

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет  
Кафедра ґрунтознавства та землеробства

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Побігайло Денис Петрович**

УДК 631.879.4

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КАЛІФОРНІЙСЬКОГО ЧЕРВ'ЯКА  
ЗА УМОВ КОНТЕЙНЕРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА  
КОМПОСТУ**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання  
на відповідне джерело \_\_\_\_\_ Д.П. Побігайло

**Керівник роботи**

**С. В. Журавель,**  
канд. с. г. наук, доцент

Житомир–2020

## Зміст

Анотація	3
Вступ	5
Розділ 1. Літературний огляд	8
Розділ 2. Умови, об'єкти і методика проведення досліджень.	14
2.1. Місце та умови проведення досліджень .	14
2.2. Об'єкти і методика проведення досліджень	14
Розділ 3. Результати досліджень	19
3.1. Особливості контейнерної технології вирощування Каліфорнійського черв'яка	19
3.2. Економіко-енергетична ефективність створення компосту (біогумусу) при використанні Каліфорнійського черв'яка	23
Висновки	25
Рекомендації виробництву	26
Список використаних джерел	27

## АНОТАЦІЯ

Побігайло Д.П. «Особливості застосування Каліфорнійського черв'яка за умов контейнерної технології виробництва компосту». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Кваліфікаційна робота викладена на 32 сторінках комп'ютерного набору, вона містить 6 таблиць, 2 рисунки. Складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 55 найменування.

Сучасна тенденція розвитку сільського господарства в Україні призвела до стрімкого скорочення поголів'я великої рогатої худоби та свиней, а також до скорочення застосування органічних добрив серед багатьох сільськогосподарських підприємств, а це в свою чергу негативно впливає на агрохімічні показники ґрунту, призводить до деградаційних процесів, особливо на ґрунтах легкого гранулометричного складу і в тому числі зони Полісся. Наші дослідження спрямовані на розробку екологічно безпечної технології вермикомпостування, шляхом використання Каліфорнійського черв'яка для створення органічного добрива (біогумусу).

В роботі представлені результати досліджень стосовно основних факторів, що впливають на ріст та розвиток Каліфорнійського черв'яка, особливості технологічного циклу створення компосту, агрохімічні показники готового продукту (біогумусу), обґрунтовано еколого-економічну складову технологічного процесу виробництва вермикомпосту.

Ключові слова: Каліфорнійський черв'як, вермикомпост, вермибіота, вермикультивування, вермикомпост, біогумус, органічна технологія, родючість.

## SUMMARY

Pobigailo D.P. "Features of the use of the California worm in terms of container technology for compost production." - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 201 - agronomy. - Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

Qualification work is presented on 32 pages of a computer set, it contains 6 tables, 2 figures. It consists of an introduction, 3 sections, conclusions, recommendations for production. The list of used sources includes 55 names.

The current trend of agricultural development in Ukraine has led to a rapid reduction in the number of cattle and pigs, as well as to the reduction of organic fertilizers among many agricultural enterprises, which in turn negatively affects the agrochemical performance of soil, leads to degradation processes, especially on soils of light granulometric composition and including the zone of Polissya.

Our research aims to develop environmentally friendly vermicomposting technology by using the California worm to create organic fertilizer (compost).

The paper presents the results of research on the main factors influencing the growth and development of the California worm, features of the technological cycle of compost, agrochemical parameters of the finished product (compost), substantiates the ecological and economic component of the production process of vermicompost.

*Key words: California worm, vermicompost, vermibiota, vermiculture, vermicompost, compost, organic technology, fertility.*

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У розвитку альтернативного землеробства особливої уваги набуває така технологія, як вермикультивування, суть якої полягає у використанні червоних гнойових або компостних черв'яків для отримання із різних органічних речовин екологічно безпечного добрива (біогумусу), який містить весь комплекс макро- і мікроелементів, які необхідні для розвитку сільськогосподарських рослин [2, 15, 16, 17, 22 23-33].

Технологія вермикомпостування є практично безвідходною, в результаті якої отримують біогумус – це біологічно активне органічне добриво, яке не має шкідливих компонентів. Таке добриво має такі агрономічно цінні властивості, як гомогенність, високу водоутримуючу здатність, катіонний обмін, специфічну мікрофлору, продукти життєдіяльності черв'яків і мікроорганізмів. Варто зазначити, що вміст гумусу в готовому вермикомпості може досягати 10-20% [15].

В процесі вермикультивування відбувається зниження як валових, так і рухливих форм важких металів. Даний процес відбувається за рахунок їх акумуляції з субстрату організмом черв'яків, що сприяє зниженню ступеня їх рухливості, а максимальна концентрація важких металів в організмі Каліфорнійських черв'яків відзначається вже через 10 днів [33].

Застосування біогумусу набуло свого поширення в овочівництві, квітникарстві, вирощування лісового посадкового матеріалу [22]. Варто відмітити, що використання вермикомпостів сприяє прискоренню процесів проростання насіння, знижує стрес від пересадки рослин та полегшує отримання ранньої продукції.

На сьогоднішній день дощові (компостні) черв'яки стали привертати особливу увагу науковців, підприємців і практиків у зв'язку з можливістю їх найширшого господарського використання в різних цілях: обробки і

рециклінгу муніципальних, агропромислових і промислових рідких відходів (стічних вод) за допомогою технології вермифільтрації; очищення хімічно забруднених земель за допомогою технології вермиремедації для поліпшення їх фізичних, хімічних і біологічних властивостей; збереження або поліпшення родючості ґрунту і вирощування «без хімічних засобів» безпечної сільськогосподарської продукції, використовуючи вермикомпости і біопрепарати на їх основі, при мінімальному застосуванні мінеральних добрив і агрохімікатів або за їх повного виключення; переробка і рециклінг муніципальних, агропромислових і промислових твердих органомісних відходів за допомогою технології вермикомпостування, що дозволяє отримувати з органічних відходів високоякісне біодобриво, ґрунти і меліоранти [22].

