

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 магістр

студента Колісника Кирила Володимировича
(ПІБ)
академічної групи 101М-22-1
(шифр)
спеціальності 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою – «Екологія»
(офіційна назва)

на тему «Дослідження екологічних умов вермікультивування для переробки
органічних відходів»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
кваліфікаційної роботи	Ковров О.С.		
розділів:			
Теоретичний	Ковров О.С.		
Дослідницький	Ковров О.С.		
Технологічний	Ковров О.С.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Економічний	Павличенко А.В.		
Рецензент	Петльований М.В.		
Нормоконтролер	Ґрунтова В.Ю.		

Дніпро
2023

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувачка кафедри екології та
технологій захисту навколишнього
середовища

Борисовська О.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« 09 » жовтня 2023 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра**

студенту Коліснику К.В. академічної групи 101М-22-1
(прізвище та ініціали) (шифр групи)

спеціальності 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Екологія»
(офіційна назва)

на тему «Дослідження екологічних умов вермікультивування для переробки
органічних відходів», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська
політехніка» від 17.10.2023 р. № 1265-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Аналіз поточного стану та перспектив рекультивації порушених земель.	09.10.2023 23.10.2023
Дослідницький	Лабораторні дослідження росту популяції черв'яків роду <i>Eisenia</i> в штучних умовах.	16.10.2023 12.11.2023
Технологічний	Обґрунтування композитного складу біогумусових брикетів для фіторе mediaції деградованих земель.	13.11.2023 19.11.2023
Охорона праці	Розробити заходи з охорони праці при виконанні лабораторних досліджень.	20.11.2023 26.11.2023
Економічний	Розрахувати еколого-економічну ефективність впровадження запропонованого технічного рішення стосовно біогумусових брикетів.	27.11. 2023 10.12. 2023

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Ковров О.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 09.10.2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: 11.12.2023 р.

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Колісник К.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 86 с., 24 рис., 12 таблиць, 59 літературних джерел, 5 додатків.

Об'єкт дослідження: порушені землі гірничо-промислових підприємств, вермікультивування.

Мета роботи: дослідити екологічні умови вермікультивування і отримання біогумусу для технологій фіторемедіації порушених земель.

У вступі підкреслюється актуальність проблеми рекультивації порушених земель гірничо-промислових підприємств, конкретизоване завдання на дипломну роботу.

Перший розділ містить огляд проблем рекультивації порушених земель та ревіталізація їх до екологічних норм. Аналіз вермікультивування як сучасної технології переробки органічних відходів.

У другому (дослідницькому) розділі наведено розрахунок площ поверхонь різних видів відвалів та потенціалу використанні продуктів вермікультивування для фіторемедіації деградованих земель. Наведено результати вегетаційного дослідження суміші для брикетів.

У технологічному розділі обґрунтовано спосіб використання брикетів як екологічний продукт для рекультивації порушених земель та представлений розрахунок кількості фітомеліорантів для озеленення відвала.

У розділі «Охорона праці» проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори при роботі в хімічній лабораторії, та обґрунтовані інженерно-технічні заходи з безпеки праці. Розроблено план пожежної безпеки у хімічній лабораторії та розглянуто порядок дій при надзвичайних ситуаціях.

В економічному розділі розраховано економічну ефективність від запропонованого технологічного рішення.

ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ, КАЛІФОРНІЙСЬКИЙ ЧЕРВ'ЯК, ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ, БІОГУМУСОВІ ПРОДУКТИ, КОМПОЗИТНИЙ БРИКЕТ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАПРЯМІВ І ТЕНДЕНЦІЙ В ЕКОТЕХНОЛОГІЯХ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГУМУСУ	10
1.1 Екологічні проблеми деградації гірничопромислових ландшафтів і відновлення земель	10
1.2 Розвиток сучасних екотехнологій вермікультивування для переробки органічних відходів	22
1.3 Використання продуктів переробки вермікультивування	29
1.4 Застосування біокомпосту для добрива сільськогосподарських земель і фітореMediaції	38
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ	43
2.1 Еколого-економічна оцінка основних видів фітореMediaції на порушених землях	43
2.2 Розрахунок поверхні породних відвалів для обґрунтування їх біологічної рекультивації	50
2.3 Лабораторне біотестування ефективності продуктів вермікультивування для фітореMediaції деградованих земель	53
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ФІТОМЕЛІОРАНТІВ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ ВІДВАЛА І ПРИВІДВАЛЬНОЇ ЗОНИ.ТЕХНОЛОГІЯ ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЇ	60
3.1 Розрахунок кількості фітомеліорантів для озеленення відвала і привідвальної зони	60
3.2 Технологія фітореMediaції	62
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	65
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при роботі в лабораторії	65

