівартість вирощування риби та підвищити екологічну сталість виробництва без суттєвого погіршення продуктивних показників.

У ряді сучасних досліджень встановлено, що кларієвий сом добре споживає корми із додаванням личинок чорної львинки, а помірний рівень введення комах до раціону не викликає негативного впливу на ріст та виживаність риби. Так, у дослідженні угорських науковців [29] було

проаналізовано ефективність заміни традиційного корму борошном чорної львинки на рівні 33 %, 66 % та 100 % у годівлі молоді кларієвого сома.

Результати експерименту показали (табл. 3.3.1), що при частковій заміні комбікорму на 33 % та 66 % не спостерігалось статистично достовірного погіршення основних рибницьких показників у порівнянні з контрольною групою. Кінцева маса риби у контрольному варіанті становила 0,4632 г, тоді як у групах із 33 % та 66 % заміною – відповідно 0,4298 та 0,4150 г. Водночас у варіанті зі 100 % заміною маса риби знижувалася до 0,2075 г.

Подібна тенденція спостерігалася і щодо виживаності молоді. Найкращий показник був отриманий у групі із 33 % включенням борошна чорної львинки – 60,36 %, тоді як у контролі цей показник становив 57,48 %, а при 66 % заміні – 56,6 %. У групі зі 100 % заміною виживаність різко знижувалась до 15,88 %.

Середньодобовий приріст та показники питомої швидкості росту також свідчили про доцільність саме часткового використання *Hermetia illucens*. Для груп із 33 % та 66 % заміною значення питомої швидкості росту становили 12,119 % та 11,994 %, що було близьким до контрольного показника – 12,387 %. Натомість при повній заміні комбікорму значення питомої швидкості росту знижувалось до 9,520 %. Автори дійшли висновку, що до 66 % корму для молоді кларієвого сома може бути замінено борошном чорної львинки без статистично значущого погіршення основних показників вирощування.

Додатково ефективність часткової заміни рибного борошна личинками *Hermetia illucens* була підтверджена у 60-добовому експерименті з вирощування молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). У досліді [39] рибне борошно поступово замінювали борошном із личинок чорної львинки на рівні 25 %, 50 % та 75 % від білкової частини раціону. Дослідні корми були ізонітрогенними, ізоліпідними та ізокалорійними, що дозволило об'єктивно оцінити вплив білкового компонента на продуктивні показники риби.

За результатами експерименту найкращі рибницькі показники були отримані у варіанті із 50 % заміною рибного борошна. У даній групі спостерігалися найвищі показники кінцевої маси тіла, абсолютного та

відносного приросту, а також питомої швидкості росту. Крім того, риба цієї групи характеризувалася кращими показниками засвоєння корму, зокрема нижчим коефіцієнтом конверсії корму та вищою ефективністю використання білка порівняно з контрольною групою.

Таблиця 3.3.1

**Показники вирощування молоді кларієвого сома при різному рівні заміни комбікорму борошном *Hermetia illucens*, [29]**

Показник	Контроль	33 % заміни	66 % заміни	100 % заміни
Початкова маса тіла, г	0,0144 ± 0,0028	0,0144 ± 0,0028	0,0144 ± 0,0028	0,0144 ± 0,0028
Кінцева маса тіла, г	0,4632 ± 0,2469	0,4298 ± 0,2390	0,4150 ± 0,1886	0,2075 ± 0,1041
Початкова суха маса, г	0,0018 ± 0,0006	0,0018 ± 0,0006	0,0018 ± 0,0006	0,0018 ± 0,0006
Кінцева суха маса, г	0,0712 ± 0,0364	0,0711 ± 0,0424	0,0645 ± 0,0317	0,0275 ± 0,0314
Початкова довжина тіла, мм	12,58 ± 0,7	12,5 ± 0,7	12,5 ± 0,7	12,5 ± 0,7
Кінцева довжина тіла, мм	36,46 ± 6,5	36,72 ± 5,8	35,03 ± 5,4	23,82 ± 5,5
Виживаність, %	57,48 ± 13,76	60,36 ± 10,58	56,6 ± 7,763	15,88 ± 6,798
Приріст вологої маси, г	0,4488	0,4154	0,4006	0,1931
Приріст сухої маси, г	0,0693	0,0693	0,0627	0,0257
Приріст довжини тіла, мм	23,8	24,1	22,4	11,2
Питома швидкість росту (SGR), %	12,387	12,119	11,994	9,520