**Мета досліджень** визначити технологічний процес розвитку Каліфорнійського черв'яка, а також особливості впливу на нього факторів навколишнього середовища: температури, вологості, кислотності субстрату. Для досягнення поставленої мети нами вирішувалися такі задачі:

- ✓ дослідити особливості росту і розвитку вирощування Каліфорнійського черв'яка контейнерним способом;
- ✓ визначити особливості впливу температури на розвиток яйця (кокона), в тому числі дослідити відсотковий вихід черв'яка;
- ✓ дослідити особливості впливу вологості на процеси росту і розвитку Каліфорнійського черв'яка;
- ✓ визначити та проаналізувати агрохімічну ефективність компосту (біогумусу) із застосуванням Каліфорнійського черв'яка.

**Об'єктом дослідження** процеси вермикультивування Каліфорнійського черв'яка контейнерним способом в умовах Житомирського Полісся.

**Предметом дослідження** є Каліфорнійський черв'як, технологічний процес вермикомпостування, фактори, що впливають на формування і розвиток коконів, а також агрохімічна ефективність компосту (біогумусу).

**Методи досліджень:** В процесі виконання роботи ми використовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. Так серед загальнонаукових методів ми використовували: гіпотезу – 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.

Серед спеціальних методів ми використовували: польовий – контейнерний метод утримання черв'яків; вимірювально-ваговий – встановлення біометричних показників росту і розвитку черв'яків; лабораторний – визначення особливостей розвитку коконів (яєць) за різних температурних умов та режимів зволоження; статистично-математичний – аналіз та статистична обробка даних для достовірності отриманих результатів досліджень.

#### **Перелік публікацій автора за темою досліджень:**

1. С. В. Журавель Контейнерна технологія вермикомпостування в умовах Житомирського Полісся / Журавель С. В., Поліщук В. О., Лобунець Д. С., Побігайло Д. П., Мельник О. П., Федоляк Ю. С., Верховлюк Ю. С. // Sciences of Europe (Praha, Czech Republic) ISSN 3162-2364. 2020. № 58. Vol. 2. P. 8-13

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Роботу викладено на 32 сторінках комп'ютерного набору, вона містить 6 таблиць, 2 рисунки. Складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 55 найменувань.

При написанні дипломної роботи використовували Положення про кваліфікаційні роботи у Поліському національному університеті [20].

## РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Дослідження багатьох вчених різних країн світу підтвердили, що найперспективнішою і практично безвідходною біотехнологією переробки органічних відходів є біотехнологія за допомогою вермикультивування [22, 23-28, 29-33]. І дощові черв'яки мають величезний позитивний вплив на родючість ґрунту, кругообіги речовин у природі та інше [2, 3, 7, 8].

Першою згадкою про користь дощового черв'яка вважають висловлювання античного філософа Арістотеля (384-322 рр. до н.е.). Він писав, що черв'яки є світовим шлунком - «насичувачем ґрунту». Хоча перші повідомлення про використання дощових черв'яків були пов'язані з часами стародавнього Єгипту, де місцеве населення з успіхом використовувало перероблений дощовими черв'яками нанесений мул річки Ніл для вирощування сільськогосподарських культур [2, 18].

У науковій літературі інформація про позитивний вплив дощових черв'яків на ґрунтоутворюючі процеси почали з'являтися у другій половині XVII століття. Так М. В. Ломоносов у своєму творі «Про шари земні» писав про роль черв'яків у ґрунтоутворюючих процесах. Трохи згодом було розвинуто теорію про дощових черв'яків, їх розповсюдження, розвиток і біологічні особливості у наукових працях вітчизняних вчених М. Гілярова, Н. Дімо, А. Соколова, А. Зражевського [4, 10, 11, 42].

Варто зазначити, що до кінця 50-х років XX століття були розглянуті лише питання про значення дощових черв'яків у процесах ґрунтоутворення, покращення фізико-механічних властивостей ґрунту, поліпшення родючості ґрунтів, а питання про вермикультуру в сучасному її розумінні на той час не ставилося. І жоден не займався технологіями розведення дощових черв'яків, їх селекцією, організацією спеціалізованих господарств з перероблення органічних відходів на біогумус та інше.

В листопаді 1994 року в м. Києві відбувся III конгрес Міжнародний



симпозіум з біоконверсії за допомогою вермикультури, на якому відбулося знайомство із роботою вермигосподарства на Рязанському картонно-рубероїдному комбінаті. Головна мета IV і V міжнародних конгресів полягала у підбитті підсумків роботи за попередні роки, щоб на зміну агітації і пропаганді важливості біологізації сільського господарства й охороні навколишнього природного середовища перейти до практичних дій. Таким чином, проведені конгреси та конференції значно активізували наукову і науково-практичну, науково-дослідну роботи не лише на території України, але й за її межами.

Результатами роботи конгресів та конференцій стали понад 10 книг і брошур, було опубліковано понад 400 наукових статей, створено 3 науково-популярні фільми, а також розроблена низка рекомендацій, що отримали понад 30 патентів.

Ініціатором теоретичного і практичного впровадження промислового вермикультивування в Україні і в усіх республіках колишнього Радянського Союзу був колектив асоціації «Біоконверсія» м. Івано-Франківськ, а президент асоціації – це кандидат сільськогосподарських наук, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки Мельник І. П., директор - Колісник Н. М. [2, 3, 46].

Тому з метою підготовки спеціалістів та обміну досвідом з вермикультивування асоціацію «Біоконверсія» відвідало понад 5000 осіб. Не менш важливим є той факт, що А. Косолапова, К. Миревич запровадили на ЗАТ «Рязанский картонно-рубероидный завод» промислове перероблення методом вермикультивування картонно-рубероїдних відходів у суміші зі свинячим гноєм власної свиноферми. На даному заводі щорічно реалізують 400-500 т товарного біогумусу і 200-300 т ґрунтосуміші, що виготовлена на основі біогумусу для вирощування овочевих культур і декоративних рослин [1].