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці у лабораторії	67
4.3 Пожежна безпека у лабораторії	68
РОЗДІЛ 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ВЕРМІКУЛЬТУРИ	71
5.1 Дослідження економічної ефективності та інвестиційної привабливості виробництва продукції вермікультури	71
5.2 Економічний розрахунок вартості біогумусу на 1 м ² рекультивованої ділянки	81
5.3 Економічний ефект від реалізації брикетів з біогумусу	81
ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
Додаток А. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	
Додаток Б. Відгук зовнішнього рецензента	
Додаток В. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра на присутність запозичень (плагіату)	
Додаток Г. Результати перевірки модулем пошуку «Детектор Плагіату» v. 2215	
Додаток Д. Відгук керівників розділу «Охорона праці», економічного розділу та нормоконтролера	

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній день відсутній єдиний підхід до розуміння проблеми рекультивації земель. На жаль, на Україні питанням відновлення порушених земель здебільше нехтують. Тому наша ціль була – дослідити метод, який допоможе рекультивувати порушені землі.

Фіторе mediaція деградованих та забруднених земель – це здійснення різноманітних робіт, метою яких є не тільки часткове перетворення природних територіальних комплексів, порушених промисловістю, але й створення на їх місці ще більш продуктивних і раціонально організованих елементів культурних антропогенних ландшафтів, тобто в кінцевому рахунку оптимізація техногенних ландшафтів, поліпшення умов навколишнього природного середовища. Одним із напрямів біологічної рекультивації є використання продукту життєдіяльності червоних каліфорнійських черв'яків, а саме біогумусу.

Метою роботи є дослідження вермікультивування, як процесу переробки органічних відходів каліфорнійськими черв'яками та розробити інноваційний метод на основі продуктів вермікультивування для технології фіторе mediaції порушених земель.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Проаналізувати сучасні екологічні проблеми деградації гірничопромислових ландшафтів і перспективи відновлення земель з використанням екотехнологій вермікультивування.

2. Дослідити умови росту черв'яків виду *Eisenia fetida* і процес утворення біогумусу, і ефективність його використання для композитних фітомеліоративних сумішей. Провести вегетаційні дослідження на комплексних багатокомпонентних сумішах для аналізу ефективності пророщування насіння дикорослих злаків, зокрема вівсюга пустого (*Avena fatua*), та стоколоса безостого (*Brōmus inērmis*).

3. Обґрунтувати технологічні рішення стосовно виготовлення і

застосування біогумусових брикетів вермікультивування для рекультивації земель.

4. Проаналізувати заходи з охорони праці при роботі в біологічній лабораторії.

5. Розрахувати економічну ефективність запропонованого технологічного рішення.

Об'єкт досліджень – ефективність використання біогумусових продуктів вермікультивування в практиці фіторе mediaції деградованих та техногенно забруднених земель.

Предмет досліджень – розроблення інноваційного методу для фіторекультивації порушених земель в результаті діяльності гірничих підприємств.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використані наступні методи: науковий пошук за літературними та електронними джерелами – при оцінці природного стану земель після проведення гірничих робіт; аналіз діяльності верміферм та переробки органічних відходів за допомогою черв'яків виду *Eisenia*; вегетаційний метод – лабораторний метод вивчення рослин, що полягає у вирощуванні їх в судинах на багатокомпонентних сумішах; методи статистичного аналізу.

Обґрунтування та достовірність наукових положень. Обґрунтування та достовірність наукових положень підтверджується використанням загальноприйнятих методик оцінки забруднення земель в результаті діяльності гірничо-промислових підприємств, технологія використання біогумусових брикетів для фіторе mediaції порушених земель.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Для обґрунтування цілеспрямованої фіторекультивації гірничопромислових земель біогумусовими брикетами найбільш оптимальним для ростових показників рослин співвідношення біогумусу та суглинку у складі композитних брикетів становить 60:40 і 40:60 за масою, що дозволяє обґрунтовувати робочі суміші фітомеліорантів.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Досліджено вермікультивування, як процес переробки органомістких відходів за допомогою черв'яків, пророщування дикорослих злаків, зокрема вівсюга пустого (*Avena fatua*), та стоколоса безостого (*Brōmus inērmis*) на комплексних сумішах.
2. Встановлено, що в результаті переробки органічних відходів каліфорнійськими черв'яками утворюється вермікомпост (біогумус).
3. Впровадження технологічної лінії з виготовлення брикетів із комплексними багатокомпонентними сумішами є економічно доцільним.
4. Впровадження запропонованого рішення дозволить використовувати композитні біогумусові брикети для рекультивації порушених земель.