Важливо, що введення личинок *Hermetia illucens* до складу корму не мало негативного впливу на фізіологічний стан риби. Гематологічні показники та кількість лейкоцитів достовірно не відрізнялися між дослідними групами. Водночас у варіанті із 50 % заміною було зафіксовано нижчі значення ферментів AST та ALT, що може свідчити про відсутність негативного впливу на функціональний стан печінки. Також автори відзначили стабільний рівень показників оксидативного стресу та достатню антиоксидантну активність організму риб. За підсумками дослідження було встановлено, що кларієвий сом здатний ефективно використовувати борошно з личинок *Hermetia illucens* при заміні до 75 % рибного борошна без погіршення росту, засвоєння поживних

речовин та фізіологічного стану риби.

Подібні результати були отримані і в українських виробничих умовах. Дослідження [16] проводили у басейнах установки рециркуляційної аквакультури рибного господарства «Сом з Павлиша», розташованого у смт Павлиш Кіровоградської області. У виконанні роботи брали участь технологи господарства, Науковці ДНУ «ІРГЕМО» та НУБіП України. У досліді з використанням личинок *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома в установці замкненого водопостачання здійснювали заміну 25 % комбікорму личинками чорної львинки. Встановлено, що таке введення кормової добавки сприяло покращенню темпів росту риби та зниженню витрат корму на одиницю приросту.

Окрему увагу слід приділити економічній ефективності (табл. 3.3.2) використання личинок *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома. Вартість корму на 1 кг приросту у дослідній групі становила 40,21 грн, тоді як у контрольній – 41,87 грн. Таким чином, використання личинки дозволило знизити витрати на годівлю приблизно на 4 %, що свідчить про перспективність застосування чорної львинки не лише як альтернативного білкового компонента, але і як економічно доцільної кормової добавки в інтенсивній аквакультурі.

Таблиця 3.3.2

**Економічна ефективність заміни 25 % норми годівлі кларієвого сома комбікормом на личинку чорної львинки, [16]**

Варіант експерименту	Вид корму	Ціна корму, грн./кг	Витрати корму на 1 кг приросту маси риби, кг	Витрати корму на 1 кг приросту маси риби, грн.
Дослід	Комбікорм	53,00	0,62	32,86
	Личинки	35,00	0,21	7,35
	Разом			40,21
Контроль	Комбікорм	53,00	0,79	41,87

Отримані результати свідчать, що використання личинок *Hermetia illucens* у годівлі кларієвого сома є перспективним напрямком розвитку сучасної аквакультури. Дослідження показують, що часткова заміна традиційних кормових компонентів дозволяє підтримувати високі показники росту, виживаності та ефективності використання корму без негативного впливу на фізіологічний стан риб. Водночас повна заміна комбікорму борошном чорної львинки на сучасному етапі все ще може супроводжуватися погіршенням окремих продуктивних показників, що свідчить про необхідність подальшого вдосконалення рецептур кормів та балансування їх амінокислотного складу.

Загалом результати наведених досліджень підтверджують високий потенціал *Hermetia illucens* як сталого джерела білка для виробництва кларієвого сома. Використання личинок чорної львинки дозволяє зменшити залежність аквакультури від рибного борошна, підвищити екологічну сталість виробництва та знизити витрати на годівлю риби, що робить даний напрямок особливо перспективним для інтенсивних технологій вирощування в установках замкненого водопостачання.

#### **3.4. Екологічне та економічне обґрунтування використання *Hermetia illucens* у годівлі *Clarias gariepinus***

У сучасній аквакультурі питання забезпечення риб високоякісними кормами є одним із ключових факторів ефективності виробництва. В умовах інтенсивного вирощування риби витрати на корми можуть становити 50–70 % загальної собівартості продукції, тому пошук альтернативних джерел білка є важливим напрямком розвитку галузі. Особливо актуальним це питання є для установок замкненого водопостачання, де ефективність годівлі безпосередньо впливає на економічні показники виробництва [15].

