

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут Природокористування

Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студентки Панової Єлизавети Антонівни  
(ПІБ)

академічної групи 091-20-1  
(шифр)

спеціальності 091 «Біологія та біохімія»  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Біологія»  
(офіційна назва)

на тему Дослідження життєвого циклу каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
кваліфікаційної роботи	Ковров О.С.		
<b>розділів:</b>			
Теоретичного	Ковров О.С.		
Практичного	Ковров О.С.		
Техніка безпеки	Чеберячко Ю.І.		
Рецензент	Сай К.С.		
Нормоконтролер	Ґрунтова В.Ю.		

Дніпро  
2024

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
 завідувачка кафедри ЕТЗНС  
 Борисовська О.О.  
 « 20 » травня 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра**

студентці Пановій Є.А. академічної групи 091-20-1  
 (прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності – 091 «Біологія та біохімія»

за освітньо-професійною програмою «Біологія»

на тему Дослідження життєвого циклу каліфорнійського черв'яка

*Eisenia fetida*

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 02.05.24 № 441-с.

	Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Теоретичний	Обґрунтувати актуальність сучасних біотехнологій вермікультивування для переробки органічних відходів. Проаналізувати основні біотичні фактори впливу на життєвий цикл черв'яків виду <i>Eisenia fetida</i> .	20.05.24- 02.06.24
2	Практичний	Описати методику дослідження життєвого циклу каліфорнійського черв'яка <i>Eisenia fetida</i> та росту популяції в штучних умовах. Дослідити вплив основних біотичних факторів, що впливають на ріст популяції черв'яків. Обґрунтувати пропозиції та рекомендації, що базуються на отриманих даних.	03.06.24- 23.06.24
3	Техніка безпеки	Надати характеристику шкідливих та небезпечних факторів у лабораторії при проведенні експериментальних досліджень. Визначити вимоги безпеки при культивуванні черв'яків <i>Eisenia fetida</i> в лабораторних умовах.	24.06.24- 30.06.24

Завдання видано \_\_\_\_\_ Ковров О.С.  
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 20.05.24 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 01.07.24 р.

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Панова Є.А.  
 (підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 68 с., 22 рис., 6 табл., 5 додатків, 43 літературних джерел.

**Мета роботи:** Дослідити життєвий цикл каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* та оцінити вплив основних біотичних факторів на ростові показники колоній безхребетних.

У вступі обґрунтовано актуальність сучасних біотехнологій вермікультивування для переробки органічних відходів та отримання біогумусу для підвищення родючості ґрунтів.

У теоретичному розділі проаналізовано основні біотичні фактори впливу на життєвий цикл черв'яків виду *Eisenia fetida*.

У практичному розділі описано методику дослідження життєвого циклу каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* та росту популяції в штучних умовах, викладені біологічні аспекти процесу розмноження, зокрема впливу на даний процес температурних режимів. Досліджено вплив основних біотичних факторів, що впливають на ріст популяції черв'яків з характеристикою життєвого циклу, ростові процеси, склад компосту та якісні показники готового біогумусу.

У розділі «Техніка безпеки» проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори при роботі в біологічній лабораторії, та обґрунтовані інженерно-технічні заходи з безпеки праці. Визначено вимоги безпеки при культивуванні популяції черв'яків *Eisenia fetida* в лабораторних умовах.

КАЛІФОРНІЙСЬКИЙ ЧЕРВ'ЯК *EISENIA FETIDA*, БІОТИЧНІ ФАКТОРИ, ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ, ВЕРМІКОМПОСТ, БІОГУМУС

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН БІОТЕХНОЛОГІЙ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ	8
1.1 Вермікультивування – перспективний біотехнологічний напрям	8
1.2 Загальна характеристика типу Кільчасті черви (Annelida)	10
1.3 Зовнішня та внутрішня будова Annelida	11
1.4 Загальна характеристика класу Малощетинкових (Oligochaeta)	15
1.5 Внутрішня будова олігохет	18
1.6 Життєві угруповання дощових черв'яків та пристосування до пересування в ґрунті	22
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ КАЛІФОРНІЙСЬКОГО ЧЕРВ'ЯКА <i>EISENIA FETIDA</i>	24
2.1 Дослідження життєвого циклу черв'яків <i>Eisenia fetida</i>	24
2.2 Основні системи вермікомпостування	26
2.3 Видове різноманіття черв'яків в практиці вермікультивування	29
2.4 Розмноження та розвиток <i>Eisenia fetida</i>	31
2.5 Робота з оптичними приладами при дослідженні безхребетних	34
2.6 Методика вермікультивування контейнерним способом в лабораторних умовах	37
2.7 Вплив температури на ефективність технології вирощування черв'яків	43
2.8 Вплив вологості субстрату, рН та інших факторів середовища на процес вермікультивування	48
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	50
3.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при роботі в	

лабораторії	50
3.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці у лабораторії	51
3.3 Пожежна безпека у лабораторії	53
3.4 Техніка безпеки при роботі в лабораторії із зоологічними об'єктами	55
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТКИ	64
Додаток А. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	65
Додаток Б. Відгук зовнішнього рецензента	66
Додаток В. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра на присутність запозичень (плагіату)	67
Додаток Г. Результати перевірки модулем пошуку «Детектор Плагіату» v. 2215	68
Додаток Д. Відгук керівників розділу «Техніка безпеки» та нормоконтролера	69

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Дощові черв'яки є найважливішим компонентом ґрунтового комплексу безхребетних майже у всіх біогеоценозах. Ця група порівняно велика і різноманітна з фауни та екологічної точки зору. Родина *Lumbricidae* широко поширена в Україні, що свідчить про значну екологічну адаптацію дощових черв'яків до різних умов навколишнього середовища [1]. Зміни видового складу безхребетних залежно від фізико-географічних та ґрунтово-кліматичних факторів можна продемонструвати дуже вдало на прикладі дощових черв'яків [2]. Саме тому вивчення та пізнання життєвих форм дощових черв'яків є дуже актуальним.

На сьогоднішній час технологія виробництва вермікомпосту в Україні вже достатньо відпрацьована і має значні перспективи впровадження у агровиробництво. Однак в залежності від кліматичних умов, складу вермікомпосту, варіаціях вологості і температури субстрату, особливості вермікультивування можуть суттєво відрізнятись. Крім того важливе значення має і вид вермібіоти, зокрема такі промислові види черв'яків, як: Дендробена або черв'як Європейський, Каліфорнійський та Старатель, кожний з яких може ефективно штучно культивуватися в промислових масштабах в залежності від своїх біологічних особливостей та способу живлення.

**Мета роботи** полягає в дослідженні життєвого циклу каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* та оцінці впливу основних біотичних факторів на ростові показники колоній безхребетних.

Для досягнення поставленої нами мети поставлено такі *задачі*:

- обґрунтувати особливості розвитку і росту каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* в лабораторних умовах;
- дослідити особливості впливу температурних режимів на розвиток яєць (коконів) на відсотковий вихід черв'яків;
- визначити особливості впливу фактору вологості на процеси росту та розвитку каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*;

- оцінити біологічні характеристики отриманого біогумусу.
- визначити вимоги безпеки при культивуванні популяції черв'яків *Eisenia fetida* в лабораторних умовах.

**Об'єктом дослідження** є процеси росту та розвитку каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* за умов різних температурних режимів в лабораторних умовах.

**Предметом дослідження** є каліфорнійський черв'як *Eisenia fetida*, біологічні умови вермікультивування, зокрема температурний режим та вологонасичення субстрату.

**Методи досліджень:** В роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи досліджень, зокрема, *загальнонаукові методи:* гіпотеза – вибір напрямків наукових досліджень; експеримент – дослідження об'єктів та процесів, що відбуваються в ньому; спостереження – виявлення динаміки елементів об'єкту; синтез – встановлення висновків та узагальнень. Також застосовано *спеціальні методи:* польовий метод (контейнерний метод утримання черв'яків); вимірювально-ваговий метод (встановлення біометричних показників росту і розвитку черв'яків); лабораторний метод (визначення особливостей розвитку коконів (яєць) за різних температурних умов та режимів зволоження), мікроскопічні дослідження – для аналізу життєвих форм та стадій розвитку черв'яків, а також статистично-математичний аналіз та статистична обробка даних для достовірності отриманих результатів досліджень.

**Практичне значення роботи** полягає в оцінці впливу основних біотичних факторів, зокрема температури та вологонасичення субстрату на ростові показники колоній каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* з метою отримання максимального виходу біогумусу для підвищення родючості ґрунтів.

## РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН БІОТЕХНОЛОГІЙ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ

### 1.1 Вермікультивування – перспективний біотехнологічний напрям

Дошові черв'яки відіграють значну роль у процесах ґрунтоутворення. Вперше серед науковців помітив зв'язок між цими тваринами та родючістю ґрунту англійський натураліст Гілберт Уайт (1789 р.). Займався цим питанням і Чарльз Дарвін, який опублікував роботу «Про утворення ґрунтового шару, де виклав теорію перемішування червами різних шарів землі. Своєю діяльністю дошові черв'яки забезпечують підвищення родючості ґрунту, поліпшують не тільки хімічний склад ґрунту, а також його структуру і фізичні властивості – покращують аерацію, пористість, водопроникність, вологоємність і дрібнозернистість. Вони переносять в нижні глибокі шари ґрунту перегній, перероблений в їхньому кишківнику з відмерлих рослин. Дошові черв'яки прискорюють повне розкладання органічних речовин у ґрунті та включення їх в біологічний кругообіг. Вони виконують одну з головних ролей розкладання рослин – торфоутворювачів. Дошові черв'яки є кормом для багатьох тварин, що ведуть ґрунторіючий спосіб життя. Дошові черв'яки впливають на ґрунт трьома способами. По-перше, вони прокладають в землі ходи, що можуть сягати восьмиметрової глибини, враховуючи кількість черв'яків часом на 1 м<sup>2</sup> землі припадає до кількох кілометрів подібних ходів, які полегшують проникнення повітря та води до кореневої системи рослин. Окрім того ці ходи зменшують щільність землі, що сприяє росту коренів. По-друге, дошові черв'яки перемішують різні шари ґрунту, виносячи наверх землю з нижніх шарів і затилюючи рештки рослин на глибину. По-третє, земля що пройшла через кишківник черв'яків збагачується біологічно активними мікроорганізмами [3].

Науковими дослідженнями у США і Великобританії було встановлено, що деякі види дошових черв'яків-епігеїків, такі як *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae* і *Dendrobaena veneta*, можна



використовувати не тільки для перероблення ряду органічних відходів: осадів стічних вод, гною тварин, харчових відходів і органовмісних промислових відходів в органічне добриво біогумус (вермікомпост), але і як поновлюване джерело повноцінного тваринного кормового білка [4].

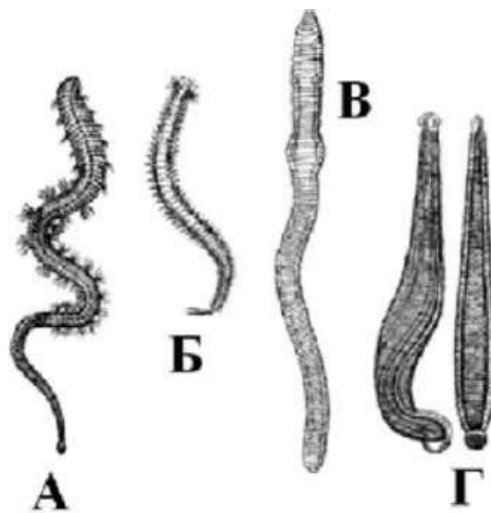
Масштабне виробництво біомаси дощових черв'яків і використання цього поновлюючого біоресурсу для одержання високоякісних білково-вітамінних кормових преміксів для птахівництва, тваринництва та рибництва є актуальною проблемою сьогодення. Це дозволить збільшити виробництво кормової та харчової продукції при зниженні її собівартості. Жоден гектар найродючіших земель не може зрівнятися за продуктивністю білка з тим, на якому вирощують дощових черв'яків. Якщо гектар пшениці 12 при помірному кліматі дає 350 кг білка, зернової кукурудзи – 390 кг, конюшини – понад 1000 кг, люцерни – 1500 кг, то гектар поверхні культивування черв'яків дає в рік близько 400 центнерів білкового борошна (5 % вологості) із вмістом 67 % ( $\pm 5\%$ ) білка [5].

Біомасу черв'яків і продукти її переробки широко застосовують у тваринництві. При переробці черв'яками 1 тони субстрату одержують біля 600 кг біогумусу та 100 кг біомаси черв'яків. Тіло черв'яка містить майже всі амінокислоти, у т. ч. такі біологічно цінні як лізин і метіонін. Крім того, біомаса черв'яків багата на ферменти, вітаміни і корисні мікроелементи. Біомаса черв'яків – ефективна їжа для курей, індиків, морської і прісноводної риби. За даними різних авторів, вона містить до 60–80 % протеїну, 9 % ліпідів і 7–16 % азотних екстрактних речовин.

Вермікультивування – це сучасна біотехнологія, за допомогою якої органічні відходи рослинного походження можна не тільки ефективно утилізувати, а й трансформувати в повноцінні тваринні білки і біологічно активні речовини. Наразі вермікультивування є екологічно чистим і ефективним способом переробки органічних відходів, тому цей напрям отримав широке застосування у багатьох країнах для зменшення відходів та покращення ґрунту.

## 1.2 Загальна характеристика типу Кільчасті черви (Annelida)

Кільчасті черви (Annelida) – тип відносно високоорганізованих черв'яків, що складається з близько 15 тисяч видів, це багатоклітинні, двосиметричні тришарові тварини, які мають більш високу організацією будови в порівнянні з плоскими або круглими хробаками. У зв'язку з чим їх умовно відносять до групи вищих черв'яків [6]. Анеліди є представниками морських, прісноводних та наземних середовищ існування. Тип кільчастих черв'яків включає близько дванадцять тисяч представників, які належать до шести класів: Багатощетинкові черви, або Поліхети; Малощетинкові черви, або Олігохети; П'явки; Ехіуриди, Сіпункуліди. Представниками кільчастих черв'яків є піскожили, нереїди, дощові черв'яки, п'явки (рис. 1.1) [6].