Наукове значення роботи.

Робота виконана на високому сучасному рівні, отримана достатня достовірна експериментальна база даних, що дозволяє сформулювати коректні та вірні висновки щодо можливості фіторекультивації порушених земель гірничо-промислових підприємств за допомогою використання композитних біогумусових брикетів, склад яких суміш з біогумусу, жовто-бурого суглинку та дикорослих злаків, зокрема вівсюга пустого (*Avena fatua*), та стоколоса безостого (*Brōmus inērmis*).

Практичне значення отриманих результатів полягає у визначенні способу фіторекультивації, який допоможе поліпшити стан та продуктивність порушених земель; забезпечити механічну стабільність, що важливо для закріплення схилів, довготривалий і ефективний захист поверхні схилів від водної і вітрової ерозії. Обґрунтовано впровадження технологічної лінії з виготовлення брикетів із багатокомпонентної суміші для подальшого ефективного використання в проведенні фіторекультивації порушених земель в результаті діяльності гірничих підприємств.

Особистий внесок.

Автор роботи самостійно провела усі розрахунки, в лабораторних умовах виконала експериментальну частину роботи. Особисто написано

пояснювальну записку дипломної роботи, проведені теоретичні дослідження актуальності та стану проблеми.

Апробація результатів магістерської роботи. За результатами досліджень була зроблені доповіді на Науково-технічних конференціях з публікаціями тез доповідей.

Публікації:

1. Ковров О.С., Гетта А.А., Колісник К.В. ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЯ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ КОМПОЗИТНИМИ БІОГУМУСОВИМИ БРИКЕТАМИ // МІЖНАРОДНИЙ ФОРУМ "Безпечна, комфортна та спроможна територіальна громада". Секція 5. Екоцид території України як наслідок воєнної агресії росії (Дніпро, 12 жовтня 2023 р.), 2023. – Т 5. – С. 13–15.

2. Ковров О.С., Колісник К.В. БІОЛОГІЧНА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ БІОГУМУСОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ // Міжнародна науково-технічна конференція «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», 29–30 листопада 2023 року. – С. 196–199. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-144>.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАПРЯМІВ І ТЕНДЕНЦІЙ В ЕКОТЕХНОЛОГІЯХ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГУМУСУ

1.1 Екологічні проблеми деградації гірничопромислових ландшафтів і відновлення земель

Концепція сталого розвитку, яка нині є панівною у розвинених країнах світу, до яких прагне приєднатися Україна, передбачає необхідність встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб і захистом інтересів майбутніх поколінь та включає їх потребу у безпечному і здоровому довкіллі. Саме тому, у країнах Європи спостерігається скорочення використання власних мінеральних ресурсів. Кількість діючих гірничих підприємств в Європі невідомо скорочується, а частка гірничодобувної промисловості у ВВП Франції, Німеччині, Австрії не перевищує 5 %. В Україні роботи у цьому напрямі лише проголошують пріоритетними. Україна успадкувала здебільшого виснажені гірничодобувні регіони із застарілим технологіями та зношеним обладнанням підприємств видобувної та переробної галузей. Екологічний стан природно-господарських систем у більшості гірничодобувних регіонів є критичним. Закриття нерентабельних гірничодобувних підприємств створює додаткові геоекологічні проблеми, пов'язані з істотними змінами геологічного та гідрогеологічного середовища. Загострення екологічних проблем у зв'язку із закриттям гірничодобувних і гірничопереробних підприємств вимагає науково обґрунтованих підходів до екологічної реабілітації гірничодобувних регіонів.