М. Зезін розробив технологію вермикультивування з врахуванням суворого клімату Уралу. Також вагомий вклад у розвиток

вермикультивування зробили С. Іларіонов, Н. Кудрявцева, В. Іванов, Н. Протонов та інші. [9].

У Киргизстані утримували черв'яків в лабораторних умовах у ящиках і залізних баках, а також на відкритих ділянках ґрунту, на бетоні, в ґрунтових і бетонних траншеях, на ділянках під дією як прямих сонячних променів, так і в місцях затінених кронами дерев. З розведенням дощових черв'яків були організовані глибокі наукові дослідження біології дощових черв'яків, їх селекції, удосконалення технології їх розведення [2, 7, 11].

За участю вчених асоціації «Біоконверсія» за 1989-1994 роки в Україні та інших республіках колишнього Радянського Союзу були виконані значні науково-теоретичні і практичні роботи в напрямку вермикультивування. Так в Національному університеті біоресурсів і природокористування України, Оренбурзькому аграрному університеті, у навчальних закладах Москви, Санкт-Петербурга та інших, було створено лабораторії з вермикультивування.

Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробовування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого та низка інших установ за кошти державного бюджету виконали дослідження конструкційно-технічних параметрів технічних засобів для виробництва біогумусу, а також виготовили експериментальні зразки механізмів, що реалізують екологічно чисті тепличні овочі [41].

Вже більше 20 років вермикультивуванням займається М. О. Конкін на Черкащині. Його вермигосподарство спеціалізується на розведенні Каліфорнійських дощових черв'яків і розміщене на двох колишніх переобладнаних тваринницьких приміщеннях, що займають площу до 2000 м<sup>2</sup> і щорічно на цьому господарстві виготовляють до 700 тонн біогумусу.

Варто відмітити діяльність вермигосподарство в ТЗОВ «Агрофірма «Колос»» Київської області на чолі з директором Л. В. Центило. Дане господарство створене в 2011 році за активної участі доцента кафедри

мікробіології черв'яків, який створив і очолює литовську асоціацію вермивиробників, щовиробляє біогумус, ґрунтосуміш, гумінові препарати і експортує їх до країн Євросоюзу.

В Естонії на сьогоднішній день діють кілька вермипідприємств, зокрема вермифірма «EIFO», що створена В. А. Дуліним, і переробляють органічні відходи з парків, садів та інших майданчиків. [19].

Досить таки вагомий внесок у розвиток вермикультивування в Україні зробили ініціатори промислового вермикультивування колишнього Радянського Союзу, зокрема І. П. Мельник та Н. М. Колісник – це Асоціація «Біоконверсія»; вчені і спеціалісти з Івано-Франківщини, такі як В. Гітіліс, В. Гуцуляк, М. Шпільчак, В. Слободян, А. Поліщук, В. Сендецький, М. Федоришин, М. Абрамик, Б. Пернак, С. Левко, С. Коржан, М. Борковський, А. Страшко, І. Андрусик та інші; також не оминаємо увагою доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН України М. М. Городнього та доктор сільськогосподарських наук, професора Бикіна А.В., який кандидатську і докторську дисертації захистив з проблеми вермикультивування з Національного університету біоресурсів і природокористування України, М. Ф. Повхан, проректор цього університету (1983-1996), кандидат хімічних наук, професор, який вивчав досвід вермикультивування і побував у понад 10 країнах світу, зокрема у Китаї, Угорщині, Західній Німеччині та ін., а також вчені цього ж університету - А. Середюк, В. Фантух і М. Шикула [2, 3, 21, 46].

Значний вклад у розвиток біологічного землеробства, вермикультивування зробив доктор сільськогосподарських наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри землеробства і тваринництва Львівського національного аграрного університету - І. А. Шувар. Також такі вчені як С. Гармаш, А. Кулик, А. Сумароков (м. Дніпропетровськ), С. Шурова, А. Греул (м. Одеса), В. Ковальов (м. Житомир), І. Карпець (м. Київ), з Донецького регіонального центру «Екологія Донбасу» (О. Кокотов, Н. Лященко), з Одеського державного університету

(В. Іваніца), з Інституту біохімії АН України (Ю. Холодова, Р. Морозова, А. Безпалько, І. Ніколенко), з Херсонського аграрного університету (Н. Риженко), з Харківського НВО «Бі- опос» (А. Безкровний), з Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (М. Лінник), з Одеського проектно-технологічного інженерного центру «Біотехніка» (І. Старчевський), з Харківського інституту овочівництва (А. Зінченко, М. Баранов) та інші [3, 4].

Вже понад 20 років плідно співпрацює з ученими асоціації «Біоконверсія» І. М. Тітов, кандидат біологічних наук Володимирського державного університету, автор багатьох книг, брошур, наукових статей, патентів з проблематики вермикультивування. Він побував у понад 20 країнах світу, де мав змогу вивчати досягнення науки і передовий досвід з проблеми вермикультивування [19].

Вагомий внесок у розвиток вермикультивування зробив киргизький вчений А. Б. Морев, оскільки за його ініціативи було проведено першу Всесоюзну конференцію з вермикультивування у м. Фрунзе. В цій конференції взяли участь понад 50 осіб, у тому числі І. Мельник, М. Поліщук, М. Городній, які звернулися до владних структур, вчених колишнього Радянського Союзу з проханням розпочати наукові дослідження з вивчення і впровадження вермикультивування [3, 5, 16].

Таким чином, вермикультивування і вермикомпостування – це найбільш сучасна екологічно безпечна біотехнологія переробки і утилізації органічних, відходів для навколишнього природного середовища. Одним із наших завдань є широка пропаганда щодо впровадження серед городників, дачників, садівників технології переробки органічних відходів за допомогою червоних дощових черв'яків, зокрема Каліфорнійського черв'яка. Даний технологічний прийом допоможе утилізувати відходи дачних, присадибних ділянок, а також домашні органічні відходи з користю для населення і навколишнього природного середовища [43, 44].