А – піскожили; Б – нереїди; В – дощові черв'яки; Г – медичні п'явки

**Рисунок 1.1 – Різноманітність Annelida**

Тіло анеліди поділено на безліч (до 800) сегментів у вигляді кілець (звідси і назва хробаків). Сегментація тіла виражається не тільки зовні, але і внутрішньо у вигляді рецидивів багатьох внутрішніх органів. Це сприяє збільшенню здатності хробака переживати пошкодження тіла, тобто регенерацію. Оскільки сегменти мають однакову структуру, сегментація аскарид однорідна. Незважаючи на гомономічну сегментацію, низка подібних структурно-функціональних сегментів поєднуються в частини тіла – головна

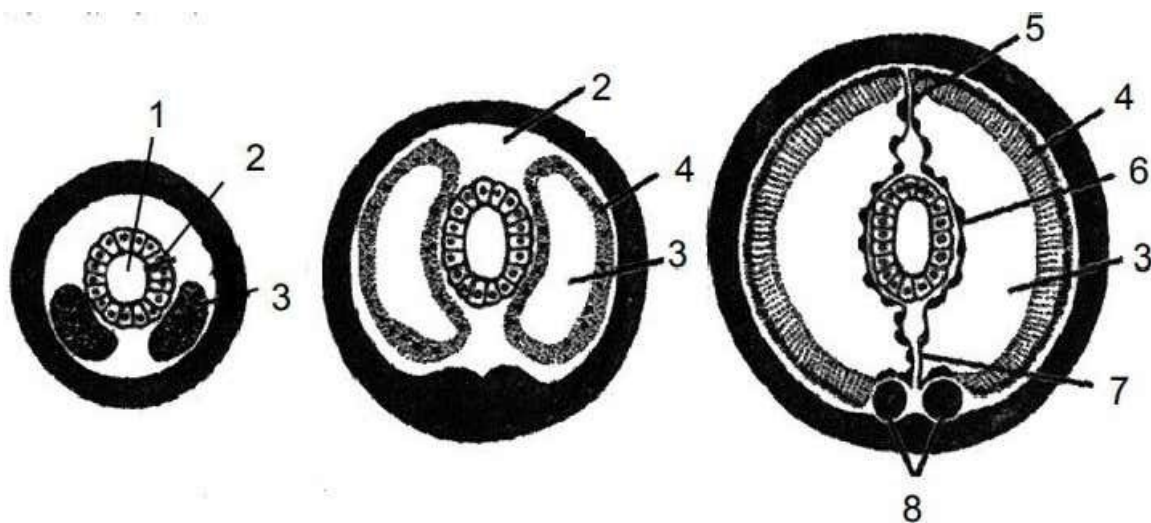
лопоть (простомія), тулубний та анальний лопоть (пігідій). Головний відділ був створений шляхом об'єднання кількох провідних сегментів (централізація). Це явище добре розвинене у багатохетальних черв'яків. На противагу цьому, у глистів та п'явок з невеликою щетиною сегментація тіла є однорідною. Кільчасті черви, які мешкають на дні водойм переміщуються по дну або ж закопуються в мул, при цьому включають і сидячі форми. Відносно мало представників ведуть вільний спосіб життя, який є частиною планктону. Також деяка кількість є зовнішніми паразитами тварин та людей, наприклад, п'явки. Зазвичай тіло анелід формуються з основної лопатки, фрагментованого тулуба та задньої анальної лопатки [7].

### **1.3 Зовнішня та внутрішня будова Annelida**

Тулуб кільчастих черв'яків має сегментування, яке виконується за допомогою спеціальних мембран – дисперсій. Сегментування корпусу є подібними (однорідна сегментація) [8]. У анелід виділяють краще розвинення шкіряно-м'язового мішка порівняно з плоскими та круглими. Їх тіло має одношаровий епітелій, що виділяє тоненьку кутикулу. Під одношаровим епітелієм розташовуються кільцевий та поздовжній шари.

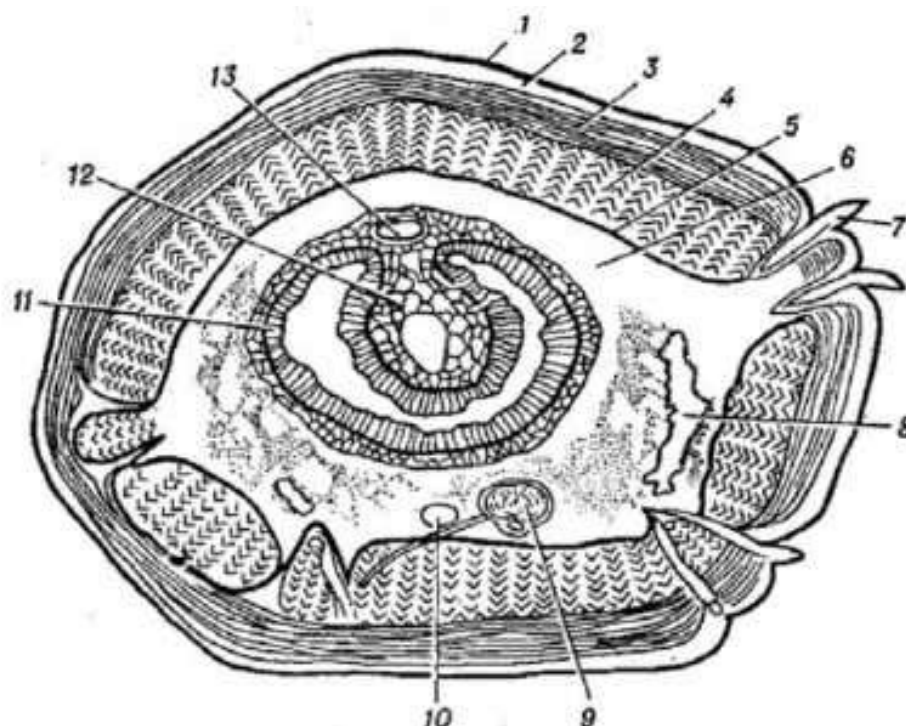
Для рухів анеліди також використовують і допоміжні кріплення, які являють собою щетинки і параподії. Щетинки зазвичай розташовуються окремо або ж пучечками, або у поздовжні ряди. Параподії являють собою бічні нарости тіла, які є з добре розвиненою мускулатурою і пучками щетинок. Параподії розташовуються по боках сегментів, окрім головного та заднього. Завдяки всім вище наведеним особливостям у будові черв'яків і забезпечується рухомість тварин у воді, на землі та в ґрунті [2]. Кільчасті черви характеризуються вторинною порожниною тіла (целомом) (рис. 1.2, 1.3) [5, 9]. Вторинна порожнина тіла – простір між стінкою тіла і внутрішніми органами в багатоклітинних тварин, яка обмежена епітелієм целому. Розвиток вторинної

порожнина відбувається з мезодерми. У кільчастих, зазвичай, діляться на сегменти [8].



1 – кишка; 2 – первинна порожнина тіла; 3 – целом; 4 – зовнішня стінка целомічного мішка; 5 – спинний мезантерій; 6 – внутрішня стінка целомічного мішка; 7 – черевний мезантерій; 8 – черевні нервові стовбури

**Рисунок 1.2 – Послідовні стадії розвитку целома**



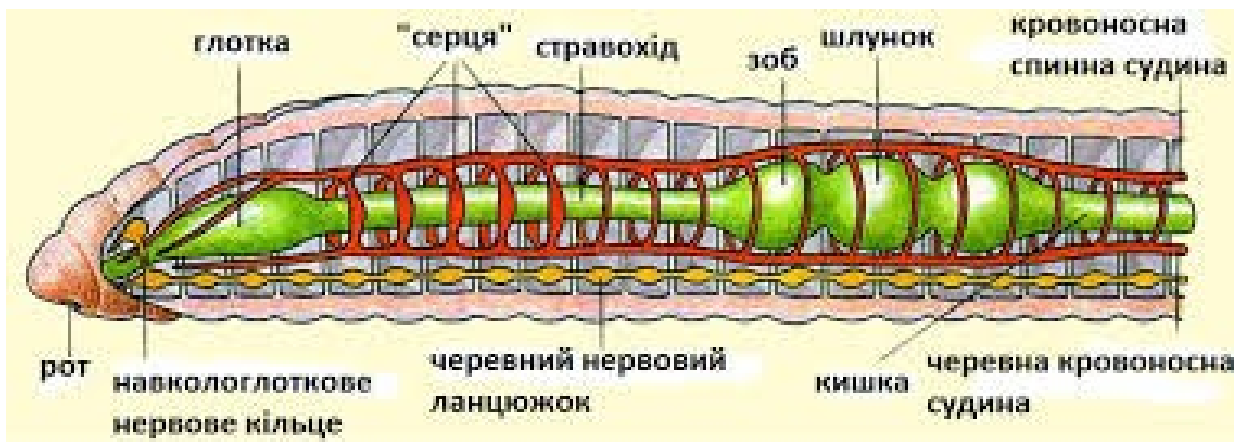
1 – кутикула; 2 – епітелій; 3 – кільцеві м'язи; 4 – повздожні м'язи; 5 – целомічний епітелій; 6 – целом; 7 – щетинки; 8 – метанефридій; 9 – черевний нервовий ланцюжок; 10 – черевна кровоносна судина; 11 – кишка; 12 – складка кишечника; 13 – спинна кровоносна судина

**Рисунок 1.3 – Поперечний перетин анелід**

Шкірно-м'язовий мішок кільчастих представлений тонкою еластичною кутикулою і розташованими під нею одношаровим епітелієм і двома шарами м'язів: зовнішнім кільцевим і внутрішнім поздовжнім, які досить сильно розвинені [1]. Целом заповнений рідиною, яка має хімічний склад близький до морської води. Целомова рідина містить кілька процесів:

- формування тиску, який допомагає підтримувати стабільну форму тіла,
- транспортування поживних речовин, кисню, вуглекислого газу, продуктів обміну речовин [2].

У травній системі ателід виділяють шлунково-кишковий тракт, як правило, прямий і розділений на ротову порожнину, глотку, стравохід, який має розширення у волю, м'язовий шлунок, середня, задня кишка і закінчується прямою кишкою (Рис. 1.4.).

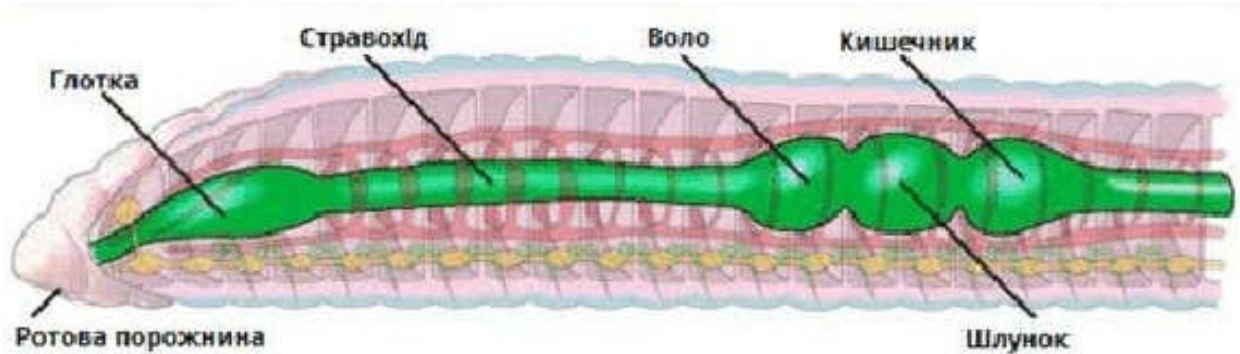


**Рисунок 1.4 – Схематичне зображення травної та кровоносної системи**

Слинні залози мають труби, які відкриваються в стравохід, секрет якого переробляє їжу. У стінках середньої кишки містяться залозисті клітини, функція яких полягає у виробленні травного ферменту. Окремі клітини мають таку функцію, як поглинання перетравленої їжі.

Багатоклітинні каналці або ж метанефридії у черв'яків сформувалися як органи виділення. Вони виводять із організму продукти метаболізму. Складаються з лійки у якій виділяють звивистий канал, що відкривається в наступному сегменті. Метанефридії розташовуються по два в кожному сегменті. Закрита система кровообігу. Основними судинами є спинна і черевна

– сегментовані кільцями. Виділяють пульсуючі кровоносні судини, що розташовуються на стравоході та виконують роль серця. Транспорт поживних речовин, газів та захисних виконує кровоносна система (Рис. 1.5.) [2].



**Рисунок 1.5 – Схематичне зображення кровоносної системи черв'яків**

Таким чином, у анелід вперше з'являється замкнена кровоносна система – система, у якій кров рухається лише судинами і не потрапляє до порожнини тіла. Рух крові здійснюється швидким скороченням кільцевих судин, хоча серця в них немає. Кров у одних видів червона, у інших зелена або безбарвна (рис. 1.6).