Рекультивация земель є комплексом інженерних, гірничотехнічних, меліоративних, біологічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, які спрямовані на повернення порушених промисловістю територій у різні види природокористування: сільсько- і лісгосподарське, рекреаційне тощо. Об'єкти рекультивации є різноманітними. Ними можуть бути кар'єрні виїмки,

терикони, відвали, хвостосховища і відстійники, а також території, порушені під час видобування й збагачення корисних копалин (мульди деформації, карстові провали, ерозійні виїмки та ін.) [1]. Такий поділ порушених земель дає змогу підходити до їх рекультивації диференційовано. Технологічні процеси, у ході яких відбувається порушення земель, призводять до винесення на земну поверхню порід різноманітного складу, генезису, літології та властивостей. Нерідко гірські породи містять сполуки, токсичні для рослин, або вони утворюються у процесі їх окислення на земній поверхні. Зважаючи на зазначене, оцінювання властивостей та складу винесених на земну поверхню порід є одним з важливих чинників, що визначають можливість та напрямок рекультивації порушених територій [2].

Процеси рекультивації порушених земель зазвичай поділяють на два основні етапи: гірничотехнічний і біологічний. З практичної точки зору, виправданим вважають виокремлення трьох етапів: підготовчого, гірничотехнічного і біологічного [3]. Обґрунтування виду рекультивації і подальшого використання рекультивованих земель проводиться для кожного окремого випадку на основі сукупного врахування комплексу природних та економічних чинників: географічного розташування, кліматичних умов, агрохімічного складу розкритих порід, вартості землі та її господарського призначення, соціально-економічних чинників і перспективи розвитку району розробки родовища корисних копалин.

Нині в Україні загальна площа порушених земель становить понад 265 тис. га, у тому числі понад 82 тис. га зайнято торфорозробками. Щороку для потреб гірничодобувної промисловості виділяють 7–8 тис. га, що належали переважно сільському або лісовому господарствам. Найбільш землеємною в Україні є гірничодобувна промисловість. Так, при відкритому способі видобування на 1 млн т мінеральної сировини втрати земель складають:

- для марганцевої руди 76–600 га;
- для залізної руди 14–640 га;
- для вугілля 2,6–43,0 га;

- для нерудної сировини 1,5–583 га.

При шахтному способі на 1 млн т вугілля під відвали і хвостосховища відводять біля 4,4 га земель.

З економічної точки зору, вигіднішим є відкритий спосіб видобування корисних копалин, але при його застосуванні відбувається переміщення значних обсягів порід та знищення великих площ земель. При видобуванні вугілля відкритим способом на 1 тис. т переміщується 3,6 тис. т породи, тоді як при шахтному способі видобування лише 110–150 т. При цьому площа кар'єрів сягає значних розмірів: середня їх площа при видобуванні будівельних матеріалів складає 400 га, вугілля 1000–1500 га, залізної руди 2000–3000 га [4].

Особливості технології виробництва при відкритому видобуванні мінеральної сировини призводять до накопичення значних об'ємів відвалів, які займають великі площі. Враховуючи те, що високоякісні руди вичерпуються, а вміст корисних компонентів в них знижується, частка відходів і порожніх порід у подальшому буде постійно зростати. Так, в Кривбасі кращі руди раніше містили до 60 % заліза, а на сьогодні – лише близько 40 %. Розрахунки свідчать, що за глибини відкритих розробок понад 500 м, площа відвалів буде перевищувати площу кар'єру у 4–5 разів [5].

Порушення земель через видобування корисних копалин значні як за площею, так і за глибиною. Окрім того, відвали, як правило, складені хаотично, в них перемішані суглинки, глини, вапняки, сланці та інші породи. Вони утворюють складні сильно пересичені форми рельєфу, які складаються із високих насипів (відвалів) і глибоких западин (кар'єрів). При цьому на поверхню виносяться малопродуктивні або безплідні гірські породи.

В Україні поступово розв'язуються складні проблеми рекультивації гірничодобувних територій та об'єктів, сформованих унаслідок екстенсивного розвитку промислових галузей і ресурсномістких технологій. Наприклад, проведено значних обсяг рекультиваційних робіт в межах Передкарпатського сірконосного басейну, зокрема завершено заповнення

Яворівської і Роздільських водойм, які виникли на місці найбільших сірчаних кар'єрів. Однак, темпи рекультивації земель в окремих регіонах України з різних причин залишаються недостатніми для відтворення, що не дає змоги повернути їх колишнім чи новим землевласникам і землекористувачам для подальшого використання за призначенням. Але в державі існують й приклади вдало проведеної рекультивації земель.