Інтенсифікація вирощування черв'яків – це важливий шлях для

можливого наближення в умовах виробництва щодо розв'язання ще однієї віковичної проблеми, а саме: скорочення циклу кругообігу білка у природі. Адже всім відомо, що тварини засвоюють їжу, зокрема білкову, лише частково, а решта - це 40% йде у відходи. Потім поживні речовини перегнивають, потрапляють у ґрунт, з ґрунту у рослину, а разом з нею знову потрапляють у їжу тварин і до людини.

Черв'як споживаючи відходи - виробляє з них тваринний білок, і цим самим скоротивши біологічний цикл на його одержання в 2 рази і дає таку біологічну масу, що у ряді країн її використовують для виготовлення смачних і поживних страв. Стосовно менталітету українців, то ми поки що не використовуємо черв'яків для приготування страв, хоча усі знають, який це цінний корм для птиці і для риби. Адже черв'яки - дуже цінна добавка до раціону свиней, великої рогатої худоби та інших видів тварин. Цінність такої добавки полягає не лише у поживності, а й у тому, що вона дає змогу збалансовувати годівлю, забезпечуючи високу їх віддачу доброякісної тваринницької продукції.

Тому ми прийшли до висновку, що черв'яки виконують важливі функції для відтворення родючості ґрунту, покращують їх агрохімічні показники, використовуються у процесах вермикомпостування для переробки органічних відходів та виробництва біогумусу, а також біомаса черв'яків може використовуватися у власних домогосподарствах і на продаж. Адже забезпечення внутрішнього і зовнішнього ринків продукцією вермикомпостування – це недалека перспектива для землеробів країни, яка повинна стати одним із основних шляхів біологізації землеробства та охорони навколишнього природного середовища [1, 2, 3, 6, 19,41].

## **РОЗДІЛ II. УМОВИ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Місце та умови проведення досліджень**

На базі Поліського національного університету весною 2019 року був закладений довготривалий стаціонарний дослід за темою «Розробка ефективних способів приготування компостів в органічному та біодинамічному землеробстві» № 0118V004349.

Схема досліду передбачала закладку чотирьох контейнерів, розміри яких складала 2х1х1 м – це відповідає 2 м<sup>3</sup>, а компост при цьому займає об'єм 1 м<sup>3</sup>. Закладка компосту проводилася пошарово з використанням трьохкомпонентного субстрату в рівних частинах кінського гною, тирси та листя.

Після досягнення оптимальних параметрів температури та вологи, було проведено заселення контейнерів вермибіотою в розрахунку 2 сім'ї на 1 контейнер, при цьому вага однієї сім'ї становила 1 кг. В кожному контейнері крім контрольного були заселені різні види черв'яків: Каліфорнійський, Дендробена, Старатель. Ми проаналізували контрольний варіант та варіант № 4, де використовувався Каліфорнійський черв'як.

### **2.2. Об'єкти і методика проведення досліджень**

Закладка компосту за сезон, крім контролю проводилася двічі. Так, перше закладання починалося в квітні, а відбір готового біогумусу у червні (тривалість – три місяці), друга закладка починалась у липні та закінчувалась у вересні (тривалість – три місяці). Для детального аналізу стану вермибіоти, агрофізичних і агрохімічних показників готового біогумусу відбір зразків виконували на завершальній стадії компостування.

### Структура компосту:

1. Солома - 33 %

2. Зелена маса - 33 %

3. Гній - 33 %

### *Схема закладки органічної маси для отримання компосту:*

№1	№2	№3	№4
Контроль	Старатель	Дендробена	Каліфорнійський черв'як

Дощові черв'яки являють собою крупних безхребетних тварин. Вони належать до родини крупних ґрунтових малоцетинкових черв'яків *Lumbricidae*, яких відносять до ряду вищих малоцетинкових *Lumbricomorpha*, порядку *Opisthopora*, класу малоцетинкових *Oligochaeta*, підтипу пояскових *Clitellata*, типу кільчатих *Annelida*, царству тварин *Animalia* [21,38].

Трофічна класифікація поділяє дощових черв'яків на 3 категорії [39]: фітофаги (харчуються рослинним опадом або дебрисом), геофітофаги (харчуються рослинним опадом і ґрунтом) і геофаги (харчуються ґрунтом). Однак при класифікації за умовами середовища їх проживання дощових черв'яків поділяють на такі три категорії: епігеїки, анецики і ендоеїки [35].

Епігеїки (epigeic – дослівно з грецької «на землі») – ці черв'яки мешкають в органічних горизонтах ґрунту або на поверхні ґрунту в органічних відходах чи в рослинному опаді. Група черв'яків-епігеїків включає в себе такі види компостних черв'яків, як *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eiseniella tetraedra* та ін. Черв'яки-епігеїки не будують взагалі постійних норок, мешкають у верхніх шарах ґрунту, багатих на органічну речовину, особливо в листі, а не в більш глибоких шарах мінерального ґрунту. Для цих компостних черв'яків можна відтворити оптимальні умови навколишнього середовища для підтримки і розмноження

в штучних умовах популяції або вермикультури, і тому, саме черв'яки-епігеїки використовуються для систем вермикомпостування і вермикультивування у всіх країнах світу. До того ж вони є фітофагами і гумусоутворювачами [35].

### **Основні системи вермикомпостування відходів вторинної сировини :**

**1. Траншеї або ложка** з бортами на відкритих майданчиках. Пошарове періодичне внесення субстрату ( попередньо компостованої біомаси ), періодичний полив і аерування шляхом дренажування. Домінування ручних операцій.

**2. Гряди** на відкритих майданчиках, пошарове періодичне укладання субстрату, періодичний полив, дренажування. Можливість використання мобільних засобів механізації. Перехід вермикультури шляхом суміжного укладання гряд.