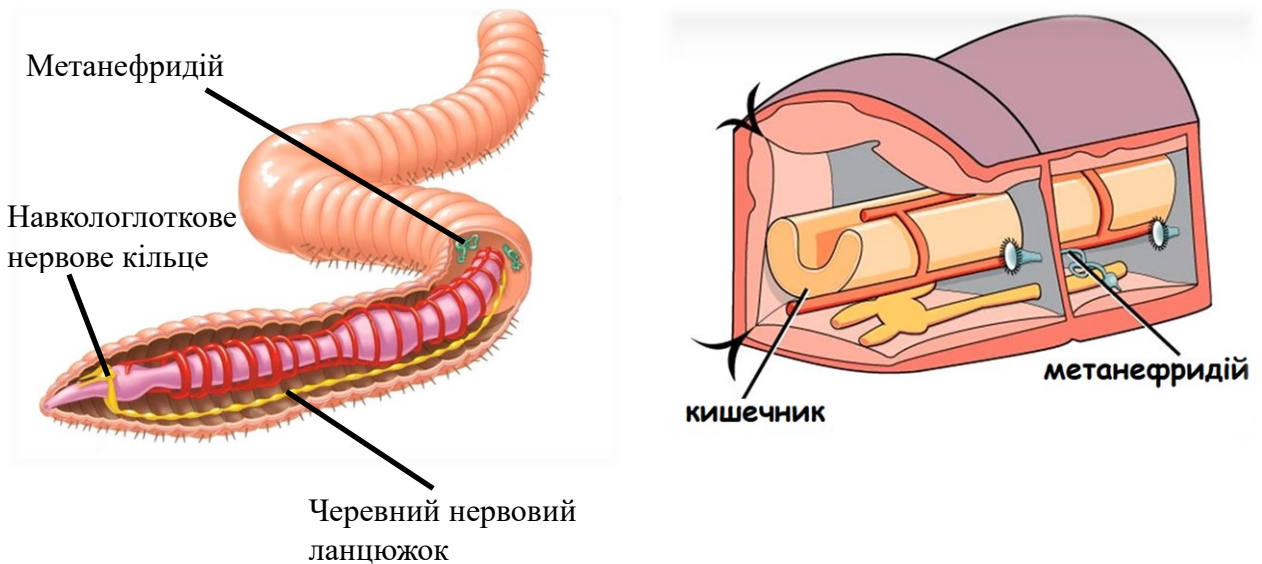
Обмін газів відбувається за допомогою шкіри, проте є й багато представників, наприклад, морських форм, які мають зябра. Надглоткові та підглоткові нервові вузли становлять нервову систему. Вони з'єднують периферичне нервове кільце та черевний ланцюг із сегментованими гангліями, з яких нерви виходять до різних органів. Органи чуття у кільчастих є добре розвиненими. Багато з них мають очі, які спрямовані не тільки на головну лопать, але й на тулуб і хвостову лопатку. Є також смакові рецептори та нюхові клітини, які відчують запахи та хімічні подразники. Крім того, виділяють ще й нюхальні ямки та щупальцеподібні придатки. Добре розвинені органи слуху, побудовані як локатори. Деякі кільчаки (багатощетинкові черв'яки) мають статоцисти. Різні органи чуття анелідів дозволяють тваринам отримувати різну інформацію із навколишнього середовища, яка обробляється в основних гангліях. Це значно підвищило життєдіяльність черв'яків та виявило складні

форми їх поведінки [2]. Нервова система – черевний нервовий ланцюжок. Складається з парного головного мозку, навкологлоткового кільця і черевного нервового ланцюжка (рис. 1.6).



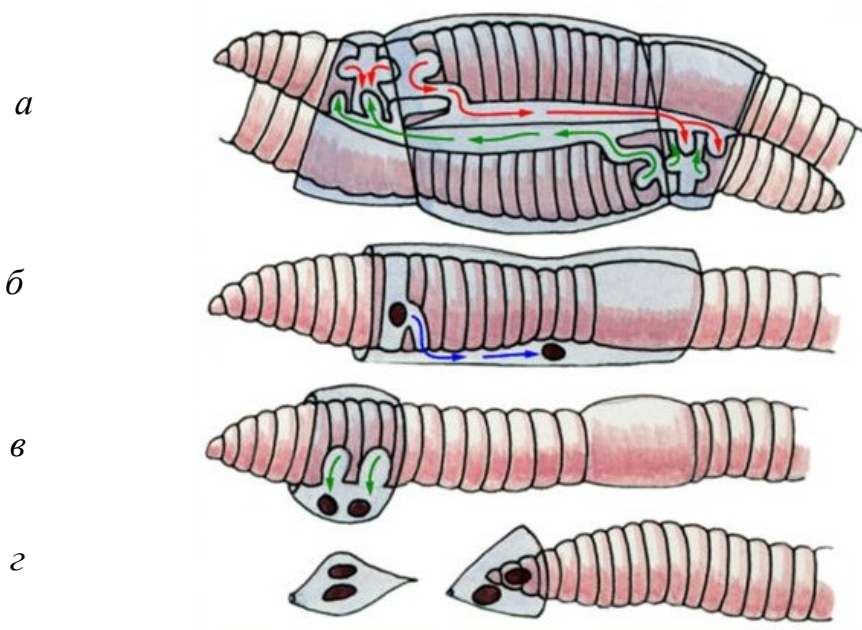
**Рисунок 1.6 – Схема нервової системи кільчастих черв'яків**

Видільна система представлена видільними трубочками (метанефриді), які розташовані попарно в кожному сегменті тіла: на внутрішньому кінці мають лійки (збираються рідкі продукти обміну з порожнини тіла,) а протилежним кінцем відкриваються назовні (рис. 1.7).



**Рисунок 1.7 – Схема видільної та нервової системи кільчастих черв'яків**

Серед черв'яків розрізняють як роздільностатеві форми так і гермафродити. Розмноження в основному статеве, іноді безстатеве через брунькування чи поділ (рис. 1.8).



*a* – копуляція особин – взаємний обмін сперматозоїдами; *б* – відкладання яєць в поясок;  
*в* – запліднення яєць, скидання кокона; *г* – відкладання кокона

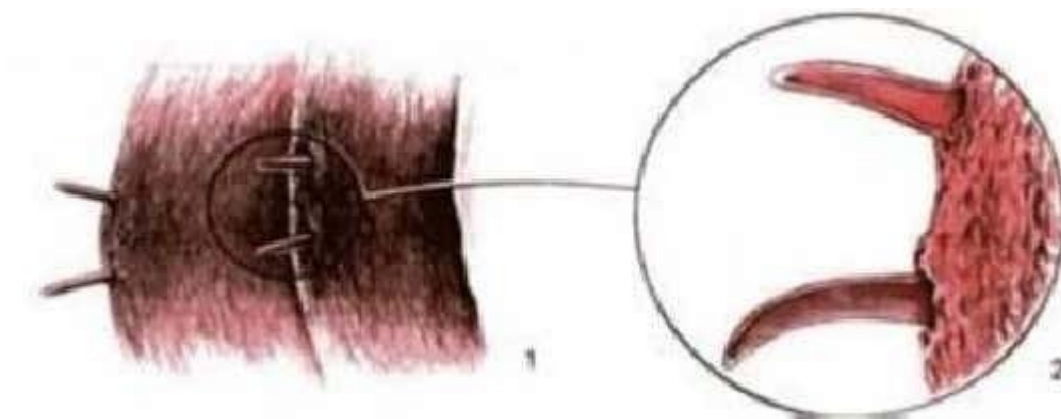
**Рисунок 1.8 – Розмноження кільчастих черв'яків**

Запліднення може бути зовнішнім або внутрішнім. Розвиток прямиий або з метаморфозами [10].

#### **1.4 Загальна характеристика класу Малощетинкових (Oligochaeta)**

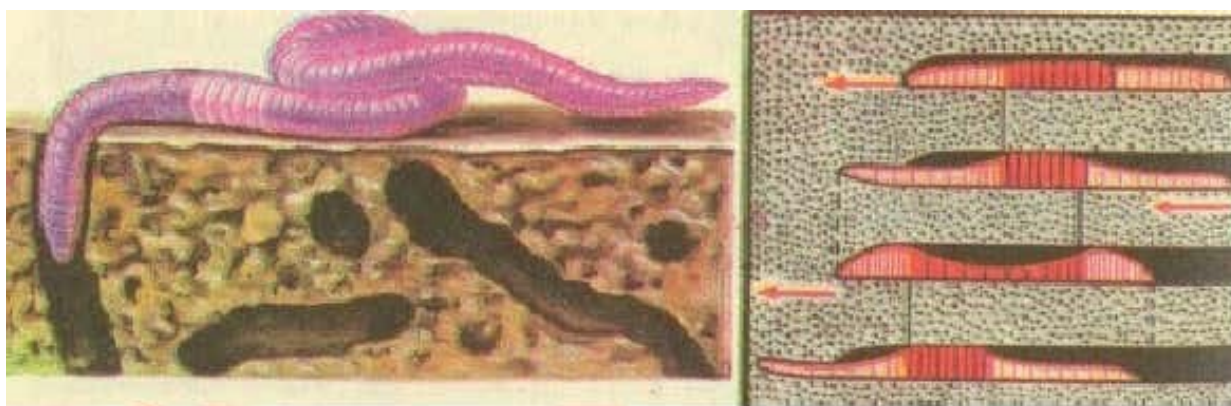
До класу малощетинкових черв'яків або олігохет (Oligochaeta) належать кільчасті черви з редукованими пароподіями і зябрами. Відомо понад 5000 видів (в Україні близько 200 видів) [6]. Серед них є досить малі форми, довжиною в кілька міліметрів, а деякі, навпаки, досить великі, наприклад, *Phipodrilus farner* сягає більше 2 м. Залежно від розміру тіла, олігохети також мають різну кількість сегментів: малі форми мають лише два-три сегменти, великі мають сегменти розміром до 600 [32]. Кожний сегмент має 4 пари щетинок: 2 спинні і 2 черевні. Щетинки є дуже маленькими і виявити їх можливо лише на дотик або ж за допомогою збільшення (рис. 1.9).





1 – збільшення в 100 разів; 2 – збільшення в 300 разів

**Рисунок 1.9 – Черевні щетинки олігохет**



**Рисунок 1.10 – Схема рухів дощового черв'яка**

Найтипівішими представниками цього класу є переважно ґрунтові – *Lumbricus terestirs*, *Megascolides australis* (рис. 1.11) та ін. Довжина дощового черв'яка становить від 15 до 20 см, передня частина тіла товща і гостріша, ніж задня. На передньому кінці є рот. Ззаду на тілі знаходиться анальний отвір. Колір тіла буруватий. Зовні все тіло дощового черв'яка розділене неглибокими перетяжками на членики, яких налічується більше 160. В області 31 – 33-го членика спостерігається потовщення шкіри – поясок. Він з'являється тільки у статевозрілих черв'яків та відіграє велике значення особливо під час розмноження (рис. 1.12) [9, 12].



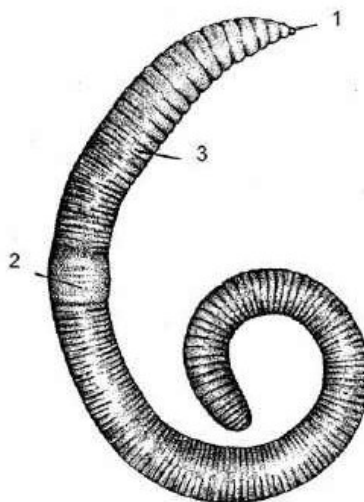
а



б

а – дощовий черв'як (*Lumbricus terrestris*); б – австралійський земляний черв'як (*Megascolides australis*)

### Рисунок 1.11 – Типові представники класу Малощетинкових



1 – головна лопать; 2 – поясок; 3 – розміщення чоловічих статевих органів

### Рисунок 1.12 – Дощовий черв'як *Lumbricus terrestris*

Черв'як не має вусиків, ні лопатей та очей. Це пов'язано з тим, що вони є мешканцями ґрунтів і проривають в ній багатокілометрові переходи. Ці рухи сприяють звільненню ґрунту, в результаті чого покращується газообмін у коренях рослин. На кожному суглобі тіла дощового черв'яка є чотири пари дрібних твердих і гострих щетинок, які тримаються на частинках ґрунту. Щетинки спрямовані назад, що не заважає черв'яку рухатися вперед [2, 6]. Під

час сезону розмноження поясок виглядає дуже набряклим, а інколи площа поясу відрізняється від сусідніх областей лише кольором та різним характером поверхні тіла. Форма пояску може бути кільцевою, якщо він однаково сильно розвинений з усіх боків, або сидлоподібною, якщо він слабо розвинений з черевної сторони.

### 1.5 Внутрішня будова олігохет

Зовнішнє тіло олігохет вкрите кутикулою, під якою лежить підшкірна клітковина, що складається з одного або двох шарів епітеліальних клітин. В епітелії є залози, які виділяють слиз. Під підшкірною клітковиною лежить м'язовий мішок, який складається з кільцевого та поздовжнього шарів. Поздовжній шар товщий та потужніший, в деяких формах розділений на окремі поздовжні стібки (рис. 1.13) [2].



**Рисунок 1.13 – Внутрішня будова дошового черв'яка**

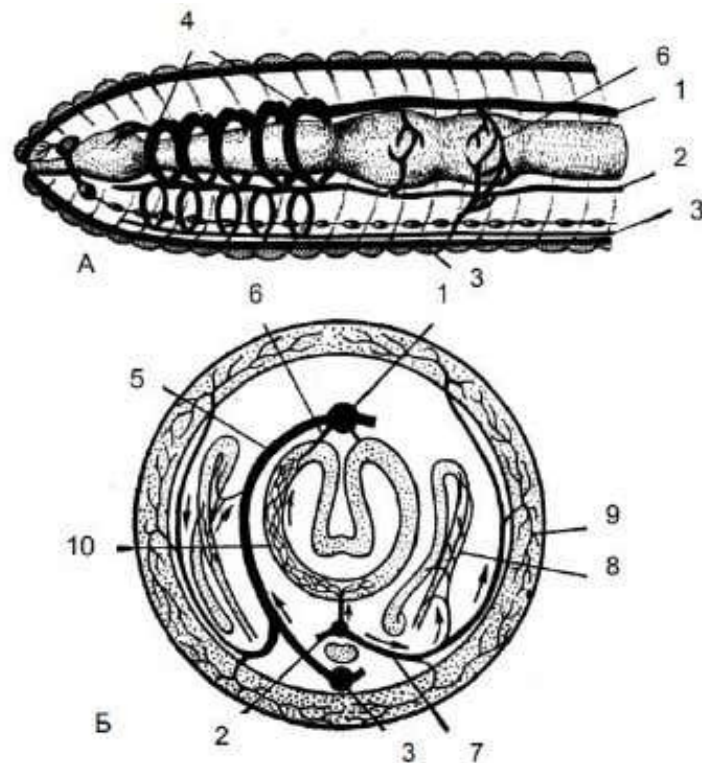
Важливою частиною шкірного епітелію є дрібні клітини, розташовані в найглибшій частині, на кордоні з підлеглими м'язами, і які не контактують із зовнішніми частинами опорних і залозистих клітин. Саме камбіальні клітини є резервом; завдяки їм відновлюються зношені функціональні клітини і відбувається ріст тканин у молодих тварин. Ці клітини також мобілізуються

під час загоєння ран [1]. Травна система є складнодиференційованою, починається з рота, розташованого на черевній стороні переднього кінця, і простотіуму. Кишкова трубка ділиться на три частини: передню, середню і задню. Наприклад, у випадку з дощовими черв'яками ротова порожнина переходить у м'язову глотку, а потім стравохід, який розширюється і переходить у воло. За волом розмістилося друге продовження – м'язовий шлунок. У дощових черв'яків в стравохід впадають 3 пари вапнякових залоз впадають. Вони виділяють карбонати, які нейтралізують гумінові кислоти. Середня кишка має форму прямокутної трубки, спинна сторона якої утворює всередину поздовжню ребристу увігнутість, яку називають тифлозолом. Ця увігнутість збільшує абсорбуючу поверхню кишечника. Всередині кишечника відбувається травлення і всмоктування їжі [10]. Середня кишка має ентодермальне походження і вистелена висококолонним циліарним епітелієм, багатим численними одноклітинними залозами. Спинна стінка середньої кишки утворює поздовжнє вип'ячування всередину порожнини кишки – тифлозоль. Це сприяє збільшенню поверхні кишки і, відповідно, покращенню всмоктування. Стінка кишечника має тонкий м'язовий шар, який складається із зовнішнього поздовжнього та внутрішнього кільцевого шару, які забезпечують перистальтику.