Досвід рекультивації порушених земель в Україні. У вугільній промисловості набуто найбільший досвід щодо рекультивації гірничопромислових територій та об'єктів в Україні. Так, у процесі відновлення земель у Дніпровському буровугільному басейні, наносять шар родючого ґрунту товщиною 0,5–1,1 м, вносять вапно і буровугільну золу з подальшим вирощуванням багаторічних трав. В межах вугільних кар'єрів основну увагу присвячено створенню водойм, пасовищ і лісів. Досвід вдалого проведення рекультивації земель є в межах Донбасу і Львівського, Волинського басейну.

На підприємствах чорної металургії рекультивації підлягають землі, що порушені під час відкритих розробок родовищ залізних і марганцевих руд. Серед залізорудних підприємств найбільшим досвідом володіє Комиш-Бурунський металургійний комбінат, на території якого порушено понад 4300 га земель сільськогосподарського призначення. На відпрацьованих відвалах проведено планування поверхні з ухілами до 5° і нанесено шар родючого ґрунту товщиною 30–35 см, попередньо знятого на фронтальному виступі кар'єру. Комбінат передав для сільськогосподарського використання понад 600 га відновлених площ, на яких отримали 17 ц/га пшениці і 280 ц/га зеленої маси кукурудзи. На цьому ж комбінаті існує досвід використання відпрацьованих відвалів для насадження садів. Вже через 5–7 років дерева і виноград почали плодоносити та давати добрий урожай [6].

Повчальним також є проект відновлення поверхні відвалів Анківського кар'єру у Кривбасі. Він передбачав виїмку чорнозему, розміщення його у спеціальні склади з подальшим використанням для покриття, підготовлених

для рекультивації відвалів. Посаджені на відвалах клен, акація, тополя та ін. дерева добре прижилися. Середній приріст дерев становив 0,36–0,60 м/рік. Спеціально для догляду за насадженнями на Північному ГЗК створено цех озеленення [7].

На ВАТ «Орджонікідзевський ГЗК» видобувають близько 60 % марганцевої руди в Україні. Для видобутку руди комбінату відведено 11,2 тис. га землі, з яких сільськогосподарські угіддя займають 10,5 тис. га, з них рілля – понад 8,0 тис. га. Марганцева руда залягає тут на глибині до 80 м, тому на видобуток 1 т руди припадає 17 м³ породи. Щоб всю порожню породу складати у відвали заввишки 60–65 м. Але, як показав досвід, втрати родючого ґрунту можна звести до мінімуму, якщо родючий чорноземний шар ґрунту складувати окремо, наступний шар суглинку та лесу з глибини до 20 м використати для лісонасаджень, а породу найнижчого горизонту (з глибини 40–80 м), зовсім непридатну для землеробства, використати для заповнення вже існуючих порожніх кар'єрів. При цьому застосовують поетапну систему рекультивації. Оскільки в засипаних кар'єрах з часом земля осідає, виникає необхідність проведення другого етапу рекультивації. Після проведення робіт першого етапу відновлені землі передаються сільськогосподарським підприємствам у тимчасове користування (3–5 років) для посіву багаторічних трав. На другому етапі ре-культивації площу повторно планують, вкривають шаром чорнозему товщею 0,5 м. Врожайність багаторічних трав на рекультивованих землях становить 45 ц/га, однорічних – 27,5 ц/га, озимої пшениці – 34,5 ц/га, кукурудзи на зерно – 38,2 ц/га, кукурудзи на силос – 287 ц/га [8]. Термін окупності капітальних вкладень на рекультивацію земель становить десять років. Отже, цей природоохоронний захід є ефективним не лише з екологічного, а й з економічного боку.

Важливим резервом збільшення сільськогосподарських угідь є рекультивація площ відпрацьованих торфовищ. Певний досвід вдалих рекультиваційних робіт накопичено на Поліссі. Так, для підвищення продуктивності земельних угідь варто залишати шар торфу не менше 50 см.

Практично всі торфовища перезволожені за рахунок підґрунтових вод, тому важливою умовою підвищення родючості на них є меліорація. До освоєння торфовищ варто приступати одразу після закінчення розроблення торфу та завершення меліоративного впорядкування території.

Загалом, накопичений досвід підтверджує, що мінімальних затрат на рекультивацію земель досягають за прогресивної технології ведення гірничих робіт. Для цього кар'єри повинні переходити до формування внутрішній відвалів розкривних порід та виконання рекультиваційних заходів одразу за переміщенням фронту гірничих робіт [9].