**3. Твердофазні біологічні реактори** ( культиватори ) – апарати поточно-періодичної дії, оснащені системами завантаження біо гумусу , постійний або періодичний контакт касет з вермикультурою і відходами, примусове аерування і періодичне зволоження. Можливість переробки відходів без попереднього компостування.

**4. Контейнери**, ящики піддони на стелажах в закритих приміщеннях з природним вентиляванням і періодичним поливом. Використання стаціонарного обладнання для механізації технологічних операцій[13].

Ми використовували систему контейнерів, оскільки вони призначені для вермокомпостування у невеликій кількості. З важливих переваг цього методу є те, що технології отримання компостів і вермикомпосту прості і доступні [14].





Рис 1. Загальний вигляд компостного контейнера

**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. Так на першому сегменті такого виду черв'яка розташований ротовий отвір, над яким нависає виступ, тобто головна лопать, що має форму епілобічного типу. 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 та оточені добре розвинутими залозистими полями, а пасок розташований з 26–27 по 31–32 сегмент. Пубертатні валики розміщені з 28 (рідше буває з 29) і по 30–31 сегмент, також частково можуть заходити на 27 сегмент, а чотири пари сім'яних мішків розміщені у 9–12 сегментах, дві пари сім'яприймачів відкриваються у міжсегментні борозенки 9/10, 10/11 у лінії спинних пор [35].

Оптимальна температура для вермикультивування *Каліфорнійського черв'яка* становить 25 °С, вологість – 85 %, рН – 5–9. В таких умовах тривалість життєвого циклу черв'яків від кокона до дорослої особини коливається від 45 до 51 доби. Період, за який настає статева зрілість вермикультури, може коливатися від 21 до 30 діб, а середня маса дорослої

особи становить – 0,55 г. Відкладення коконів відбувається через 48 год після спарювання, середній розмір коконів – 4,85 мм × 2,82 мм. Варто відмітити, що життєздатність черв'яків, які з'явилися складає 72 % – 82 % [40].



Рис. 2. Черв'як Каліфорнійський

## РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Особливості контейнерної технології вирощування Каліфорнійського черв'яка

В нашій роботі ми використовуємо контейнерний методом компостування органічних відходів та одночасного вирощування Каліфорнійського черв'яка. Варто відмітити важливість цілого ряду факторів, що можуть впливати на ефективність технології вирощування Каліфорнійського черв'яка контейнерним способом, зокрема, від температури, вологості - залежать процеси росту та розвитку черв'яків, а також відкладання коконів (яєць) і період їх інкубації. З 2019 по 2020 роки ми проводили по два періоди досліджень, тривалість кожного по три місяці.

Звертаючи увагу на таблицю 3.1., в перший період з квітня по червень процеси адаптації Каліфорнійського черв'яка тривали на 5 днів довше в порівнянні з другим періодом (липень - вересень). Ми вважаємо, що це пов'язано з температурними режимами, оскільки в перші періоди вони були значно нижчими. Також температурний показник вплинув на кількість відкладених яєць - різниця між періодами становила 12 яєць (коконів). Період інкубації з квітня по червень становив приблизно 33 дні, тоді як з липня по вересень середній інкубаційний період склав 20 днів.

Тому, проводячи аналіз отриманих результатів, робимо висновок, що інтенсивність розвитку Каліфорнійського черв'яка залежить від періоду закладки компосту і найкраще проявляється в період з липня по вересень.

Таблиця 3.1

#### Трьохмісячний цикл розвитку Каліфорнійського черв'яка, 2019-2020 рр.

Показники	Трьохмісячний період	
	Квітень, травень, червень	Липень, серпень, вересень
Адаптаційний період, днів	13	8
Кількість відкладених коконів, шт.	25	37
Інкубаційний період, днів	33	20

З метою підтвердження нашої гіпотези стосовно впливу температурних режимів на розвиток коконів – ми провели лабораторний дослід щодо визначення, яким чином температурні режими впливають на тривалість періоду інкубації коконів (яєць), відсоткове вилуплювання черв'яків з них. Звертаємо увагу на таблицю 3.2, де нами підтримувалися два температурних режимів при 10 та 20 °С, де було встановлено, що при більш низьких температурних режимах тривалість інкубаційного періоду збільшується і разом з тим - зростає відсоток виходу молоді.

Таблиця 3.2

**Тривалість інкубаційного періоду яєць (коконів) Каліфорнійського черв'яка в залежності від двох температурних режимів, 2019-2020 рр.**

Температура, °С	Вилуплювання, %	Тривалість інкубаційного періоду, днів
10	85,1	77
20	67,3	24

Так при підвищеній температурі тривалість інкубаційного періоду знижується і знижується вихід черв'яків з коконів. Тому температурний чинник впливає не лише на тривалість процесу інкубації, але й на вихід черв'яків з коконів. Даний факт відіграє важливе значення для підтримки оптимальних температурних режимів в компостному середовищі, що в свою чергу є дієвим методом регулювання чисельності Каліфорнійського черв'яка.

Також в розрізі наших досліджень ми відібрали по 1 кг субстрату разом із черв'яками та розрахували кількісні показники вермибіотичної активності, а для достовірності результатів ми порівняли результати черв'яка Каліфорнійського із контрольним варіантом, зокрема з альтернативним видом - черв'яком Старателем. Звертаючи увагу на таблицю 3.3, середня кількість черв'яків репродуктивного віку в готовому компості Каліфорнійського черв'яка становить - 9 штук, а це практично рівнозначно кількості черв'яків виду Старатель. При цьому кількість коконів (яєць) в Каліфорнійського черв'яка на 48 штук більша, ніж у Старателя. Черв'як

Старатель переважає Каліфорнійського черв'яка щодо кількості молоді на 42 штук. Тому відмічаємо, що Каліфорнійський черв'як переважає черв'яка Старателя щодо кількісних показників відкладання коконів (яєць), але поступається йому щодо відсоткового виходу молодого черв'яка з яйця.