Задня кишка коротка і розташована на останніх 10-15 сегментах тіла. Вона без тифлозолю, проте в її епітелії є вії [1].

Кровоносна система в різних формах олігохет має різну будову. У більш примітивному випадку вона складається з поздовжньої тильної пульсуючої судини, що лежить над кишкою, черевної судини та кишкової пазухи. Синус складається з заповнених кров'ю щілин, які лежать між м'язами та епітелієм кишечника. Завдяки контакту з кишковим епітелієм, перетравлені поживні речовини потрапляють у кров з кишечника. Кров рухається за рахунок пульсації спинного мозку. Він рухається ззаду наперед у спинній посудині. Кров тече від першої до другої через передні кільцеві судини, що з'єднують спинномозкові та черевні судини; тут вона тече спереду назад. З черевної

судини кров потрапляє в пазуху, а з пазухи – в спинний мозок [9]. У вищих олігохетів вперше з'являється кровоносна система закритого типу, яка має більш складну будову. Представлена судинами. Справжнього серця немає. Є судини, які здатні скорочуватись. Наприклад, у випадку з дощовими хробаками кровоносна система складається з спинної, черевної, нервової, бічних та кільцевих судин. Кільцеві судини переднього кінця, які лежать на 7-му та 11-му сегментах, мають м'язові стінки, які можуть пульсувати і виконувати серцеву функцію (їх називають «сердечками»). Ці судини утворюють гілки, які переходять у різні органи. Кров дощового хробака червоного або зеленого кольору, що залежить від наявного пігменту в крові (рис. 1.14) [2, 10].



А – вид збоку; Б – перетин; 1-3 – поздовжні судини (1 - спинна, 2 - черевна, 3 - субневральна), 4 – «серця», 5 – спинно-нервові судини, 6 – спинно-кишкові судини, 7 – судини стінок тіла, 8 – судини метанефрідій, 9-10 – капілярна мережа (9 – у стінці тіла, 10 – у стінці кишечника)

**Рисунок 1.14 – Кровоносна система дощових черв'яків**

Органи виділення – метанефрідії (середня нирка), розташовуються метамерно. Вони сегментарні (по 2 у кожному сегменті). Кожен метанефрідій

складається з: широкої лійки (нефростом) – відкривається у целом; звивистого каналу, який пронизує дисципент і проходить у наступний сегмент; нефропор – видільний отвір. Виділяючі продукти, що циркулюють у судині, потрапляють у хлорогенні клітини, які покривають поверхню середньої кишки. Після переповнення виділеннями ці клітини відламуються і потрапляють у рідину порожнини, де виводяться метанефридом. Хлорогенні клітини, які збирають секрети, називаються екскретофорами [12].

Дихальна система і дихання здійснюється через усю поверхню шкіри, багату на кровоносні судини. Грунтові види можуть дихати лише за умови зволоженого тіла. Малоцетинкові є гермафродитами. Гонади локалізовані в невеликій кількості статевих сегментів. В 10-му та 11-му сегментах тіла знаходяться 2 пари сім'яників. Сім'яники прикриті 3-ма парами сім'яних мішків, в них потрапляють статеві клітини після виходу з сім'яників і дозрівають. Є спеціальні дві сім'я вивідні канали, які зливаються в один сім'япровід, що відкривається на черевному боці 15-го сегмента. Жіноча статева система утворена парою дрібних яєчників в 13-му сегменті і парою лійчастих яйцепроводів, які відкриваються в 14-му сегменті. Є ще 2 пари сім'яприймачів у вигляді шкірних вип'ячувань поверхні тіла в 9 і 10 сегментах, які накопичують чоловічі статеві клітини при перехресному заплідненні. Є численні одноклітинні залози в шкірі 32 до 37 сегменту, які утворюють своєю сукупністю кільцеподібне потовщення поясок. Вони виділяють слиз і білкову рідину для харчування зародка. Запліднення перехресне. Яйця запліднюються в муфті. Після цього муфта ущільнюється і перетворюється на яйцевий кокон, під захистом якого відбувається розвиток яєць. З кокону виходить сформований маленький черв'як. Спостерігається також безстатеве розмноження. Вони здатні до регенерації.

Кокон – це слизовий контейнер, що містить до 20 яєць, який є закритим і в змозі витримати навіть екстремально несприятливі умови. Найчастіше з нього вилуплюється один дощовий черв'як.

## 1.6 Життєві угруповання дощових черв'яків та пристосування до пересування в ґрунті

Умови руху в ґрунті настільки особливі, що призвели до створення спеціальних приміщень для багатьох мешканців цього середовища. Ґрунт є найважливішим компонентом біосфери, який впливає на продуктивність рослин, а також підтримує місцеву, регіональну та глобальну якість навколишнього середовища [13]. Ґрунт – трифазна система: між твердими частинками та їх структурними поділами порожнини зайняті повітряними та водними плівками. Крім того, ґрунт має більші порожнини – сліди коріння, тріщини, коридори, які вже утворили більші тварини. Завдяки цим структурним властивостям ґрунту переміщення тварин у ньому можливо або за допомогою існуючих свердловин, порожнин та проходів, або шляхом активного осадження проходів у ґрунті, як у твердому субстраті [14]. Біологічні механізми, пов'язані з організацією ґрунту та родючістю, потенційно чутливі. Відповідно нині підвищується зацікавленість до біотичного компоненту ґрунту – функціонально та анатомічно невід'ємної складової та датчика всіх ґрунтових процесів. Поза тим, біотою вважається цілісність співдій та впливів, що дає змогу отримати комплексну оцінку фізичного, хімічного та біологічного стану ґрунту [15; 16]. Для дрібних організмів, розмір яких менший за розмір існуючих у ґрунті свердловин, їх рух у ґрунті принципово не відрізняється від руху на поверхні твердого субстрату. Тому такі тварини (кліщі, плавники, нематоди, повільні тварини тощо) не мають специфічного пристосування до руху в ґрунті. Зі збільшенням розмірів тіла тварин необхідно вносити спеціальні корективи для руху в ґрунті. Личинки комах, які використовують існуючу стратифікацію ґрунту, мають форму тіла, схожу на камподою. Дуже поширений серед жуків та сітчастих личинок. Основним органом руху цих личинок є кінцівки, пристосовані до руху по поверхні твердого субстрату [17].

Камподеоподібна форма – це пристосування до швидкого руху звивистих коридорів, ширших за ширину тіла тварини. Однією з важливих особливостей родючості ґрунтів є мезофауна, включаючи дощових черв'яків, тому зростання їх кількості свідчить про динамічний розвиток агроєкосистеми. Вони мінералізують азотовмісні органічні сполуки та утворюють аміак завдяки аміачним мікроорганізмам, що мешкають у їх кишечнику. Черв'ячні вироби з органічних залишків мають ряд агрономічних властивостей: однорідність, високу здатність утримувати воду, катіонообмінну здатність. Справжній дощовий черв'як (*Lumbricus terrestris*) найпоширеніший у регіоні. Їх роль у захисті та функціонуванні ґрунтів є багатофункціональною. Це пов'язано з великою чисельністю та пластичністю черв'яків, властивостями кормів, розподілом ландшафту-середовища існування олігохет. Вони покращують не тільки хімічний склад, але і структуру ґрунту, збільшують аерацію, пористість, проникність, вміст вологи та родючість, збагачуючи її поживними речовинами; відіграють важливу роль у перетворенні енергії в біогеоценозах. Багаторічні дослідження вчених стверджували, що високий ступінь забруднення ґрунту призводить до виснаження видового складу та зменшення кількості та біомаси дощових черв'яків або навіть до “випадання” складу ґрунтової фауни [18].



## РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ КАЛІФОРНІЙСЬКОГО ЧЕРВ'ЯКА *EISENIA FETIDA*

### 2.1 Дослідження життєвого циклу черв'яків *Eisenia fetida*

Дошові черв'яки – це крупні безхребетні тварини, які належать до родини ґрунтових малощетинкових черв'яків *Lumbricidae*, яких відносять до ряду вищих малощетинкових *Lumbricomorpha*, порядку *Opisthopora*, класу малощетинкових *Oligochaeta*, підтипу пояскових *Clitellata*, типу кільчатих *Annelida*, царству тварин *Animalia* [19].

Трофічна класифікація поділяє усіх дошових черв'яків на 3 категорії [20], зокрема:

- ✓ *фітофаги* (харчуються рослинним опадом або дебрисом),
- ✓ *геофітофаги* (харчуються рослинним опадом і ґрунтом),
- ✓ *геофаги* (харчуються ґрунтом).

Однак при класифікації за умовами середовища їх проживання дошових черв'яків поділяють на такі три категорії: *епігеїки*, *анецики* і *ендогеїки*.

*Епігеїки* (*epigeic* – дослівно з грецької «на землі») – черв'яки, що мешкають в органічних шарах ґрунту, на поверхні ґрунту в органічних відходах чи в рослинних рештках [20].

Група черв'яків-епігеїків охоплює такі види компостних черв'яків, як *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eiseniella tetraedra* та ін. Черв'яки-епігеїки не будують постійних норок, мешкають у верхніх шарах ґрунту, що багаті на органічну речовину, особливо любляють мешкати в листі, а не в більш глибоких шарах мінерального ґрунту. Для таких компостних черв'яків можна створити оптимальні умови навколишнього середовища для підтримки і розмноження в штучних умовах вермікультивування. Тому, черв'яки-епігеїки використовуються для систем вермікомпостування і вермікультивування у всіх країнах світу і вони є фітофагами і гумусоутворювачами [21].

## 2.2 Основні системи вермікомпостування

Основні системи вермікомпостування відходів вторинної сировини включають: траншеї (ложі), гряди, культиватори та контейнери.

Траншеї (ложі) з бортами на відкритих майданчиках, що передбачає пошарове періодичне внесення субстрату, попередньо компостованої біомаси, а періодичний полив і аерування проводиться шляхом дренажування. При використанні такої системи - домінує ручна праця.

Гряди – розміщуються на відкритих майданчиках, шляхом пошарової періодичної укладки субстрату, з періодичним поливом та дренажуванням. Дозволяє використовувати мобільні засоби механізації.

Твердофазні біологічні реактори (культиватори) – це апарати поточно-періодичної дії, що оснащені системами завантаження біогумусу, потребують постійного або періодичного контакту касет з вермикульурою і відходами, а також потребують штучної аерації і періодичного зволоження. Дана система дозволяє переробляти відходи без попереднього компостування.

Контейнери – це ящики, піддони на стелажах в закритих приміщеннях з природним вентиляжуванням і періодичним поливом, що використовують як стаціонарне обладнання для механізації технологічних операцій [22].

Підготовка субстрату для вермікультурного процесу – це важлива складова успішного вирощування черв'яків, яка охоплює наступні елементи:

- Вибір відповідних матеріалів. Субстрат може містити різні компоненти, такі як перегній, непорушені рослинні залишки, дрібні кусочки картоплі, фруктові шкаралупи та інші органічні матеріали. Важливо обрати матеріали, які не містять шкідливих хімікатів і мінералів.

- Оптимальна вологість. Субстрат повинен мати оптимальний рівень вологості для вермікультурних черв'яків. Це може залежати від виду черв'яків, але зазвичай вологість повинна бути близько 70-80%.

- Забезпечення достатньої вентиляції. Черв'яки потребують кисню для виживання. Тому необхідно впевнитись, що субстрат має достатню

вентиляцію.

- Оптимальна температура: Черв'яки найкраще ростуть при температурі близько 15-25 градусів Цельсія.

- Баланс живлення: Субстрат повинен містити необхідні поживні речовини для черв'яків. Для цього може бути використано різноманітні органічні матеріали, такі як зелені відходи, фрукти, овочі тощо.

- Уникнення токсичних матеріалів: Жоден із матеріалів, які використовуються, не повинен містити токсичних речовин або забруднювачів, які можуть пошкодити черв'яків або забруднити компост.

Вермікультурні черв'яки, такі як *Eisenia fetida*, дійсно є відомі своєю здатністю переробляти широкий спектр органічних відходів. Ось лише кілька прикладів органічних матеріалів, які можуть бути перероблені черв'яками:

- Зелені відходи: Листя, трава, відірвані квіти, кавова гуща, чайні листки.
- Фрукти і овочі: Шкурки фруктів, овочеві обрізки, залишки фруктів та овочів.

- Харчові відходи: Рештки їжі, які не містять жиру або м'яса, такі як хліб, рис, макаронні вироби, овочеві обрізки тощо.

- Папір та картон: Непобутовий папір, картонні коробки (перед переробкою переконайтеся, що вони не містять шкідливих барвників або обробників).

- Солома і сіно: Наприклад, відходи від трав'яних рослин, солома від зернових культур.

Черв'яки використовують свої ротові апарати для розщеплення органічних матеріалів на більш дрібні частинки, які пізніше перетравлюються бактеріями в їхніх кишечниках. Цей процес перетворює органічні відходи в поживний ґрунт, який називається вермікомпостом.

Гній може бути одним з основних компонентів раціону для годівлі вермікультурних черв'яків. Гній містить велику кількість органічних речовин, які черв'яки використовують для свого живлення і для виробництва вермікомпосту. Основні переваги використання гною у годівлі черв'яків

включають: багатство поживних речовин (азот, фосфор і калій, а також мікроелементи, які необхідні для росту рослин і доброго здоров'я черв'яків); легкодоступність в агропромислових господарствах; універсальність цього джерела харчування протягом тривалого часу.

Важливо враховувати якість гною, що використовується в годівлі черв'яків, а також уникати використання гною, забрудненого шкідливими речовинами або лікарськими залишками, які можуть негативно вплинути на черв'яків або на кінцевий продукт - вермікомпост [23-25].