Економічна ефективність використання *Hermetia illucens* у годівлі *Clarias gariepinus* пов'язана насамперед із можливістю часткового зниження вартості кормів (табл. 3.4.1). Оскільки кларієвий сом є хижим видом риб і потребує

високобілкових комбікормів, використання інсектного білка дозволяє зменшити залежність від дорогих компонентів тваринного походження. Результати багатьох досліджень свідчать про те, що включення борошна *Hermetia illucens* до складу раціонів не спричиняє погіршення основних рибницьких показників. У більшості випадків риба зберігає високі темпи росту, добру виживаність та ефективне використання корму.

Для установок замкненого водопостачання використання інсектного білка є особливо перспективним. У таких системах витрати на корми мають вирішальне значення для рентабельності виробництва. Крім того, УЗВ характеризуються високою інтенсивністю вирощування, що потребує стабільного забезпечення якісними кормами. Організація локального виробництва *Hermetia illucens* поблизу рибницьких господарств може сприяти зменшенню витрат на транспортування кормової сировини та підвищенню економічної незалежності підприємств.

Для України використання *Hermetia illucens* має додаткове значення у зв'язку з високою залежністю ринку комбікормів від імпортних компонентів [6]. Виробництво інсектного борошна на базі місцевої сировини створює перспективи розвитку власного кормовиробництва та зменшення залежності від зовнішнього ринку. Крім того, розвиток технологій вирощування чорної львинки може сприяти створенню нових напрямів переробки органічних відходів агропромислового комплексу.

Для оцінки економічної доцільності використання інсектного борошна було проведено умовний розрахунок вартості кормової суміші. Якщо у складі комбікорму частка рибного борошна становить 30 %, то при заміні третини цього компонента борошном *Hermetia illucens* кількість рибного борошна зменшується до 20 %. За умови високої вартості рибного борошна така заміна дозволяє частково знизити собівартість корму та зменшити залежність від традиційних компонентів тваринного походження.

Наприклад, при виробництві 1 т комбікорму використовується близько 300 кг рибного борошна. Заміна 100 кг рибного борошна інсектним борошном

дозволяє скоротити використання традиційної кормової сировини приблизно на третину. У масштабах інтенсивного господарства це може забезпечити суттєве зменшення витрат на закупівлю кормових компонентів.

Таблиця 3.4.1

**Порівняння традиційного та інсектного білка у виробництві кормів  
для аквакультури**

Показник	Рибне борошно	Інсектне борошно
Вміст протеїну	60–72 %	40–50 %
Джерело сировини	Морський промисел	Органічні відходи
Стабільність постачання	Обмежена	Потенційно висока
Екологічне навантаження	Високе	Нижче
Перспективи локального виробництва в Україні	Обмежені	Високі

Важливим аспектом використання *Hermetia illucens* є екологічна доцільність технології. Однією з головних проблем сучасної аквакультури є високе навантаження на природні водні біоресурси, пов'язане з виробництвом рибного борошна. Часткова заміна традиційних компонентів кормів інсектним білком дозволяє зменшити потребу у вилові промислових риб для кормових цілей. Це сприяє більш раціональному використанню природних ресурсів та відповідає принципам сталого розвитку аквакультури.

Порівняно з традиційним тваринництвом та виробництвом кормових компонентів, вирощування *Hermetia illucens* характеризується меншими потребами у площах, воді та енергетичних ресурсах. Крім того, виробництво личинок супроводжується нижчим рівнем викидів парникових газів. Завдяки здатності переробляти органічні відходи чорна львинка також сприяє зменшенню негативного впливу органічних залишків на навколишнє

середовище.

Окрему увагу слід приділити відповідності технології принципам циркулярної економіки. Використання органічних відходів як субстрату для вирощування личинок дозволяє повторно залучати біологічні ресурси до виробничого циклу та отримувати продукцію з високою доданою вартістю. У результаті формується більш екологічно безпечна та ресурсоефективна модель виробництва кормів для аквакультури [33].