Таблиця 3.3

**Порівняння вермибіотичної активності Каліфорнійського черв'яка та черв'яка Старатель на кінцевому етапі компостування, 2019-2020 рр.**

Вид вермибіоти	Кокони, або яйця, шт.	Малий черв'як, шт.	Репродуктивний черв'як, шт.
Контроль	-	-	-
<b>Каліфорнійський</b>	<b>141</b>	<b>38</b>	<b>9</b>
Старатель	93	80	9

Ми проаналізували вагові показники різних видів черв'яків в готовому субстраті. Звертаємо увагу на таблицю 3.4, і спостерігаємо, що Каліфорнійський черв'як переважає черв'яка Старателя в розмірах і середня вага Каліфорнійського черв'яка репродуктивного виду складає - 4 г., а черв'яка Старателя - 3,4 г. При цьому, ми оцінюємо загальні показники ваги коконів молодих черв'яків і черв'яків репродуктивного віку. Тому можемо відмітити, що Каліфорнійський черв'як поступається загальній масі черв'яку Старателю на 5,4 г.

Таблиця 3.4

**Показники маси вермибіотичної активності  
Каліфорнійського черв'яка, 2019-2020 рр.**

Вид вермибіоти	Кокони вага, г	Малий черв'як, вага, г	Репродуктивний черв'як, вага, г	Загальна вага черв'яків, г
Контроль	-	-	-	-
<b>Каліфорнійський</b>	<b>8</b>	<b>8,4</b>	<b>4</b>	<b>20,4</b>
Старатель	5,6	16,8	3,4	25,8

При культивуванні черв'яка важливе значення відіграє отриманий кінцевий продукт компостування – органічне добриво або біогумус, основні агрохімічні показники якого наведені нижче в таблиці 3.5. Ми проаналізували агрохімічні показники біогумусу за різних строків компостування і відмітили, що отриманий компост має кращі показники за умов компостування в більш теплий період. Також спостерігаються найбільш високі показники по вмісту гумусу, зокрема зростання його з 10,7 % до 12,0 % в липнево-вересневий період та вміст азоту зростає з 3 до 3,6 %.

Таблиця 3.5

**Агрохімічний аналіз біогумусу при використанні  
Каліфорнійського черв'яка, 2019-2020 рр.**

Показники	Од. вим.	Трьохмісячний період	
		Квітень, травень, червень	Липень, серпень, вересень
Вологість	%	45,7	50,3
pH сольове	-	8,2	8,4
Азот	%	3,0	3,6
Фосфор	%	2,7	2,9
Калій	%	3,1	3,5
Вміст гумусу	%	10,7	12,0

Ми вважаємо, що така різниця в агрохімічних показниках зумовлена інтенсивністю розвитку мікробіологічної активності та підвищеним процесом трансформації та розкладом органічної речовини. Тому найкраще закладати компост в більш теплий період - це сприятиме поліпшенню агрохімічних показників біогумусу.

### 3.2. Економіко-енергетична ефективність створення компосту (біогумусу) при використанні Каліфорнійського черв'яка

Еколого-економічна ефективність технологічного процесу надає можливість оцінювати різні види технології вермикомпостування з енергетичної точки зору. Адже це є важливим аспектом щодо розуміння ефективності досліджуваної технології та доцільності її впровадження. Варто відмітити, що економічна ефективність може змінюватися в залежності від варіабельності цінової політики на гній, солому, зелену масу, маточне поголів'я черв'яка, вартість оплати праці і т.п., і економічна ефективність показує ефективність технології на конкретний проміжок часу. А енергетичні показники є сталими і зазначають конкретний вихід енергії з одиниці готової продукції, звертаємо увагу на таблицю 3.6.

Таблиця 3.6

#### Технологія виробництва біогумусу при використанні черв'яка Каліфорнійського, 2019-2020 рр.

Показники	Одиниця виміру	Вартість 1 од. в грн.
Вартість органічних відходів (кінський гній, солома, зелена маса) необхідна для виробництва 1 т біогумусу	т	400
Транспортування органічних відходів на площадку для компостування	т	70
Навантаження органічних відходів	т	90
Розкладання органічних відходів в ложі	т	230
Заселення компосту маточним поголів'ям	-	550
Догляд за компостом (поливання, рихлення, укриття соломою)	т	700
Вибірка готового біогумусу	т	400
Пересівання біогумусу	т	450
Інші витрати	-	250
Всього	-	3140

*Примітка: собівартість вермикомпосту за ринковими цінами станом на 2020 рік складає 6800 грн./т*

За результатами економічної ефективності використання зазначеної технології дає можливість отримати прибуток в розмірі 3660 грн. з 1 т.

Енергетична цінність Каліфорнійського черв'яка становить 24 кДж/г. Отримані результати показали, що в 1 кг готового біогумусу міститься 18,4 г вермибіоти. Отже, енергетична цінність 1 кг біогумусу з наявною в ній вермибіотою складає 441,6 кДж, тобто енергетична цінність 1 т становить 441600 кДж.

Таким чином як з енергетичної, так і з економічної точки зору культивування Каліфорнійського черв'яка в технологічному процесі розкладу органічної сировини є досить ефективним та економічно привабливим.