Біоконверсія органічних відходів відбувається під час процесу вермікомпостування за участю вермікультурних черв'яків. Рівні біоконверсії органомісних відходів при вермікомпостуванні в біомасу дощових черв'яків наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Рівні біоконверсії органомісних відходів при вермікомпостуванні в біомасу дощових черв'яків [26]

Органічні відходи	Склад
Велика рогата худоба (гній)	11%
Свинячий (гній)	11%
Кінський (гній)	6%
Мул аеротенків	5%
Пташиний послід	4%
Органічні відходи	5%
Залишки стічних вод	6%

Виконаними дослідженнями асоціації «Біоконверсія» [24, 25, 27-29] встановлено, що різні органічні відходи і їх співвідношення обумовлюють неоднакову тривалість періоду ферментації (табл. 2.2).

Як видно, субстрат для вермікультури - це складнокомпонентне середовище, здатне забезпечити черв'якам необхідні поживні речовини, вологу та кисень, а також мати відповідну структуру.

Таблиця 2.2 – Органічні компоненти у субстраті для вермікультури

№ п/п	Різновид пропорцій відходів	Час ферментації, діб
1	Велика рогата худоба (гній) 50 %, кінського гною 15 %, подрібненої соломи 35 %	114
2	45 % гною ВРХ, 35 % пташиного посліду, 15 % листя	100
3	25 % гною ВРХ, 25 % гною свиней, 25 % осаду очисних споруд, 5 % глини, 25 % тирси	130
4	50 % гною ВРХ, 25 % відходів цукрового заводу, 15 % відходів консервного цеху, 10% піску	122
5	50 % гною ВРХ, 25 % відходів цукрового заводу, 15 % органічних відходів м'ясокомбінату, 10 % піску	139

### 2.3 Видове різноманіття черв'яків в практиці вермікультури

Використання дощових черв'яків для виробництва органічних добрив в даний час набуває широкої популярності. Вермікомпостування дозволяє використовувати різні безпечні відходи як добрива, які будуть позитивно впливати на зростання, укорінення і стресостійкість рослин, а також поліпшувати властивості ґрунтів. У країнах з помірним кліматом широко використовується гнойовий, або компост, черв'як *Eisenia fetida* та його підвиди *E. fetida*; *E. Andrei*; звичайний дощовий черв'як *Lumbricus terrestris*, малий червоний черв'як *L. rubellus* і венеціанська дендробена *Dendrobaena veneta*. З багатьох видів дощових черв'яків найбільш продуктивним і підходящим для технологій переробки органічних відходів виявився компостний черв'як *Eisenia fetida*.

Каліфорнійський черв'як (*Eisenia fetida*) має тіло олігохет, довге, циліндричне завдовжки 40–130 мм, завширшки 2-4 мм з кількістю сегментів

від 80 до 120 і більше. Черв'яки *Eisenia fetida* мають пурпурову пігментацію у вигляді широких поперечних смуг, розділених дещо вужчими непігментованими ділянками покривів. На першому сегменті такого виду черв'яка розташований ротовий отвір, над яким нависає виступ, тобто головна лопать, що має форму епілобічного типу. Такий перший сегмент позбавлений щетинок, а на інших щетинки сильно зближені попарно. Жіночі статеві отвори *Lumbricidae* дуже дрібні та розташовуються на 14-му сегменті, чоловічі статеві отвори розташовані на 15-му сегменті, оточені добре розвинутими залозистими полями, а пасок розташований з 26–27 по 31–32 сегмент [30].

Оптимальна температура для вермікультування Каліфорнійського черв'яка становить 25 °С, вологість – 85 %, кислотність – 5–9. В таких умовах тривалість життєвого циклу черв'яків від кокона до дорослої особини коливається від 45 до 51 доби. Статева зрілість вермікультури може коливатися від 21 до 30 діб, а середня маса дорослої особи становить 0,55 г. Відкладення коконів відбувається через 48 год. після спарювання, а середній розмір коконів сягає 4,85 мм × 2,82 мм. Варто відмітити, що життєздатність черв'яків, які з'явилися складає 72 % – 82 % [31].

Дендробена (*Dendrobaena veneta*) - це представник сімейства справжніх дощових черв'яків (або *Lumbricidae*) виведений у Європі спеціально для використання як рибальська наживка. Він також відомий під іншими назвами, наприклад, європейський або бельгійський виповзок. Є об'єктом вермікультування.

Такий черв'як може мати різне забарвлення: коричневе, червоне, жовте. У тілі черв'яків *Dendrobaena veneta* міститься велика кількість корисних речовин, у тому числі білків та амінокислот.

У більшості випадків кормова база черв'яків складається з різних ферментованих відходів, проте існують альтернативні способи годування черв'яка в домашніх умовах. Зокрема, можна використовувати заморожені харчові відходи (для годівлі слід використовувати тільки після розморожування); комбікорм на основі зернових (але такий спосіб підійде,

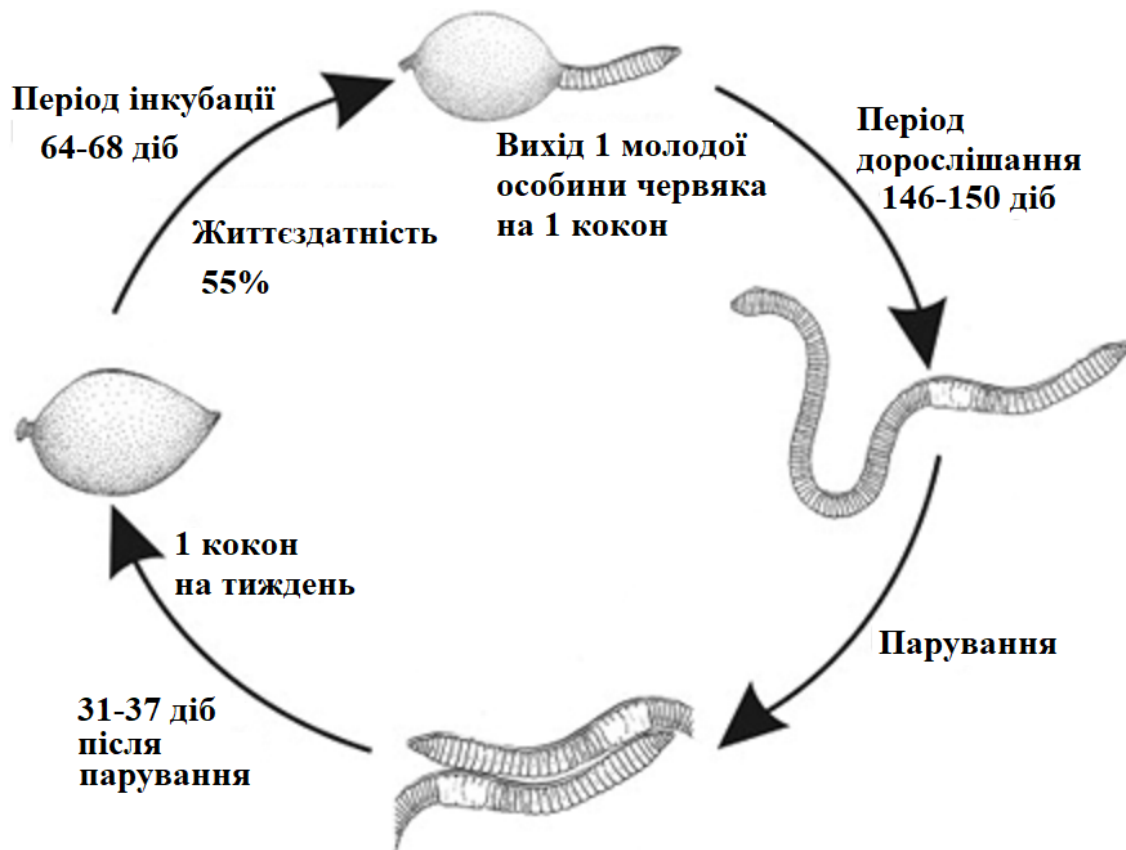
якщо ви розводите черв'яка *Dendrobaena* для риболовлі), у ряді випадків, підійдуть свіжі харчові відходи (наприклад, шкірка бананів).

Для розведення черв'яків *Dendrobaena veneta* цілком підійдуть звичайні дерев'яні або пластикові контейнери, які можна встановити на дачі або в гаражі. У контейнер необхідно покласти агроволокно та простежити, щоб дно мало рівну поверхню. Краще щоб вологість була підвищеною (65-85%), ніж дуже низькою. Незважаючи на те, що такі черв'яки легко переносять навіть сильні та різкі температурні перепади, бажано підтримувати температуру на рівні 18-22 градуси. Розводити *Dendrobaena veneta* можна також у гною або торфі.

Черв'як Старатель – різновид хробаків, виведений у 80-их роках 20 го століття, який має суттєві переваги перед червоним каліфорнійським хробаком. На відміну від останнього хробаки породи Старатель мають інстинкт самозбереження та йдуть на глибину при настанні морозної погоди і кліматичних несприятливих умов. [9, 31].

#### **2.4 Розмноження та розвиток *Eisenia fetida***

На рис. 2.1 представлено життєвий цикл каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*, який складається з декількох етапів, які включаються в їх розвиток та репродукцію. Життєвий цикл каліфорнійського черв'яка починається з відкладання яєць. Яйця зазвичай знаходяться в коконах, які черв'яки вкладають у вологий ґрунт. Після вилуплення з яєць виходять личинки. Це молоді черв'ячки, які починають шукати їжу та рости. Личинки є доволі невеликими та слабкими. Після того, як черв'ячки досягнуть дорослого стану, вони стають активними учасниками вермікультури. Дорослі черв'яки продовжують їсти та рости, а також розмножуватися. Після спарювання черв'яки вкладають кокони, в яких відбувається вилуплення нових личинок. Після смерті черв'яка його тіло може розкладатися у ґрунті, вносячи вклад у процес гуміфікації та поживлення ґрунтової екосистеми.



**Рисунок 2.1 – Життєвий цикл каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida***

Цей цикл повторюється, допомагаючи підтримувати популяцію каліфорнійських черв'яків і забезпечувати їх важливу роль у розкладанні органічних матеріалів у ґрунті.

Дошові черви – гермафродити. Статеві системи складаються з жіночих понад (яєчників), що являють собою комплекс статевих клітин, оточених епітелієм, і чоловічих понад (сім'яників), що лежать усередині містких мішків. Статеві залози у олігохет зосереджені в передніх сегментах тіла. Насінники (дві пари) розташовані в 10-му і 11-му сегментах тіла і прикриті трьома парами насінневих мішків. У насінневих мішках накопичується сперма, яка випливає з сім'яників. Тут відбувається дозрівання сперматозоїдів. Спермії надходять в миготливі воронки сім'яприймачів. Сім'яприймачи зливаються попарно з лівої і правої сторін тіла, і утворюються два поздовжніх канали, що відкриваються парними чоловічими статевими отворами на 15-му сегменті тіла.

Жіноча статеві система представлена парою яєчників, розташованих на 13-му сегменті, парою яйцеводів з воронками, що відкриваються статевими



отворами на 14-му сегменті. У 13-му сегменті діссіпіменти утворюють яйцеві мішки, що прикривають яєчники і воронки яйцепроводів. До жіночої статеві системи належать ще особливі шкірні випячування на 9-му і 10-му сегментах – дві пари сім'язбірників з отворами на черевній стороні тіла.

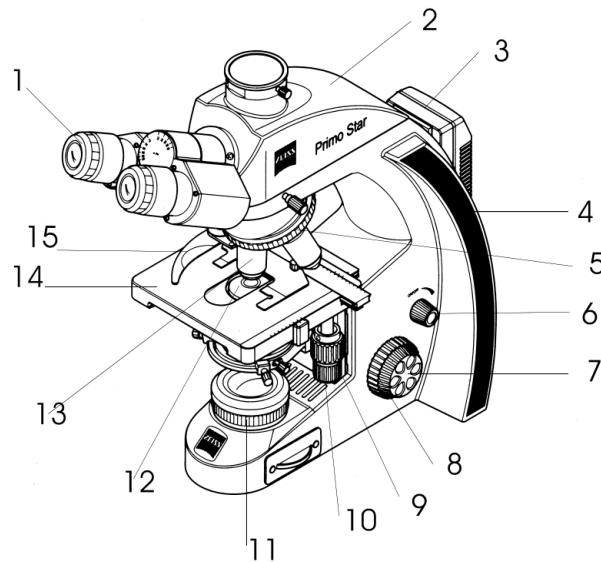
*Розмноження і розвиток.* У статевозрілих дощових черв'яків розвивається залозистий поясок на 32 – 37-му сегментах. У період розмноження спочатку всі особини стають ніби самцями, так як у них розвинені тільки насінники. Черви з'єднуються головними кінцями назустріч, при цьому поясок кожного хробака розташовується на рівні сем'язбірників іншого хробака. Поясок виділяє слизову «муфту», що сполучає двох черв'яків. Таким чином, спаровуються черви об'єднані двома перев'язами з слизових муфт в області їх пасків. З чоловічих отворів обох черв'яків виділяється сперма, яка по особливих борозенках на черевній стороні тіла надходить в сем'язбірник іншої особини. Обмінявшись чоловічими статевими продуктами, черви розходяться. Через деякий час у черв'яків дозрівають яєчники і всі особини стають ніби самками. «Муфта» з області паска сповзає до переднього кінця тіла завдяки перистальтичним рухам тіла хробака. На рівні 14-го сегмента в муфту потрапляють яйцеклітини з жіночих статевих отворів, а на рівні 9 – 10-го сегментів виприсується «чужа» насіннева рідина. Так відбувається перехресне запліднення. Потім муфточка сповзає з головного кінця тіла і замикається. Утворюється яйцевий кокон з яйцями, що розвиваються. Кокон дощових черв'яків за формою нагадує лимончик жовто-бурого кольору; розміри його 4–5 мм в діаметрі. Розвиток у олігохет протікає без метаморфозу, тобто без личинкових стадій. З яєчного кокона вилуплюються маленькі черв'ячки, схожі на дорослих. Такий прямий розвиток без метаморфозу виник у олігохет у зв'язку з переходом до життя на суші або внаслідок перебування в прісних водоймах, які нерідко пересихають.

*Ембріональний розвиток* зародка олігохет протікає, як і у більшості поліхет, по спіральному типу дроблення і з телобластичною закладкою мезодерми. Безстатеве розмноження відомо в деяких родин прісноводних

олігохет. При цьому відбувається поперечний розподіл хробака на кілька фрагментів, з яких потім розвиваються цілі особини, або шляхом диференціації хробака на ланцюжок з коротких дочірніх особин. Надалі цей ланцюжок розпадається. У дощових черв'яків вкрай рідко спостерігається безстатеве розмноження, зате добре виражена здатність до регенерації. Перерізаний черв'як, як правило, не гине, а кожна його частина відновлює відсутні кінці. Найбільш легко черв'як відновлює задній кінець тіла. Головний кінець тіла відновлюється рідко [32].