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Охорона праці у сфері аквакультури є важливою складовою організації виробничого процесу та базується на системі законодавчих, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і організаційно-технічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. У господарствах, що займаються вирощуванням кларієвого сома із застосуванням альтернативних білкових компонентів, зокрема личинок чорної львинки (*Hermetia illucens*), необхідно забезпечувати безпечні умови праці на всіх етапах технологічного циклу.

Основним нормативним документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає права та обов'язки працівників і роботодавців щодо створення безпечних умов праці. Також діяльність рибницьких господарств регламентується Кодексом законів про працю України, Законом України «Про аквакультуру», Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ДБН В.2.5-67:2013 щодо вентиляції та кондиціонування, а також правилами пожежної безпеки для підприємств агропромислового комплексу.

На підприємствах з вирощування кларієвого сома працівники можуть контактувати з водними системами, електрообладнанням, автоматичними годівницями, насосами, компресорами, біофільтрами та установками замкненого водопостачання (УЗВ). Крім того, під час вирощування та переробки личинок чорної львинки виникають додаткові фактори ризику, пов'язані з підвищеною вологістю, органічним пилом, мікробіологічним навантаженням та специфічними умовами утримання комах.

Відповідно до чинного законодавства роботодавець зобов'язаний організувати систему управління охороною праці, проводити інструктажі, навчання та перевірку знань працівників, забезпечувати персонал засобами

індивідуального захисту, а також здійснювати контроль за технічним станом обладнання та дотриманням санітарно-гігієнічних норм.

Технологія вирощування кларієвого сома супроводжується низкою потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища. До основних із них належать фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні фактори.

Серед фізичних факторів найбільшу небезпеку становлять підвищена вологість повітря, слизькі поверхні, шум від роботи насосного обладнання, компресорів і систем аерації, а також ризик ураження електричним струмом при експлуатації електрообладнання в умовах високої вологості. У приміщеннях УЗВ відносна вологість повітря може перевищувати 75-80 %, що негативно впливає на умови праці персоналу та сприяє утворенню конденсату на поверхнях обладнання.

До хімічних факторів належить можливе накопичення у повітрі аміаку, сірководню та вуглекислого газу, які утворюються внаслідок розкладання органічних залишків корму, продуктів життєдіяльності риби та субстрату для вирощування личинок чорної львинки. Підвищені концентрації цих газів можуть викликати подразнення слизових оболонок, головний біль та погіршення загального стану працівників.

Біологічні фактори включають ризик контакту з патогенними мікроорганізмами, грибами та алергенами органічного походження. При роботі з личинками чорної львинки та органічними субстратами можливе утворення біоаерозолів, що можуть спричиняти алергічні реакції або захворювання органів дихання. Особливу увагу необхідно приділяти дотриманню санітарних вимог під час зберігання кормів та утилізації органічних відходів.

Психофізіологічні фактори пов'язані з монотонністю роботи, необхідністю постійного контролю параметрів водного середовища, високою відповідальністю за функціонування систем життєзабезпечення риби та можливими нічними чергуваннями.

Для забезпечення безпечних умов праці на підприємствах з вирощування

кларієвого сома необхідно впроваджувати комплекс організаційних та технічних заходів.

У виробничих приміщеннях повинна функціонувати ефективна система припливно-витяжної вентиляції, яка забезпечує видалення надлишкової вологи, шкідливих газів та підтримання нормативного мікроклімату. Температура повітря у робочій зоні повинна підтримуватись у межах 18-25 °С, а відносна вологість – не перевищувати допустимі санітарні норми.

Усе електрообладнання повинно бути заземлене та оснащено автоматичними системами захисту від короткого замикання й ураження електричним струмом. Особливо важливим є використання вологостійких електричних мереж та ізольованих кабелів у приміщеннях УЗВ.

Для зменшення ризику травматизму підлога у виробничих приміщеннях повинна мати неслизьке покриття, а проходи між басейнами та технологічним обладнанням – відповідати нормам безпечного пересування персоналу. Усі рухомі елементи механізмів мають бути оснащені захисними кожухами.

Працівники повинні забезпечуватись засобами індивідуального захисту: гумовими чоботами, водонепроникним спецодягом, рукавичками, респіраторами та захисними окулярами при роботі з сухими кормами або субстратами для вирощування личинок чорної львинки. Також необхідним є регулярне проходження медичних оглядів та інструктажів з охорони праці.