Серед порушених земель, які підлягають біологічній рекультивації, найпоширеніші є відвали розкривних порід, ґрунтово-природний субстрат яких після завершення експлуатації починає заростати природною рослинністю. У цілому, для відвалів, складених нетоксичними розкривними породами, розташованими в зоні достатнього зволоження (Полісся, Передкарпаття, Закарпаття) протягом перших десяти років після закінчення експлуатації відвалів формуються прості незімкнені рослинні угруповання із переважанням болотних і перезволожених видів, до складу яких входить незначна кількість видів місцевої флори. У лісостеповій зоні початковий етап природної рослинності на відвалах представлений бур'яною стадією з переважанням полину та ін. рудеральних бур'янів. У степовій зоні в природному заростанні відвалів аналогічно переважає бур'янова флора, яка відрізняється посухостійкістю [10].

Формування природних рослинних угруповань на відвалах підприємств вугільної промисловості і кольорової металургії відбувається значно повільнішими темпами. Інтенсивність цього процесу визначається токсичністю, підвищеним вмістом у відкладах окремих хімічних елементів, зокрема заліза, свинцю, марганцю, нікелю, олова, сірки та ін. Однак, навіть у межах одного класу гірничопромислових об'єктів існує значна різниця в темпах та інтенсивності їх природного заростання.

Відзначимо, що в межах Львівської області сьогодні реалізують низку

програм і проектів, які передбачають формування ґрунтового і рослинного покривів у зоні діяльності гірничодобувних і гірничохімічних підприємств. Технологічний процес відновлення земель включає необхідність проведення обґрунтованих рекультиваційних і фітомеліоративних заходів, які ґрунтуються на експертних висновках комплексних конструктивно-географічних досліджень у районах розроблення корисних копалин [11].

Засади удосконалення рекультиваційних і фітореємедіаційних заходів. Об'єктами рекультивації чи ревіталізації виступають геосистеми у зоні впливу гірничодобувного підприємства. У різний час на території цих підприємств існували різні геосистеми [12]: первинні (доісторичні), які існували до початку господарського освоєння території; історичні, що утворилися у процесі господарського використання території ще до початку проведення гірничих робіт; техногенні (майнінгові), які сформувалися у результаті експлуатації родовища корисних копалин; посттехногенні (постмайнінгові), створені у результаті проведення рекультиваційних робіт або самовідновлення природного середовища. Ця систематизація геосистем покращує розуміння системи рекультиваційних і ревіталізаційних робіт.

Нерідко, обраний напрямок і спосіб проведення рекультиваційних робіт відповідає рівню розвитку економіки та ментальності населення держави. У економічно розвинених країнах вкладають серйозні кошти у рекультивацію гірничопромислових об'єктів й вважають, що земельні угіддя обов'язково мають бути повернені користувачам. У свідомості людей закладено постулат, що після завершення розроблення корисних копалин, постмайнінгові геосистеми швидкими темпами повинні перетворюватися у землі іншого господарського призначення (лісо- чи сільськогосподарського, рекреаційного тощо). Більшість нормативних документів у Радянському Союзі також вимагало повернення до історичних геосистем, зокрема формування в межах гірничопромислових геосистем сільськогосподарських земель. Проте в останні роки, в соціально-економічні пріоритети у природокористуванні змінилися. Для України, де розораність земельних

угідь становить 70 %, повернення земель до активного ведення сільського господарства, тобто повернення до історичних ландшафтів, є здебільшого недоречним. У свою чергу, повернення до первинних (доісторичних) геосистем, загалом неможливе. Варто також відзначити високу вартість проведення рекультиваційних робіт. Власне тому, в останні роки все більше проектів передбачають ревіталізацію гірничопромислових територій. Варто відзначити, що у більшості європейських держав існує тенденція до виведення земельних угідь із сільськогосподарського використання, тому у рекультивації гірничих об'єктів усе більше акцентують увагу на створення рекреаційно привабливих територій. Рекреація (лат. *recreatio* – відновлення, франц. *recreation* – розвага, відпочинок) описує як процес відновлення сил людини, так й місцевість, в якій це відновлення відбувається. Головним способом рекультивації у рекреаційному напрямі є створення природоохоронних об'єктів, лісопаркових, паркових, туристично-оздоровчих і спортивно-розважальних зон, а також комбінованих (коротко- і довготривалого) зон відпочинку, рекреації і туризму [13]. Розглянемо стисло основні підходи щодо удосконалення проведення рекультиваційних і фіторе mediaційних робіт.