## **2.5 Робота з оптичними приладами при дослідженні безхребетних**

Мікроскоп є оптико-механічний прилад, що дозволяє отримувати сильно збільшене зображення предмета, що розглядається, розміри якого лежать за межами роздільної здатності неозброєного ока. У мікроскопі можна виділити такі системи: оптичний, механічний та освітлювальний пристрій. Механічна система складається з підставки, тубусоутримувача, тубуса, предметного столика, револьвера, макро- та мікрометренних гвинтів, що служать для наведення на різкість (рис. 2.2). Освітлювальний пристрій включає трансформатор (є не у всіх мікроскопів), лампу, конденсор, діафрагму та матове скло, призначені для направлення світла на препарат, встановлення оптимального освітлення об'єкта та регулювання сили освітлення. Освітлювач може бути вбудованим або розміщується окремо, при цьому є дзеркало, що направляє світло на препарат. До оптичної системи мікроскопа належать об'єктиви та окуляр. Об'єктив дає сильно збільшене дійсне зворотне зображення об'єкта, що вивчається. Він складається із системи лінз, укладених у металеву оправу. Найголовніша – зовнішня (фронтальна) лінза, від фокусної відстані якої залежить збільшення об'єктиву. Зазвичай на револьвері є кілька об'єктивів з різним збільшенням. Від збільшення об'єктиву залежать ще дві його характеристики: робоча відстань, тобто відстань від фронтальної лінзи до площини препарату, і площа поля зору.



1 – окуляр; 2-тубус; 3 – мережевий блок; 4 – тубусоутримувач; 5 – револьвер для об'єктивів; 6 – ручка для включення-вимикання та регулювання інтенсивності освітлення; 7 – мікрогвинт для точного налаштування; 8 – макрогвинт для грубого налаштування; 9 – ручка для переміщення предметного столика у напрямку X; 10 – ручка для переміщення предметного столика у напрямку Y; 11 – освітлювач; 12 – конденсор; 13 – об'єктив; 14 – предметний столик; 15 - пружинний важіль об'єктуотримувача

### Рисунок 2.2 – Мікроскоп для дослідження безхребетних

Чим більше збільшення об'єктиву, тим менше його робоча відстань і поле зору. Окуляр служить до розгляду зображення об'єкта, що дається об'єктивом, т. е. виконує роль лупи. Він складається з 2-3 лінз і дає додаткове збільшення об'єкта, значення якого вказано з його оправі. Загальне збільшення мікроскопа складається з твору збільшення об'єктиву та окуляра. Виразність одержуваного зображення визначається роздільною здатністю мікроскопа, яка залежить від довжини хвилі світла і числової апертури оптичної системи мікроскопа (її значення вказано на оправі об'єктива). Чим більше значення числової апертури, тим вище роздільна здатність. Підвищити роздільну здатність мікроскопа можна, збільшивши показник заломлення середовища, що межує з лінзою. Для цього між фронтальною лінзою об'єктива і об'єктом, що досліджується, поміщають краплю рідини з високим значенням показника заломлення, наприклад краплю води ( $n = 1,3$ ), гліцерину ( $n = 1,4$ ) або кедрового масла ( $n = 1,5$ ). Для кожної зазначеної рідини є спеціальні об'єктиви, які

називаються імерсійними.

Універсальний світловий мікроскоп призначений для дослідження клітинних і тканинних культур, спостереження за внутрішньоклітинними процесами живих клітинних культур, взаємодією між окремими клітинами, їх рухливістю, зростанням і т. д. Він призначений для вивчення об'єктів, тіло яких хоча б частково пропускає світлові промені (тонкі плівкові культури та прозорі об'єкти).

Порядок виконання роботи з дослідження безхребетних є наступним.

1. Розчехлити мікроскоп і поставити у зручне для роботи положення. З правого боку повинні бути необхідні предмети (предметні і покривне скло, реактиви, препарувальні голки, альбом для замальовок).

2. Встановити об'єктив мінімального збільшення.

3. Покласти препарат на предметний столик мікроскопа, закріпивши його важелем об'єктоутримувача. Відрегулювати положення препарату щодо об'єктиву.

4. Рухом макрогвинту, дивлячись збоку препарат, опустити об'єктив. Дивлячись в окуляр і обертаючи макрогвинт на себе, поступово піднімати оптичну частину мікроскопа, поки об'єкт, що вивчається, не потрапить у фокус. Нечітке зображення сфокусувати мікрогвинтом.

5. Поверненням ручки регулятора освітлення встановити оптимальне освітлення поля зору. Для роботи з великим збільшенням (10 х, 40 х, 100 х):

6. Поставити об'єкт або цікаву частину об'єкта в центр поля зору, тому що при великому збільшенні площа поля зору сильно скорочується.

7. Поворотом револьвера до клацання обережно змінити об'єктив.

8. Нечітке зображення сфокусувати спочатку макро-, а потім мікрогвинтами.

9. Різкість зображення налаштувати за допомогою діафрагми, розташованої під предметним столиком.

10. Після закінчення роботи мікроскоп знову перевести на мале збільшення і лише після цього зняти препарат із предметного столика.

11. При тривалій роботі необхідно періодично відключати освітлювач для запобігання його перегріву.

12. Після закінчення роботи вимкнути освітлювач, вставити мережевий блок у приймальний пристрій, одягнути чохол.

## **2.6 Методика вермікультивування контейнерним способом в лабораторних умовах**

В лабораторних умовах на кафедрі екології та технологій захисту навколишнього середовища був закладений дослід з вермікультивування черв'яків *Eisenia fetida* контейнерним способом в лабораторних умовах.

Схема дослідження передбачала закладку двох контейнерів розмірами 60 x 45 x 25 см, при цьому об'єм компосту для культивування 25 дм<sup>3</sup>. В якості компосту використовувалась 2 типи суміші: опале листя та харчові відходи. Закладка проводилася пошарово з використанням двохкомпонентного складу в рівних частинах.

Після досягнення оптимальних параметрів температури та вологості, було проведено заселення контейнерів вермібіотою в розрахунку 1 сім'я на 1 контейнер (вага однієї сім'ї 0,8 кг).

Закладання компосту проводилася двічі. Так, перше закладання відбулось у жовтні, а відбір готового біогумусу у січні (тривалість – чотири місяці), друга закладка починалась у лютому та закінчувалась у квітні (тривалість – три місяці). Для детального аналізу стану вермібіоти, біотичних показників готового біогумусу відбір зразків виконували на завершальній стадії компостування.

Культивування каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* виконували у спеціальних контейнерах (вермікомпостерах), зображених на рис. 2.3.

На рис. 2.4 показано процес спарювання каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*: на субстраті підготовленого органічного компосту або в природному середовищі.



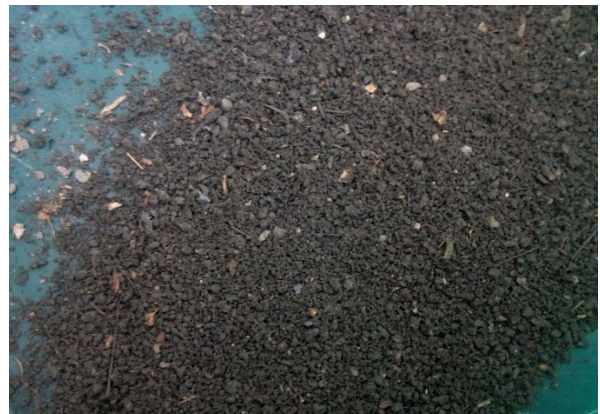
а



б



в



г

а – вихідний компост з опалого листя та органічних відходів; б – внесення сім'ї черв'яків у компостер; в – адаптація черв'яків до нового субстрату; г – перероблений продукт життєдіяльності черв'яків – біогумус

**Рисунок 2.3 – Технологія культивування каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* у вермікомпостері**



а



б

а – на субстраті компосту; б – в природному середовищі

**Рисунок 2.4 – Спарювання каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida***

Черв'яки є гермафродитами, що означає, що вони мають як чоловічі, так і жіночі органи для розмноження. Процес спарювання починається з того, що два черв'яки зближаються і починають обмінюватися спермою. Це відбувається, коли кожен з них виділяє сперму зі своїх чоловічих органів та сприймає сперму з іншого черв'яка через свої жіночі органи. Після цього спарювання зазвичай відбувається змішування сперми в їхній спільній ділянці тіла. Після деякого часу опліднені яйця (кокони) відкладаються черв'яками у вологому ґрунті.

Каліфорнійські черв'яки відкладають яйця у кокони, які називаються кладками. Ці кладки мають гелеподібну консистенцію і зазвичай білого або кремового кольору. Кожна кладка містить від кількох до десятків яєць, залежно від віку та стану черв'яка.

На рис. 2.5 показані кокони каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*.

Кокони каліфорнійських черв'яків мають важливе значення для їхнього розмноження та підтримки популяції. Вони допомагають забезпечити безпечність та захист яйцям від зовнішніх чинників, таких як висихання або хижаки, і сприяють успішному вилупленню молодих черв'яків.

Дослідження вмісту коконів *Eisenia fetida* (рис. 2.6) може дати цінну інформацію про різноманітні аспекти життєдіяльності цих черв'яків та їхній вплив на навколишнє середовище. Вивчення хімічного складу коконів може виявити наявність різних речовин, таких як білки, жири, вуглеводи та мінерали. Це може допомогти зрозуміти, які поживні речовини містяться в коконах і як вони можуть впливати на ґрунтову екосистему. Аналіз мікробного складу, що присутній в коконах, може дати уявлення про мікробіом черв'яків та його вплив на процеси розкладання та гуміфікації органічних матеріалів.

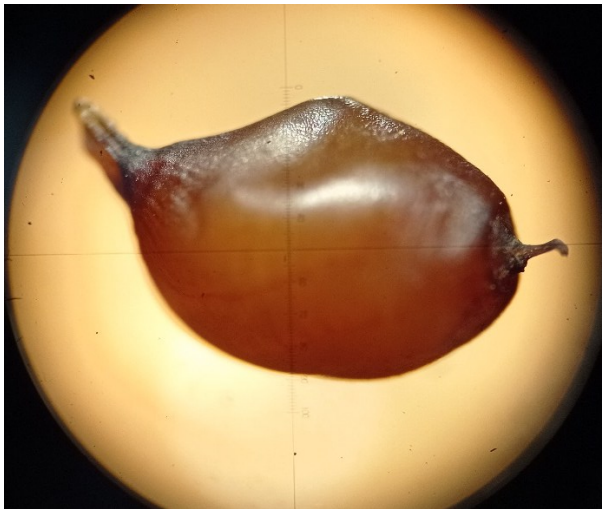
Нематоди можуть інфікувати кокони черв'яків, впливаючи на їх розвиток та життєздатність. Ось деякі можливі аспекти взаємодії між нематодами та коконами черв'яків.



а



б



в



г

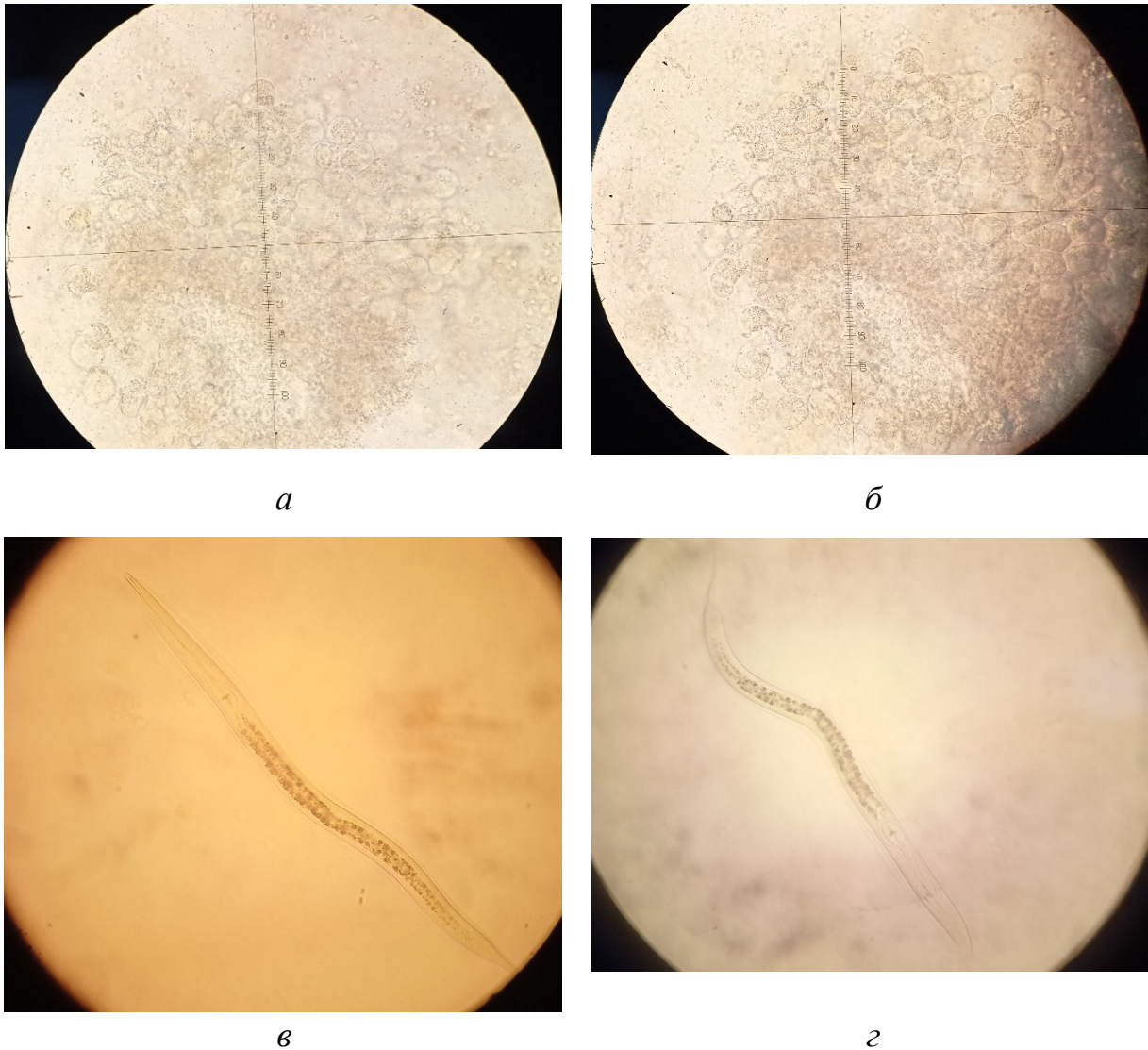
а – черв'як та кокон, б – збір коконів, в – морфологія кокону, г – газоутворення у коконі,

**Рисунок 2.5 – Кокони каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida***

Наприклад, нематоди можуть відкладати яйця в кокони черв'яків або інфікувати їх під час розвитку. Це може призвести до пошкодження або знищення яєць, зниження шансів на виживання молодих черв'яків або вплинути на репродуктивний успіх колонії (рис. 2.6). Інфекція нематодами може призвести до зниження життєздатності та репродуктивного потенціалу дорослих черв'яків. Це може впливати на загальний стан популяції та її здатність до виконання екологічної функції у розкладанні органічних матеріалів у ґрунті.