На підприємстві повинні бути розроблені інструкції з безпечної експлуатації обладнання, дій у разі аварійного відключення електроенергії, витоку води або погіршення якості водного середовища. Для забезпечення стабільної роботи УЗВ доцільно використовувати резервні джерела електроживлення.

Підприємства аквакультури належать до об'єктів із підвищеним використанням електротехнічного обладнання, тому важливе значення має дотримання вимог пожежної безпеки. Основними причинами виникнення пожеж можуть бути короткі замикання, перевантаження електромереж, несправність електрообладнання та порушення правил експлуатації нагрівальних приладів.

Для запобігання пожежам необхідно проводити регулярний технічний огляд електромереж, не допускати перевантаження систем електропостачання та забезпечувати приміщення первинними засобами пожежогасіння – вуглекислотними та порошковими вогнегасниками. Евакуаційні виходи повинні бути вільними, а персонал має бути ознайомлений із планом евакуації та порядком дій у надзвичайних ситуаціях.

У разі аварійного відключення електроенергії в установках замкненого водопостачання виникає ризик швидкого зниження концентрації кисню у воді, що може спричинити масову загибель риби. Тому підприємства повинні бути обладнані резервними генераторами та аварійними системами аерації.

Особливу увагу слід приділяти санітарному контролю виробництва личинок чорної львинки, оскільки порушення умов утримання комах або накопичення органічних відходів може призвести до поширення патогенної мікрофлори та виникнення несприятливої епізоотичної ситуації [7, 17, 18,].

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав, що рибне борошно залишається основним джерелом повноцінного білка у кормах для аквакультури, проте його виробництво характеризується тенденцією до скорочення. За даними FAO, загальне світове виробництво рибного борошна знизилося з 5 млн т у 2013 році до близько 3 млн т у 2023 році, що обумовлює необхідність пошуку альтернативних білкових компонентів для годівлі риб.

2. Встановлено, що личинки *Hermetia illucens* характеризуються високою поживною цінністю та можуть розглядатися як перспективна альтернатива традиційним білковим компонентам. Вміст сирого протеїну в біомасі личинок становить у середньому 40-50 %, ліпідів – 30-35 %, що забезпечує високу кормову цінність інсектного борошна для використання у складі комбікормів.

3. Проаналізовано технологічні особливості культивування *Hermetia illucens*. Встановлено, що оптимальними умовами вирощування є температура 27-30 °C та відносна вологість повітря 60-70 %. Личинки здатні ефективно переробляти широкий спектр органічних субстратів, а вихід біомаси може досягати до 120 т личинок із 300 т органічних відходів.

4. Визначено, що *Clarias gariepinus* є перспективним об'єктом інтенсивної аквакультури завдяки високим темпам росту та ефективному використанню комбікормів. Оптимальний вміст сирого протеїну у кормах для товарного вирощування кларієвого сома становить 40-43 %, а потреба у перетравній енергії – 14-16 кДж/г корму.

5. Аналіз результатів наукових досліджень показав, що часткова заміна рибного борошна або комбікорму продуктами переробки *Hermetia illucens* не спричиняє суттєвого погіршення рибницьких показників. При заміні комбікорму борошном чорної львинки на рівні 33 % та 66 % показники питомої швидкості росту молоді кларієвого сома становили відповідно 12,119 % та 11,994 %, що

було близьким до контрольного значення — 12,387 %. Вживаність риби у цих групах знаходилася на рівні 56,6-60,36 %.

6. Встановлено, що повна заміна комбікорму або рибного борошна продуктами переробки *Hermetia illucens* може негативно впливати на продуктивність риби. При 100 % заміні кінцева маса молоді кларієвого сома знижувалася до 0,2075 г порівняно з 0,4632 г у контрольній групі, а вживаність зменшувалася до 15,88 %.