## ВИСНОВКИ

1. Інтенсивність розвитку Каліфорнійського черв'яка залежить від періоду закладки компосту і найкраще проявляється з липня по вересень, що становить 20 днів.
2. Температурний фактор впливає та тривалість процесу інкубації, вихід черв'яків з коконів (яєць). Підтримання оптимальних температурних режимів в компостному середовищі дозволить регулювати чисельність Каліфорнійського черв'яка.
3. Отриманий компост (біогумус) має кращі показники при умові компостування в більш теплі періоди, що, в свою чергу, покращує агрохімічні показники біогумусу і найбільш високі показники відзначаються за вмістом гумусу - зростання його з 9,7 % до 11,0 % в липнево-вересневий період та зростання азоту з 2 до 2,6 %.
4. Економічна ефективність використання компостування з Каліфорнійським черв'яком дає можливість отримати прибуток в розмірі 3660 грн. з 1 т.
5. Енергетична цінність 1 кг біогумусу з наявною в ній вермибіотою складає 441,6 кДж, тобто енергетична цінність 1 т становить 441600 кДж.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Технологія вермикомпостування є майже безвідходною і у результаті якої отримують якісне біологічно активне органічне добриво - біогумус, що взагалі не містить шкідливих компонентів. Таке добриво має агрономічно цінні властивості, зокрема гомогенність, високу водоутримуючу здатність, місткість катіонного обміну, специфічну мікрофлору, а також продукти життєдіяльності черв'яків і мікроорганізмів. Тому для покращення якості компостування та підвищення ефективності переробки різних видів органічної сировини в господарствах різних форм власності, ми рекомендується запроваджувати технологію вермикомпостування на основі Каліфорнійського черв'яка. Адже це дасть змогу покращити не лише агрохімічні показники компосту (біогумусу), але й скоротить терміни компостування майже в 2 рази. Крім того, дана технологія вирішує проблему утилізації органічних відходів, надає змогу внесення готового органічного добрива з можливістю швидкої мінералізації, ефективного використання сільськогосподарськими культурами за умов органічних і екологічнобезпечних технологій їх вирощування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроекологія / За ред. проф. М. М. Городнього. - К.: Вища школа, 1993.- С. 185-216.
2. Городний Н. М. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н. М. Городний, И. А. Мельник, М. Ф. Повхан и др. - К.: Урожай, 1990. - 256 с.
3. Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды / под. ред. И. А. Мельник). - К., 1996. - 235 с.
4. Гармаш С. М. Біоконверсія соняшникового лушпиння / С. М. Гармаш, М. О. Рябченко, О. П. Кулик. - Дніпропетровськ, Пороги, 2008. - 94 с.
5. Городний Н. М. Вермикультура и ее использование / Н. М. Городний, Ю. В. Морев // Информ. письмо УСХА и НИИ биологии АН Кирг. ССР.-К., 1988.-5 с.
6. Дарвин Ч. Образование почвенного слоя деятельностью дождевых червей и наблюдение над образом жизни последних / Ч. Дарвин; пер. с англ. М. А. Мензбира. - М., 1982. - 132 с.
7. Дождевые черви и плодородие почв. Сборник международной конференции, ОАО «Грин-ПИКБ». - Владимир, 2002. - 305 с.
8. Жариков Г. А. Научно-методические основы биотехнологической переработки промышленных органических отходов и санации загрязнённых почв. Дисс. доктора биологических наук. - Москва, 1998.
9. Зезин Н. Н. Опыт вермикультивирования в условиях Среднего Урала / Н. Н. Зезин // Химия в сельском хозяйстве. — 1994. — №4. — С. 21.
10. Зражевский А. И. Дождевые черви как фактор плодородия лесных почв / А. И. Зражевский. - К.: АН УССР, 1957. - 272 с.
11. Игонин А. М. Как повысить плодородие почвы в десятки раз с помощью земляных червей / А. М. Игонин. - М.: Маркетинг, 1995. - 88 с.
12. Косолапова А. И. Производство и использование биогумуса в Рязанской области / А. И. Косолапова, К. П. Миревич.- Рязань: ООП РОКГБ, 1999.-

24 с.

13. Лісовський М.М., Таргоня В.С., Клименко Т.В., Федорчук С.В., Трембіцька О.І., Журавель С.В., Бакалова А.В.,ст. 98-99
14. Мельник І.П., Колісник Н.М., Шувар І. А., Сендецький В.М., Бунчак., Гнидюк В.С., Центило Л.В., Тимофійчук О.Б., Тимофійчук Б.В., Колісник М.І., Лозова О.В, Шувар А.І. (Україна), Тітов І.М.(Росія), Фарзах Фаваз Салім Фатах (князівство Оман).ст 97
15. Мельник І. П. Рекомендації по вирощуванню сидеральних культур в умовах України /І. П. Мельник. - Богородчани: райдрукарня, 1978. - 21 с.
16. <http://biodobrivo.com.ua/our-products/breeding-stock/worm-prospector>
17. Морев Ю. Б. Дождевые черви, органическое удобрение, биогумус / Ю. Б. Морев. - Фрунзе, 1989. - 16 с.
18. Перель Т. С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей / Т. С. Перель. - М.: Наука, 1979. - 70 с.
19. Повхан М. Ф. Вермикультура: производство и использование / М. Ф. Повхан, И. А. Мельник, В. А. Андриенко. - К.: УкрНИИИТЭИ, 1994- 128 с.
20. Положення про кваліфікаційні роботи у Житомирському національному агроекологічному університеті. URL: <http://znau.edu.ua/m-universitet/m-publichna-informatsiya>
21. Перель Т. С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР (с определительными таблицами Lumbricidae и других Megadrili). Москва : Наука, 1979. 265 с.
22. Патент 7489 Україна, МПК C05F3/00, F01G31/00/Пристрій для отримання біогумусу / М.О. Захаренко.- №2004210888; заявл.28.12.04, опубл.15.06.05. Бюл. № 6.
23. Покровская С. Ф. Вермикультура - новый способ переработки органических отходов / С. Ф. Покровская // Сельскохозяйственная наука и производство. - 1986. — № 2. - С. 79-88.