Після відкладення яйця в кладці поступово розвивається зародковий ембріон, і через деякий час з яйця вилуплюється молодий черв'як.





*a, б* – дослідження розчавленого вмісту кокону з яйцями черв'яків (30-40 шт),  
*в, з* – нематоди у коконі черв'яка

**Рисунок 2.6 – Дослідження вмісту коконів *Eisenia fetida***

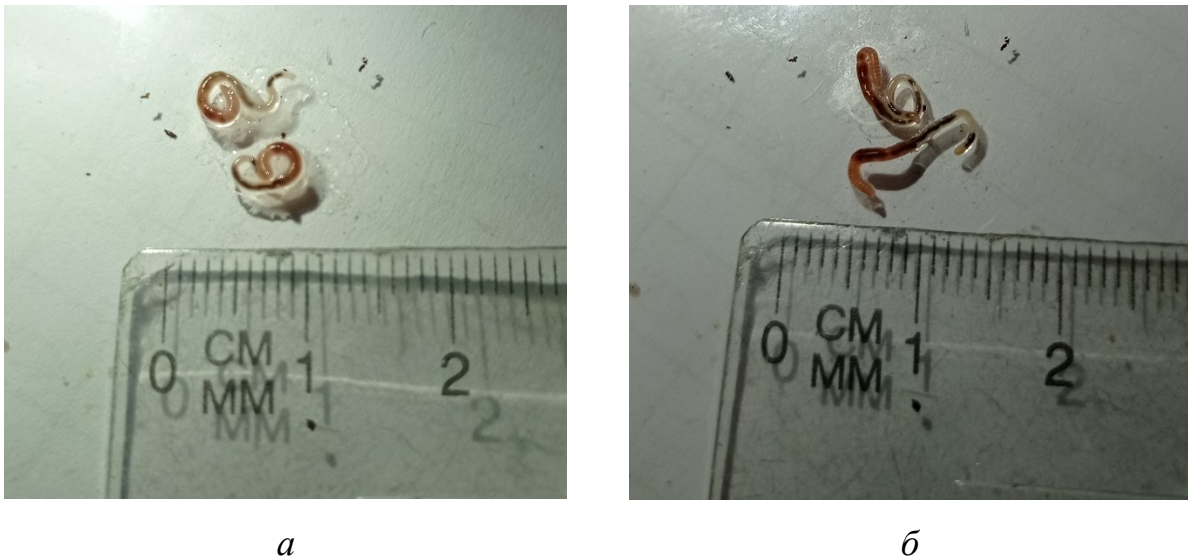
Такий процес може займати від кількох тижнів до кількох місяців, залежно від температури та вологості середовища.

Молоді черв'яки каліфорнійського типу, такі як *Eisenia fetida*, вилуплюються з яєць, що знаходяться у коконах. Після вилуплення вони зазвичай виглядають як маленькі, тонкі, безбарвні чи слабо рожеві черв'ячки. У початковій стадії їхнього розвитку вони дуже невеликі, але швидко зростають і набирають на вагу з кожним линьком, тобто періодичною зміною шкіри.

Молоді черв'яки дуже активні і швидко розпочинають роботу у

розкладанні органічних матеріалів. Вони живляться різними рослинними рештками, що містяться у ґрунті, такими як листя, фрукти, овочі та інші органічні речовини. Крім того, молоді черв'яки активно виробляють гумус, багатий на поживні речовини, який відіграє важливу роль у збереженні родючості ґрунту.

На рис. 2.7 показано фото молодих особин каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*.



*a* – 1 тиждень; *б* – 2 тижні

**Рисунок 2.7 – Молоді особини каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida***

У відповідних умовах (температура, вологість, доступ до їжі) молоді черв'яки швидко ростуть та розмножуються, сприяючи підтримці здорової та плідної популяції.

Колонія дорослих черв'яків *Eisenia fetida*: формує маточне поголів'я (сім'ю), в якій налічується декілька сотень дорослих особин (рис. 2.8).

Колонія дорослих черв'яків *Eisenia fetida* може складатися з різної кількості особин в залежності від умов середовища та розміру контейнера чи ґрунту, в якому вони перебувають. Ці черв'яки відомі своєю здатністю швидко розмножуватися і утворювати великі популяції відносно невеликого простору.



а

а – маточне поголів'я (сім'я) черв'яків; б – доросла особина



б

**Рисунок 2.8 – Колонія дорослих черв'яків *Eisenia fetida***

Типова колонія дорослих черв'яків може містити від кількох десятків до кількох сотень особин. Колонія черв'яків зазвичай активно працює над розкладанням органічних матеріалів у ґрунті. Вони живляться різноманітними рослинними залишками, перетравлюючи їх та перетворюючи на поживну речовину, що сприяє підживленню рослин. Крім того, колонія черв'яків сприяє збереженню родючості ґрунту шляхом продукції гумусу та поліпшенню його структури.

Забезпечення колонії дорослих черв'яків оптимальними умовами середовища, такими як вологість, температура та наявність їжі, допомагає забезпечити їхню активну працездатність та підтримує здорову популяцію.

## **2.7 Вплив температури на ефективність технології вирощування черв'яків**

На стан дощових черв'яків і їх продуктивність дуже впливають фізичні фактори: температура, вологість, кислотність, вміст кисню, щільність. Адже за наявності достатнього корму та сприятливих умов життя будь-яка невідповідність факторів навколишнього середовища призведе до пригнічення фізіологічних функцій черв'яків, зниження продуктивності і навіть загибелі.

Успішне вермікультивування вимагає не лише компосту з потрібними поживними речовинами. Інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у дощових черв'яків безпосередньо залежить від температури середовища проживання і відповідної температури тіла самого дощового черв'яка. Для різних видів глистів оптимальна температура залежить від умов, до яких олігохети пристосувалися протягом тривалої еволюції. Гнойові черв'яки мають досить вузьку екологічну специфіку. Вони не зимують у ґрунті, оскільки не витримують мінусових температур і гинуть у перші кілька днів замерзання. Теоретична біологічна нульова точка ембріонального розвитку для *Eisenia fetida* у субстраті з температурою 3-4°C черви не тільки зберігають активність, а ще й живляться. Після перших осінніх заморозків вони мігрують глибше в субстрат, але не проникають у щільний ґрунт. Через слабку гідродинамічну структуру ріючого тіла черв'як знаходиться на межі матриці і ґрунту і не може проникати в більш глибокі і щільні шари. Черви добре пристосовуються до температур, близьких до 0°C, і зимують у компості під снігом. Черви, які переселяються на поля з гноем, гинуть протягом зими і не можуть створити стабільну популяцію протягом тривалого часу. Багато черв'яків на полях без рослинності гинуть під час ранніх осінніх заморозків. У цей час шкідливі навіть температури, близькі до нуля, а взимку температура в кілька градусів нижче нуля допустима і не завдасть шкоди. При температурі 23°C черв'яки віддають перевагу більш прохолодному середовищу. При температурі 5°C черв'яки впадають у період спокою. Спостереження за личинками протягом 200 днів показали залежність їх росту від температурних умов. Найшвидше дощові черв'яки ростуть за температури 20–25°C. Температура 30°C і вище шкідлива, особливо якщо вологість субстрату занадто висока. При температурі 30°C активність і маса тіла черв'яків знижувалися за рахунок збільшення виділення захисного слизу у відповідь на температурні подразники, а при температурі 37°C вони гинуть. Найбільш сприятлива температура субстрату 28°C, при якій зберігається висока активність і маса тіла не зменшується, а збільшується. Температура є важливим фактором, що впливає на

ембріональний розвиток і появу кокона. Тривалість інкубаційного періоду зменшується з підвищенням температури. У країнах з м'яким кліматом вермікультуру практикують у відкритому ґрунті цілий рік. Для підтримки оптимальних температур грядки з черв'яками можна захистити від вимерзання взимку і прямих сонячних променів влітку, уклавши їх сіном, солом'яною тощо. Для створення необхідного температурного режиму використовується ґрунтовий обігрів, над каркасом якого простягаються тунелі з поліетиленової плівки. Цей пристрій може продовжити час активності хробаків і підвищити їх продуктивність. Оптимальними умовами для виживання черв'яків є температура навколишнього середовища  $+19^{\circ}\text{C}$ . Однак температура, що відрізняється від оптимальної на  $+7-10^{\circ}\text{C}$ , не матиме шкідливого впливу на них, якщо температура буде на  $12^{\circ}\text{C}$  нижче оптимальної, знадобляться заходи ізоляції.

Температурний режим також впливає на кількість знесених коконів. Так, при культивуванні з лютого по квітень за середнього значення температури  $t_{\text{сеп}} = 20^{\circ}\text{C}$  адаптаційний період складає 16 днів, а за 38 днів інкубаційного періоду кількість коконів склала 26 штук. При культивуванні з серпня по жовтень за середнього значення температури  $t_{\text{сеп}} = 25^{\circ}\text{C}$  адаптаційний період складає 10 днів, а за 42 дні інкубаційного періоду кількість коконів склала 42 штуки (табл. 2.3). Для порівняння, у черв'яків *Dendrobena veneta* різниця між циклами становить 15 коконів, при цьому інкубаційний період з квітня по червень становить 47 днів, а середній інкубаційний період з липня по вересень – 22 дні.

Отже, аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що інтенсивність розвитку коконів каліфорнійських черв'яків залежить насамперед від періоду закладання компосту та має найкращі показники у період з серпня по жовтень.

Також було проведено дослідження щодо культивування коконів і оцінки впливу температури на тривалість інкубаційного періоду і ефективності вермікультування.

Таблиця 2.3 – Оцінка впливу температури на розвиток Каліфорнійського черв'яка

Характеристики культивування	Лютий, березень, квітень ( $t_{\text{сер}} = 20^{\circ}\text{C}$ )	Серпень, вересень, жовтень ( $t_{\text{сер}} = 25^{\circ}\text{C}$ )
Адаптаційний період, днів	16	10
Кількість відкладених коконів, штук	26	42
Інкубаційний період, днів	38	26

Лабораторні дослідження щодо визначення впливу температурних режимів на тривалість періоду інкубації коконів (яєць) та відсоткове вилуплювання з них черв'яків виконували при температурах  $20^{\circ}\text{C}$  та  $25^{\circ}\text{C}$ . З табл. 2.4 видно, що при більш низьких температурних режимах тривалість періоду інкубації збільшується і зростає відсоток виходу молодих особин черв'яків.

Таблиця 2.4 – Вплив температури на тривалість інкубаційного періоду коконів

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Вилуплювання, %	Тривалість інкубаційного періоду, днів
20	75,0	72
25	88,0	60

Так, при підвищених температурних режимах тривалість інкубаційного періоду зменшується, але разом з тим відбувається збільшення виходу черв'яків з коконів. Таким чином, температурний режим впливає на тривалість процесу інкубації та вихід черв'яків з коконів. Це має велике значення для підтримання оптимальних температурних режимів в компостному

середовищі, що є дієвим методом регулювання чисельності Каліфорнійського черв'яка.

Подальші дослідження включали відбір субстрату разом із черв'яками для визначення кількісних показників ефективності вермікультування.

Середня чисельність черв'яків репродуктивного віку в готовому компості (біогумусі) Каліфорнійського черв'яка складала 34 штук при температурі 20°C та 51 штука при температурі 25°C (табл. 2.5). Слід зазначити, що чисельність коконів черв'яка на 25 штук більше у досліджуваному субстраті масою 1 кг. Аналогічний результат стосовно молодих особин черв'яків.

Таблиця 2.5 – Усереднені показники вермібіоти Каліфорнійського черв'яка після компостування 1 кг субстрату

Температура, °C	Кокони, шт.	Малий черв'як, шт.	Репродуктивний черв'як, шт.
20	98	24	34
25	123	38	51

Дослідження вагових показників вермібіотичної активності в готовому біогумусі у перерахунку на 1 кг субстрату (табл. 2.6) показало, що середня вага репродуктивного черв'яка становить 3,2 – 4,4 г [33].

Таблиця 2.6 – Показники вермібіотичної активності Каліфорнійського черв'яка по закінченні компостування у перерахунку на 1 кг субстрату

Вага коконів, г	Вага малих черв'яків, г	Вага дорослих особин, г	Загальна вага, г
0,15-0,2	0,3–0,5	3,2–4,4	98,0

## 2.8 Вплив вологості субстрату, рН та інших факторів середовища на процес вермікультивування

Вологість субстрату 60-80% є оптимальною. Після дощів, коли у ґрунті багато води, дощові черв'яки виповзають на поверхню. При вирощуванні черв'яків у лабораторних умовах їх максимальна вага та плодючість досягаються при вологості субстрату 70-85%, тобто близька до вмісту води в тілі червяка.

Експериментально доведено, що оптимальна вологість для вермікультури для досягнення найвищого врожаю біомаси становить 80%. Зниження вологості до 60% уповільнює розвиток каліфорнійського черв'яка, а зниження вологості нижче 60% призводить до швидкої втрати його біомаси. При підвищенні вологості до 90% доступ кисню до субстрату обмежується. Це є результатом розвитку анаеробних процесів розкладання субстрату, що призводить до уповільнення росту і розвитку дощового черв'яка. Якщо вологість субстрату буде менше 30-35%, черв'яки згорнуться в клубок, багато черв'яків загинуть, а популяція зменшиться. З іншого боку, черв'яки можуть витримувати тривале наповнення киснем і підтримувати свою життєдіяльність у субстраті протягом тривалого часу. Черв'яки можуть переносити високий відсоток втрати води в частинах тіла. Вони можуть повернутися до нормального життя після втрати 61,6% маси тіла, або близько 73% загальної кількості води в організмі (середній вміст води в організмі становить 84,1%).