7. Використання *Hermetia illucens* у аквакультурі має важливе екологічне та економічне значення, оскільки дозволяє зменшити залежність від рибного борошна, підвищити ресурсоефективність виробництва та забезпечує можливість біоконверсії органічних відходів у високоякісну кормову сировину.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрющенко А. І. Аквакультура штучних водойм. Частина І. Ставова аквакультура. Підручник. К. «Мастер Принт». 2015. 648 с.
2. Базаєва А. В., Коваленко О. В. Гідротехніка та проектування рибницьких підприємств / А. В Базаєва, О. В. Коваленко. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2018. 440 с.
3. Базалій В. В., Бех В. В., Пилипенко В. Ю., Лісний В. А. Генетика риб. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2022. 306 с.
4. Бачинська Я. Перспективи промислового розведення комах як джерела білка та біологічно активних речовин // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій : матеріали всеукр. наук. конф., присвяч. 100-й річниці від дня народж. Н. С. Ялинської, Львів, 7–10 верес. 2023 р. Львів : СПОЛОМ, 2023. С. 9–12.
5. Вдовенко Н.М. Економіка рибогосподарських підприємств : підручник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 212 с.
6. Вознюк Р. Р. Експериментальне обґрунтування використання ферментованого соєвого шроту в годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.03 / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2024. 147 с.
7. Войналович О. В., Марчишина Є. І. Охорона праці у рибному господарстві : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 630 с.
8. Гриневич Н. Є. та ін. Гідрохімічний моніторинг як основа планування виробничих процесів // Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Ґжицького. 2024. Т. 26, № 100. С. 247–254.
9. Збірник технологій виробництва різних видів риб з використанням інструментів впливу на попит та пропозицію риби, інших водних живих

- ресурсів для забезпечення конкурентних переваг рибного господарства : довідник. Київ : НУБіП України, 2021. 172 с.
- 10.Звіт про виконання прикладних наукових досліджень на тему: «Розробка наукового обґрунтування потреби аквакультурних господарств, які займаються вирощуванням лососевих, осетрових, корошових та сомових видів риби, в імпорті рибних комбикормів, наявні торговельні бар'єри для їх імпорту та можливості вітчизняного виробництва» : рукопис. Київ : ДНУ «Інститут рибного господарства, екології моря та океанографії», 2024. 105 с.
  - 11.Ібатуллін І. І., Мельник Ю. Ф., Отченашко В. В. та ін. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин : навч. посіб. / за ред. І. І. Ібатулліна. Київ, 2015. 422 с.
  - 12.Інтенсивні технології в аквакультурі : навч. посіб. / Р.В. Кононенко, П.Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.
  - 13.Іхтіопатологія : підручник / Вовк Н. І., Божик В. Й., Кононенко Р. В. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2023. 480 с.
  - 14.Кононенко Р. В., Кононенко І. С., Мушит С. О. Технічні засоби в аквакультурі : посібник. Ч. 1. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2018. 310 с.
  - 15.Мухіна О. Ю., Антоненко О. В. Зоологія безхребетних : навч.-метод. посіб. Харків : ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2016. 148 с.Ібатуллін І. І.,
  - 16.Новохатко О. В., Коваленко В. О., Ільчук І. І., Гриневич Н. Є. Ефективність використання личинок чорної львинки *Hermetia illucens* як кормової добавки в годівлі кларієвого сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) // Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології : збірник тез XV Міжнар. іхтіологічної наук.-практ. конф., Київ, 17–19 верес. 2025 р. Київ, 2025. С. 126–131.
  - 17.Охорона праці в галузі: навч. посіб. для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2023. 586 с.