Одним з головних напрямів оптимізації гірничопромислових територій на сьогодні залишається їх рекультивація. Існуючі сьогодні технології рекультивації земель [14] недостатньо враховують екологічні і природоохоронні аспекти проблеми, що не дає змоги удосконалювати технологію розкривних робіт та подальшу технічну рекультивацію земель із зменшенням екологічної небезпеки. Варто пам'ятати, що порушення природних взаємозв'язків, навіть на незначній земельній ділянці, призводить до порушення екологічної рівноваги на суттєво більших за площею навколишніх територіях. Власне тому важливими є ландшафтно-екологічні дослідження як основа для розроблення заходів щодо рекультивації земель для створення на місці порушених земель продуктивних, оптимально організованих та екологічно збалансованих природногосподарських систем.

Незалежно від напрямку рекультивації земель, її першим етапом є гірничотехнічна рекультивація, яка спрямована на надання належної (проектної) форми гірничопромисловим геосистемам. Головним недоліком існуючої технології гірничотехнічної рекультивації є те, що термін часу між її завершенням та поверненням території до використання становить 2–5 років, а інколи й більше. У практиці рекультивації гірничопромислових геосистем найбільш гостро стоїть проблема ущільнення ґрунтів і ґрунтоутворних відкладів [15]. Це зумовлено відсутністю робіт з пошарового ущільнення розкритих порід на рекультивованій площі. При цьому частка додаткових витрат менше 5 % від кошторису рекультиваційних робіт [16]. Іншим аргументом щодо ущільнення гірських порід є зростання стійкості схилів до прояву гравітаційних, зсувних та ерозійних процесів. Для формування оптимальних показників поверхонь різної крутизни та експозиції гірничопромислових геосистем з метою проведення рекультиваційних робіт слід попереднє вивчити мінеральний і гранулометричний склад, обмінні властивості мінеральної складової, фізико-хімічні параметри гірських порід і відкладів як субстрату для ґрунтоутворення тощо.

Для реалізації екологічного напрямку рекультивації гірничопромислових територій має застосовуватись ландшафтно-екологічний підхід, який вимагає обов'язкового проведення ландшафтного картування. При цьому виконують картування антропогенно трансформованих геосистем, які підлягають рекультивації, а також складають картосхеми культурних геосистем, що виникнуть після завершення оптимізаційних робіт. Такий комплексний аналіз дає змогу прийняти найдоцільніший спосіб гірничотехнічної і біологічної рекультивації, визначити ефективне використання земель у подальшому, враховуючи необхідність покращення екологічного стану місцевості шляхом облаштування сільськогосподарських угідь чи лісових насаджень, упорядкування території для рекреаційних потреб тощо [17]. При цьому важливо визначити доцільність використання земельних угідь вже на етапі проектування рекультиваційних робіт, що дає

змогу обґрунтувати напрям рекультивації. Основою вибору є бажаний економічний ефект, який враховує як витрати на рекультивацію, так і відновлювальну прибутковість при сільськогосподарському чи іншому використанні гірничопромислових геосистем. Екологічні умови гірничопромислових територій, головне, визначають обсяги відновлювальних робіт, витрати на їхнє проведення та технологію рекультивації. Однак під час економічного оцінювання витрат на рекультивацію, спрямовану не лише на відновлення природних ресурсів, але й на задоволення потреб суспільства щодо якості природного середовища, слід враховувати результати рекультивації (господарські, екологічні, соціальні тощо), а також і чинники, що їх визначають. Результатом екологізації рекультиваційних робіт є утворення у районах видобування і збагачення корисних копалин умов, які будуть максимально задовольняти історико-культурні, санітарно-гігієнічні, естетичні і рекреаційні вимоги. При цьому отриманий результат залежить від обраного напрямку рекультивації. Таким чином, оптимальний напрям рекультивації визначається як економічними показниками, так і соціально-екологічними умовами району розроблення мінеральної сировини. Для обґрунтування технологічних схем і точного прогнозування екологічних наслідків слід розраховувати економічну ефективність рекультивації. Без урахування соціально-екологічного результатів показник економічної ефективності рекультиваційних робіт в межах гірничопромислових територій стає нижчим у 2–3 рази [18].