Черв'яки не можуть вижити, якщо вони втрачають більше 70% маси тіла. У міру висихання компосту активність і продуктивність дощових черв'яків знижується, але навіть при 50% вологості вони залишаються життєздатними до місяця. Тому в спекотні та посушливі періоди ферми з виробництва вермікомпосту потребують системного поливу, що автоматично підтримує необхідну вологість у середовищі існування вермікультури.

Черв'яки можуть відновлювати біомасу при рівнях вологості субстрату 50% або вище. Нижче цієї позначки ріст припиняється, але життєздатність



черв'яків може тривати до 30 днів. Вони не можуть довго виживати при вологості нижче 40%. Оптимальна вологість 70-80%. Від вологості залежить статеве дозрівання і коконопродуктивність, а також зростання їх біомаси. Зі збільшенням вологості підвищується і активність олігохет.

Волога також впливає на активність мікробів і сприяє живленню дощових черв'яків. Для підтримки необхідної вологості необхідно регулярне зволоження в умовах, що забезпечують дренаж. Найефективнішим способом зволоження черв'яків є використання системи фіксації, яка утворює водяну росу.

Важливо переконатися, що вода, яка використовується для зволоження, не містить гербіцидів та інших хімічних речовин, які можуть спричинити загибель. Кожен день необхідно контролювати вологість субстрату. У жарку пору року вермікультури вкривають просоченими водою килимками [30, 34].

*Вплив рН.* Дощові черв'яки не живуть у середовищі з  $\text{pH} < 5,0$  або  $\text{pH} > 9,0$ .

*Освітленість.* Багато хробаків бояться світла та ультрафіолетових променів – для пошуку статевого партнера вони виповзають зі своїх норок тільки вночі, тому зона їхнього проживання не повинна висвітлюватися ні природними, ні штучними джерелами світла.

*Аерація та продукти гниття.* Види черв'яків, придатні для вермікультури, в природних умовах, мешкають переважно в поверхневому шарі ґрунту, що добре аерується. Вони надзвичайно чутливі до виділення газів, що утворюються у процесі гниття: аміаку, сірководню, метану. Допустимий рівень вмісту аміаку 0,5 мг/кг субстрату. При вищому вмісті газу черв'яки гинуть. Тому в промислових установках вермікультивування намагаються уникати утворення мертвих (застійних) зон та підтримують вміст кисню в газовій фазі не менше 15%, а  $\text{CO}_2$  – не більше 6%.

*Щільність популяції.* На розмноженні черв'яків негативно позначається перенаселеність субстрату, що переробляється: черв'яки відчувають стрес і збуджуються. У умовах можливі випадки канібалізму. Тому густина популяції є важливим контрольованим показником.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра виконано дослідження життєвого циклу каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* та оцінено вплив основних біотичних факторів на ростові показники колоній анелід.

У теоретичному розділі детально розглянуті сучасні біотехнології вермікультивування для переробки органічних відходів. Проаналізовано основні біотичні фактори впливу на життєвий цикл черв'яків виду *Eisenia fetida*.

В практичному розділі проведено власні дослідження життєвого циклу каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* та аналіз росту популяції в умовах контейнерного вермікультивування. Досліджено вплив основних біотичних факторів, що впливають на ріст популяції черв'яків. Аналіз отриманих даних дозволяє виділити ключові біотичні показники, що впливають на розмноження популяції анелід та визначити їхнє значення для ефективності біотехнологій вермікультивування. Представлені пропозиції та рекомендації базуються на об'єктивних результатах та можуть бути використані в біотехнологічній практиці.

Інтенсивність вермібіотичної активності залежить від періоду закладки компосту. У Каліфорнійського черв'яка життєвий цикл становить 32-36 днів за умов середньої температури 22-25 °С. На процесі інкубації та виходу черв'яків *Eisenia fetida* з коконів, значний вплив має температурний фактор. Температурний фактор також впливає на тривалість процесу інкубації черв'яків, виходу черв'яків з коконів та є дієвим методом регулювання чисельності вермібіоти у компості.

На стан дощових черв'яків і їх продуктивність дуже впливають фізичні фактори: температура, вологість, кислотність, вміст кисню, щільність. Найшвидше дощові черв'яки ростуть за температури 20–25°C. Температура 30°C і вище шкідлива, особливо якщо вологість субстрату занадто висока. Найбільш сприятлива температура субстрату 25°C, при якій зберігається

висока активність і маса тіла збільшується.

Так, при культивуванні з лютого по квітень за середнього значення температури  $t_{\text{сер}} = 20^{\circ}\text{C}$  адаптаційний період складає 16 днів, а за 38 днів інкубаційного періоду кількість коконів склала 26 штук. При культивуванні з серпня по жовтень за середнього значення температури  $t_{\text{сер}} = 25^{\circ}\text{C}$  адаптаційний період складає 10 днів, а за 42 дні інкубаційного періоду кількість коконів склала 42 штуки.

Середня чисельність черв'яків репродуктивного віку в готовому компості (біогумусі) Каліфорнійського черв'яка складала 34 штук при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  та 51 штука при температурі  $25^{\circ}\text{C}$ . Слід зазначити, що чисельність коконів черв'яка на 25 штук більше у досліджуваному субстраті масою 1 кг.

Дослідження вагових показників вермібіотичної активності в готовому біогумусі у перерахунку на 1 кг субстрату показало, що середня вага репродуктивного черв'яка становить 3,2 – 4,4 г.

У роботі також проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори у лабораторії при виконанні експериментальних досліджень. Визначені загальні вимоги безпеки при роботі з хімічними та біологічними речовинами, процедури управління та видалення лабораторних відходів. Сформульовані правила біоетики й основ біобезпеки при роботі з біооб'єктами та біоматеріалом.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Крон А. А., Рошко В. Г. та ін. Угруповання дощових черв'яків (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE) в умовах хронічного електромагнітностресу // Наук. вісник Ужгородського університету. Сер.: Біологія, №27, – Ужгород. – 2010. – С. 13- 17.
2. Попов В. В. Дощові черви (Oligochaeta, Lumbricidae) Лівобережної України: фауна, таксономія, екологія : автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня канд. биол. наук : спец. 03.00.08 «Зоологія». – Київ, 2008. – 24 с.
3. Хоненко Л.Г. Агротехнічні аспекти вермикультури. Робочий зошит до виконання практичних робіт для студентів ступеня «бакалавр» спеціальності 162 – "Біотехнології та біоінженерія" денної форми навчання. Миколаївський національний аграрний університет, 2019. 91 с.
4. Hartenstein R., Neuhauser E., Kaplan D. (1979). Reproductive potential of the earthworm *Eisenia foetida*. *Oecologia* 43, 329–340. <https://doi.org/10.1007/BF00344959>.
5. Edwards, C.A. (1983). Earthworm ecology in cultivated soils. In: Satchell, J.E. (eds) *Earthworm Ecology*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-5965-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-009-5965-1_10).
6. Кунах, О. М. Морфологія дощових черв'яків (Lumbricidae): навч.-метод. посіб. / О. М. Кунах, О. В. Жуков, О. Є. Пахомов. – Д.: ФОП Дрига Т. В., 2010. – 52 с.
7. Жуков О. В., Пахомов О. Є., Кунах О. М. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae): моногр. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 371 с.
8. Кунах О. М., Шилкіна О. І. Алометрична залежність між довжиною та масою тіла дощових черв'яків // Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманіття. – матер. міжнар. наук. конф. – Львів, 2008. – С. 228–230.

9. Щербак Г. Й. та ін. Зоологія безхребетних: Підручник: У трьох книгах. / Г. Й. Щербак, Д. Б. Царичкова, Ю. Г. Вервес – К. : Либідь, 1995.– 320 с.

10. Пахомов О. Є., Кунах О. М. Функціональне різноманіття ґрунтової мезофауни заплавних степових лісів в умовах штучного забруднення середовища. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 324 С.

11. Сендецький В.М. Переробка органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермікультивування / В.М. Сендецький // Вісник Львівського національного аграрного університету, Агрономія, Львів 2010, №14(2), С.318-323.

12. Шарга Б.М., Ніколайчук В.І., Мага І.М., Вермікультура / Метод. рекомендації, 2006.- 101с.

13. Гармаш С. М. Вплив біогумату на врожайність овочевих культур / С. М. Гармаш // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. - Дніпропетровськ, 2009. - № 1. - С. 53-55.

14. Гармаш С. М. Дослідження агрохімічних, фізіологобіохімічних та мікробіологічних властивостей екологічно безпечного добрива біогумусу / С. М. Гармаш // Питання хімії та хімічної технології. - 2008. – № 3. С. 32-34.

15. Харитонов Н.Н., Кулик А.П., Гармаш С.Н., Мельничук Т.М. Дослідження ефективності біогумату - продукту переробки рослинних відходів вермікультурою *Eisenia foetida* //Питання хімії та хімічної технології, 2003. - № 4 - С. 128-130.

16. Сендецький В.М. Технологічні та екологічні аспекти органічного землеробства в Україні / І.П. Мельник, В.М. Сендецький., В.С. Гнидюк// Агроекологічний журнал. – К., 2009. - С.206-208.

17. Інноваційні підходи до фіторемедіації та фіторекультивації у сучасних системах землеробства. Монографія / Я.Г. Цицюра, Ю.М. Шкатула, Т.А. Забарна, Л.В. Пелех. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/31038.pdf>

18. Кучерявий В.П. Рекультивация та фітомеліорація : навч.-метод. посібн. / В.П. Кучерявий, Я.В. Генік, А.П. Дида, М.М. Колодко. – Львів : Вид-

во НЛТУ України, 2006. – 116 с.

19. Шувар І. А. Виробництво та використання органічних добрив / І.А. Шувар, В. М. Сендецький, О. М. Бунчак, В. С. Гнидюк, О. Б. Тимофійчук. - Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. - 596 с.

20. Assessing the impact of composting and vermicomposting on bacterial community size and structure, and microbial functional diversity of an olive-mill waste / Vivas A, Moreno B, GarciaRodriguez S, Benitez E. // Bioresour technol. – 2009. – Vol. 100 (3). — P. 1319–1326.

21. Rodale J. I. The complete book of composting / Rodale J. I. – Emmausb: Rodale Books, 1960. — 1007 p.

22. Кулик А.П., Гармаш С.М. Технологія переробки відходів сільськогосподарського виробництва // Новини Українського товариства інженерів та механіків. Бюлетень. – 2000. – Т. 2. – № 1, 2. – С. 55-56.

23. Сендецький В.М. Еколого-агрохімічне обґрунтування переробки органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермікультивування / В.М. Сендецький // Агроекологічний журнал. – К., 2009.-С. 295-297.

24. Сендецький В.М. Еколого-агрохімічне обґрунтування переробки органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермікультивування /В.М. Сендецький // Агроекологічний журнал. – К., 2009.-С. 295-297.

25. Сендецький В.М. Вплив органічних добрив «Біогумус», виготовлених методом вермікультивування, на урожайність та якість кукурудзи. / В.М.Сендецький // Збірник наукових праць ПДФТУ. - 2010. - №18. – С.150-155.

26. Edwards, C.A., Domínguez, J. and Arancon, N.Q. (2004) The influence of vermicomposts on plant growth and pest incidence. In: Shakir, S.H. and Mikhail, W.Z.A., Eds., Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century, Cairo, 397-420.

27. Сендецький В. М. Переробка органічних відходів у біогумус методом

вермикультивування / В. М. Сендецький. // Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН”. – 2009. – №1. – С. 50–55.

28. Патент 55998 Україна, МПК<sup>7</sup> А01N59/00 Спосіб одержання біологічного стимулятора росту рослин «Вермійодіс» / В.М. Сендецький, Н.М. Колісник, І.П. Мельник//– заявка № 201013160 від 05.11.2010; опубл. 21.12.2010. Бюл. № 24.

29. Сендецький В.М. Переробка органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермикультивування / В.М.Сендецький // Вісник Львівського національного аграрного університету, Агрономія, Львів 2010, №14(2), С.318-323.

30. Мельник І.А. Вермікультура: виробництво і використання. /І.А. Мельник, М.М. Городний, М.Ф. Повхан, В.С. Гітіліс// К., УкрНТЕІ, 1994. – 128с.

31. Жариков Г.А. Проблема оцінки ризику при вермікомпостуванні органічних відходів / Г. А. Жариков, А. В. Шаланда // Агро XXI, 2008. Т. 1-3. – С.33-35.

32. Monroy F., Aira M., Gago J-Á., Domínguez J. (2007). Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Comptes Rendus Biologies*. Volume 330, Issue 5, May 2007, 389-391.

33. Бездиль Р.В. Вплив складу субстрату на вихід вермікомпоста та біомаси штучної популяції *Eisenia foetida*/ Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип.25.10. – 156-161с.

34. Мерденко І. М. Розрахунки кількості складових компонентів для приготування компосту «Біотерм» // Збірник наукових праць ПДАТУ. - Кам'янець-Подільський, 2007. - № 15. - С. 210-213.

35. Пістун І. П та ін. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): навчальний посібник / Пістун І. П., Березовецька О. Г., Трунова І. О. — Львів: Тріада плюс, 2010. — 648 с.

36. ДСН 3,3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Київ, 1999. (Інформація та документація).

37. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999-12-01. Київ, 1999. 20с.

38. Основи охорони праці / В.В. Березуцький, Т.С. Бондаренко, Г.Г. Валенко та ін./ за ред. В.В. Березуцького.– Х.: Факт, 2005.–480 с.

39. Кучерявий В. О. Охорона праці: Навчальний посібник. – Л.: Оріяна–Нова, 2007. – 368 с.

40. НПАОП 73.1-1.11-12. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях.

41. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України. №272.2001р.

42. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник / автор-упор. Лукашук-Федик С.В. – Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б., 2015 – 386 с.

43. Кучерявий В. О. Охорона праці: Навчальний посібник. – Л.: Оріяна–Нова, 2007. – 368 с.