18. Пожарова О. В. Охорона праці : навч. посіб. Одеса, 2022. 86 с.
19. Публічний звіт Державного агентства меліорації та рибного господарства України за 2024 рік : офіц. звіт / Державне агентство меліорації та рибного господарства України. Київ, 2025. 38 с. URL: [https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit\\_2024/zvit\\_fish\\_2024.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2024/zvit_fish_2024.pdf) (дата звернення: 16.04.2026).
20. Технології культивування додаткових об'єктів ставової аквакультури / І. С. Кононенко та ін. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2022. 382 с.
21. Череватов В. Ф., Череватов О. В. Зоологія безхребетних : навч. посіб. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2024. 184 с.
22. Шарило Ю. Є., Федоренко М. О., Вдовенко Н. М. та ін. Інструменти формування пропозиції при виробництві африканського кларієвого сома в рибницьких господарствах : посібник. Київ : НУБіП України, 2020. 12 с.
23. Шевченко В. Ю. Аквакультура перспективних об'єктів : навч. посіб. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 402 с.
24. Шерман І. М., Євтушенко М. Ю. Теоретичні основи рибництва : підручник. Київ, 2011. 484 с.
25. African sharptooth catfish *Clarias gariepinus* // Biodiversity Risk- and Benefit Assessment (BRBA) of alien species in aquaculture in South Africa. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2012. URL: [https://aquasea.csir.co.za/wp-content/uploads/2019/12/Appendix-C-1.4\\_BRBA-African-Sharptooth-Catfish.pdf](https://aquasea.csir.co.za/wp-content/uploads/2019/12/Appendix-C-1.4_BRBA-African-Sharptooth-Catfish.pdf) (дата звернення: 25.04.2026).
26. Alvarez L. The Role of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Waste Management in Northern Climates // Electronic Theses and Dissertations. 2012. P. 402. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/72771751.pdf> (дата звернення 22.04.2026).
27. Anchor Environmental Consultants. African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*): Biodiversity Risk and Benefit Assessment. South Africa : Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2019. 85 p.

28. Auzins A., Leimane I., Reissaar R. et al. Insect Meal in Aquaculture Feeds: Historical Development, Current Applications and Future Perspectives // *Animals*. 2024. Vol. 14, Iss. 10. Art. 1461. URL: <https://doi.org/10.3390/ani14101461> (дата звернення: 21.04.2026).
29. Bartucz T., Csókás E. et al. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as Direct Replacement of Complex Fish Feed for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and African Catfish (*Clarias gariepinus*) // *Life*. 2023. Vol. 13, No. 10. Article 1978. URL: <https://doi.org/10.3390/life13101978> (дата звернення: 03.05.2026).
30. Belhadj Slimen I, Yerou H, Ben Larbi M. et al. Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: a review // *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 10. Article 1200031. URL: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1200031> (дата звернення 20.04.2026).
31. Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V. et al. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits // *Animal*. 2016. Vol. 10, No. 12. P. 1923–1930. URL: <https://doi.org/10.1017/S1751731116001270> (дата звернення 28.04.2026).
32. Devic E., Leschen W., Murray F., Little D. C. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal // *Aquaculture Nutrition*. 2017. Vol. 24, No. 1. P. 416–423. URL: <https://doi.org/10.1111/anu.12573>. (дата звернення: 16.04.2026).
33. Dzhus, V. M., & Bondarenko, L. V. *Hermetia illucens* in industrial production: technologies, strategies and prospects // *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series «Agricultural Sciences»*. 2025. Vol. 27, No. 103. P. 113–120. URL: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10313> (дата звернення 22.04.2026).
34. European Aquaculture Production Report 2015–2024 / Federation of European Aquaculture Producers. Brussels, 2025. 78 p. URL: <https://feap.info/wp->

- <content/uploads/2025/01/2025-01-22-production-report-2024-v1.pdf> (дата звернення: 09.05.2026).
35. European Commission: Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, EUMOFA. Fishmeal and fish oil – Production and trade flows in the EU. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2771/47090> (дата звернення: 02.05.2026).
36. FAO Fisheries & Aquaculture. Clarias gariepinus. URL: [https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/clarias\\_gariepinus?lang=en](https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/clarias_gariepinus?lang=en) (date of access: 30.04.2026).
37. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Rome : FAO, 2022. P. 76–81.
38. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in Action. Rome : FAO, 2024. URL: <https://doi.org/10.4060/cd0683en> (дата звернення: 01.05.2026).
39. Fawole, F. J. Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker // Aquaculture. 2020. URL: <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734849> (дата звернення: 01.05.2026).
40. Guo, H., Jiang, C., Zhang, Z. et al. Material flow analysis and life cycle assessment of food waste bioconversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 750. Art. 141656. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141656> (дата звернення 25.04.2026).
41. Joly, G., Nikiema J. Global experiences on waste processing with black soldier fly (*Hermetia illucens*): from technology to business. Colombo : International Water Management Institute (IWMI), 2019. 62 p. URL: <https://doi.org/10.5337/2019.214> (дата звернення 20.04.2026).
42. Kaczor M. Bulak P. Proc-Pietrycha K. et al. The Variety of Applications of *Hermetia illucens* in Industrial and Agricultural Areas – Review // Biology.