24. Покровская С. Ф. Новые тенденции в компостировании городских отходов (зарубежный опыт) / С. Ф. Покровская // Сб. «Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития». - М.: Выпуск ВНИИТЭИ, 1991. - № 4. - С. 40-46.
25. Пришвидження мінералізації соломи та пожнивних решток, фірма «Цеоліт», «Зерно». - С. 44-46.
26. Производство местных органических удобрений / Пер. с нем. А.Н. Калюкина. - М.: Колос, 1983. - 56 с.
27. Прянишников Д. Н. Зеленое удобрение / Д. Н. Прянишников // Избранные сочинения. - М.: Колос, 1965. - Т. 1. - С. 322-335.
28. Рекомендації щодо використання соломи, пожнивних решток і культивування сидеральних культур для підвищення та збереження родючості ґрунтів / В. П. Ситник, М. Д. Безуглий, В. В. Адамчук та ін. - К.: ННЦ «ІМЕСГ», 2010. - 36 с.
29. Сендецький В. М. Виробництво органічних добрив нового покоління «Біогумус» з органічних відходів агропромислового комплексу методом вермикультивування і його вплив на урожайність сільськогосподарських культур / В. М. Сендецький // Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету. - Біла Церква: Агробіологія, 2010. - №4 (80). - С. 72-78.
30. Сендецький В. М. Вплив органічних добрив «Біогумус», виготовлених методом вермикультивування, на урожайність та якість кукурудзи / В.М. Сендецький // Збірник наукових праць ПДАТУ. - 2010. - №18. - С. 150-155.
31. Сендецький В. М. Еколого-агрохімічне обґрунтування переробки органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермикультивування / В. М. Сендецький // Агроекологічний журнал. - 2009. - № 3. - С. 295-297.
32. Сендецький В. М. Переробка органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермикультивування / В.М.

- Сендецький // Збірник наукових праць ПДАТУ - 2009. - № 17. - С. 93-97.
33. Сендецький В. М. Переробка органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус» методом вермикультивування та гумінових препаратів методом кавітації / В. М. Сендецький // Гумінові речовини і фітогормони в сільському господарстві: збірник матеріалів конф. -Дніпропетровськ, 2010. - С. 73-74.
34. Титов И. Н. Вермикультура: переработка органической фракции отходов / И. Н. Титов // Твердые бытовые отходы. - 2008. - №8. - С. 18-24.
35. Титов И. Н. Дождевые черви / И. Н. Титов. - М.: ООО «МФК Точка опоры», 2012. - 352 с.
36. Титов И. Н. Биопрепараты на основе вермикомпостов для растениеводства: получение и применение / И. Н. Титов // Материалы IX Международной научно-практической конференции da Rostim 2013 «Фитогормоны, гуминовые вещества и другие биологически активные соединения для сельского хозяйства, здоровья человека и охраны окружающей среды». - Львов, 2013- С. 146-147.
37. Титов И. Н. Вермикомпост - основа приготовления почвогруш для тепличных хозяйств и залог высококачественных урожаев. В сб.: Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического
38. Догель В. А. Зоология беспозвоночных. Москва : Высшая школа, 1975. 560 с.
39. Bouche M. B., Lohm U., Persson T. Strategies lombriciennes. In Soil Organisms as Components of Ecosystems. Biol. Bull. Stockholm, 1977. № 25. P. 122-132.
40. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / edited by Clive A. Edwards et al. Florida : CRC Press, 2010. P. 623.
41. Ambasta S. K., Kumari S. Earthworm : a natural ecofriendly organasms for recycling of organic residues and improvement of soil health by vermicompost. Int J Appl Sci Biotechnol. 2013. Vol. 1(4). P. 171–175

42. Шубин В. В. Производство биогумуса в агрофирме «Гея». / В. В. Шубин // Дождевые черви и плодородие почв. — Владимир: ОАО «Грин-ПИК», 2002. - С. 10-15.
43. 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.
44. Appelhof, M. Worms Eat My Garbage. 2nd. Ed. Kalamazoo, MI: Flower Press, 1977. - 163 p.
45. Kaviraj S. Sharma Municip also lid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earth worms / S. Kaviraj. Bioresource Technology, 2003. - №90. - P. 169-173.
46. Manyuchi M. M., L. Kadzungura and S. Boka. Vermifiltration of Sewage Wastewater for Potential Use in Irrigation Purposes Using Eisenia fetida Earthworms / Asian J. Engineering and Technology, 2013.-vol. 1 -4. P. 10-16.
47. Nakasone A.K., Bettiol W., and de Souza R.M. 1999. The effect of water extracts of organic matter on plant pathogens. Summa Phytopathol. 25: 330-335.
48. O'Sullivan D.J. and O'Gara F. 1992. Traits of fluorescent Pseudo- monas spp. involved in suppression of plant root pathogens. Microbiol Rev. 56: 662-676.
49. Pieterse C.M.J., van Wees SC, van Pelt J.A, Knoester M, Laan R, Gerrits H, Weisbeek P.J, van Loon L.C. Induced systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria, Symbiosis, 35, 39-54 (2003).
50. Salter C.E. Edwards C.A. The production of vermicompost aqueous solution or teas // Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / ed. by C.A. Edwards, N.Q. Arancon and R. Sherman. CRS Press, Taylor and Francis Group. 2011. - P. 153-164.
51. Фармацевтична цінність і використання дощових черв'яків в Китаї / II Міжнародна науково-практична конференція «Дощові черв'яки і родючість ґрунтів» (17-19 березня 2004). - Росія: X-PRESS, 2004. С. 49.
52. Tomar P. Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system

/P.Tomar, S. &Suthar// Desalination Vol 28 no.2, 2011. - P. 95-103.

53. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / Ed. by C.A. Edwards, N.Q. Arancon and R. Sherman. CRS Press, Taylor and Francis Group. 2011. - P. 165-182.
54. Wang L., Feihong G., Zheng Z., Xingzhang L., Zhang J. (2011). Enhancement of rural domestic sewage treatment performance, and assessment of microbial community diversity and structure using tower vermifiltration; Bioresource Technology; 102: 9462-9470.
55. Sinha R.K., E. G. Bharambe, E.U. Chaudhari. Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: a low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. Springer Science+Business Media, LLC. - 2008.