2023. Vol. 12. Art. 25. URL: <https://doi.org/10.3390/biology12010025> (дата звернення: 20.04.2026).
43. Lievens, S., Poma G., De Smet J. et al. Chemical safety of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), knowledge gaps and recommendations for future research: a critical review // *Journal of Insects as Food and Feed*. 2021. Vol. 7, No. 4. P. 383–396. URL: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0081> (дата звернення: 20.04.2026).
44. Link, J. S. Evidence of ecosystem overfishing in U.S. large marine ecosystems // *ICES Journal of Marine Science*. 2021. Vol. 78, No. 9. P. 3176–3201. URL: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab185> (дата звернення: 02.05.2026).
45. Mohan K., Rajan D.K., Muralisankar T. et al. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs // *Aquaculture*. 2022. Vol. 553. Art. 738095. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738095> (дата звернення: 03.05.2026).
46. National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC : National Academies Press, 2011. 376 p.
47. Nelson, J. S., Grande, T. C., Wilson, M. V. *Fishes of the World*. 5th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2016. 707 p.
48. North African catfish – Tables / Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/affris/docs/North\\_African\\_Catfish/English/table\\_4.htm](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/North_African_Catfish/English/table_4.htm) (дата звернення: 21.04.2026).
49. On-farm feeding and feed management in aquaculture / eds. M.R. Hasan, M.B. New. Rome : FAO, 2013. 67 p. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper ; No. 583). URL: <https://www.fao.org/4/i3481e/i3481e.pdf> (дата звернення: 15.04.2026).
50. Patra, S. K. and Sahu, B. *Entrepreneurship Development Training Manual on Commercial Production of Quality Fish Seed*. Berhampur : College of Fisheries (OUAT), 2019. 272 p.

51. Renna M., Schiavone A., Gai F. et al. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017. Vol. 8, No. 57. URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0191-3> (дата звернення: 02.05.2026).
52. Rossi G., Ojha S., Müller-Belecke A. et al. Fresh aquaculture sludge management with black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: investigation on bioconversion performances // *Scientific Reports*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48061-0> (дата звернення: 02.05.2026).
53. Şahin, T. Ecological and geopolitical challenges in sustaining global fishmeal supply for aquaculture // *Marine Reports*. 2025. Vol. 4, No. 1. P. 55–67. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15764050> (дата звернення: 01.05.2026).
54. Sandra Langi, Sahya Maulu, Oliver J. et al. Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (*Clarias gariepinus*): a review // *Cogent Food & Agriculture*. 2024. Vol. 10, No. 1. Art. 2302642. URL: [https://www.researchgate.net/publication/377627313\\_Nutritional\\_requirements\\_and\\_effect\\_of\\_culture\\_conditions\\_on\\_the\\_performance\\_of\\_the\\_African\\_catfish\\_Clarias\\_gariepinus\\_a\\_review](https://www.researchgate.net/publication/377627313_Nutritional_requirements_and_effect_of_culture_conditions_on_the_performance_of_the_African_catfish_Clarias_gariepinus_a_review) (дата звернення: 15.04.2026).
55. Tamasiga P, Miri T, Onyeaka H, Hart A. Food Waste and Circular Economy: Challenges and Opportunities // *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 16. Art. 9896. URL: <https://doi.org/10.3390/su14169896> (дата звернення 19.04.2026).
56. Teugels G., Adriaens D. *Catfishes*. Enfield : Science Publishers, 2003. 487 p.
57. Vodounnou J. V., Iko R., Okou G. et al. Complete substitution of fish meal with black soldier flies *Hermetia illucens* (L. 1758) larvae meal at varying incorporation rates for feeding *Oreochromis niloticus* raised in captivity // *Aquaculture, Science and Management*. 2025. Vol. 2, No. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s44365-024-00004-0> (дата звернення: 05.05.2026).

58. Wang Y.-S., Shelomi M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food // *Foods*. 2017. Vol. 6, No. 10. P. 91. URL: <https://doi.org/10.3390/foods6100091> (дата звернення: 26.04.2026).