Сьогодні найпопулярнішими методами рекультивації порушених земель залишаються залуження і заліснення з нанесення ґрунтового шару. Напрями відновлення антропогенно трансформованих геосистем визначають на основі встановлення їх придатності для певного виду господарського освоєння – сільсько-, лісо- і водогосподарського, рекреаційного, природоохоронного, будівельного тощо. Залежно від ступеня антропогенної трансформації гірничопромислових геосистем варто вибирати певний напрям рекультиваційних робіт. Так, внаслідок проведення гірничих робіт, що

спричинили незначні зміни геосистем можливе подальше сільськогосподарське, лісогосподарське чи рекреаційне використання земель практично без застосування рекультиваційних заходів. Внаслідок незначних змін складових геосистем можуть здійснюватися лише заходи із сприяння природному поновленню рослинного покриву. Натомість, за умови сильніших трансформаційних змін геосистем, за умов втрати родючості ґрунтів, будь-яке освоєння території можливе лише після проведення складного комплексу рекультивації і фітомеліорації земельних угідь [19]. За середнього рівня антропогенної трансформації гірничопромислових геосистем слід проводити фітомеліоративні, а внаслідок сильно змінених умов – повноцінні рекультиваційні заходи.

У процесі вибору технології рекультивації слід враховувати потенціал самовідновлення гірничопромислових геосистем [20]. Вибір напрямку відновлення і господарського використання гірничопромислових територій повинен ґрунтуватися на аналізі ступеня антропогенної трансформації геосистем природного та антропогенного генезису. Такі дослідження та розрахунки визначатимуть екологічну необхідність та економічну доцільність рекультивації чи ревіталізації цих геосистем. Складність рекультиваційних і ревіталізаційних робіт можна класифікувати на просту, ускладнену і складну. Час відновлення гірничопромислових геосистем визначаємо за При цьому продуктивність новостворених систем не має поступатися продуктивності сусідніх природних ландшафтів. Загалом час відновлення порушених земель класифікують на короткостроковий (до 5 років), середньостроковий (5–10 років) та довгостроковий (понад 10 років) [21].

Відновлення ґрунтового покриву у районах видобування і збагачення корисних копалин відбувається повільно. Найшвидше формування ґрунтів гірничопромислових геосистем можливе лише при реплантації (землюванні) ґрунтового шару, коли на неродючу поверхню наносять ґрунтреплантант. Якість реставрації таких субстратів з відсутнім ґрунтовим покривом є

пропорційною потужності нанесеного шару. Однак така реплантація пов'язана з значними витратами на виготовлення, перевезення і встановлення такого ґрунту. За сьогоденних економічних умов на гірничопромислових об'єктах доцільнішим є процес поступового самовідновлення ґрунтового покриву без активного антропогенного впливу, або лише за рахунок залуження чи заліснення таких ґрунтоподібних субстратів. Самовідновлення ґрунтового покриву гірничопромислових територій відбувається за специфічних природних (гідрогеологічних, геоморфологічних, мікрокліматичних тощо) умов, що відрізняються від формування зональних ґрунтів. Це якісно нове ґрунтове тіло, пов'язане з посттехногенними чинниками ґрунтоутворення [22]. Тобто йдеться не стільки про самовідновлення, а утворення нових (рецентних) ґрунтів, які суттєво відрізняються від зональних. Аналіз методологічних підходів до класифікацій ґрунтів гірничопромислових геосистем підтвердив їх залежність від способу розроблення мінеральної сировини та властивостей ґрунтоутворювальних субстратів [23]. Досвід біологічної рекультивації гірничопромислових геосистем свідчить про можливість використання багатьох розкривних відкладів як субстрат для різних сільськогосподарських культур. Проведення цього етапу рекультивації потребує врахування складу і властивостей розкривних відкладів і ґрунтової маси як меліорантів. У свою чергу, гірські породи, які малоприсадибні для сільського господарства можуть бути присадибні для використання їх в якості об'єктів біологічної рекультивації. Біологічна ефективність фітомеліорації визначають способом господарського використання антропогенно трансформованих геосистем та вибором рослин для утворення фітоценозів. Так, формування лісових насаджень в межах відвалів і кар'єрів із деревних порід, які екологічно пристосовані до природних (гідрогеологічних, геоморфологічних, кліматичних тощо) умов, підвищує стійкість таких лісових угруповань. Підбір оптимального співвідношення деревних порід та їхнього розміщення у лісових насадженнях підвищує стійкість до дії несприятливих чинників

природного середовища [24].

Власну специфіку володіє рекультивація нафтозабруднених земель, яка передбачає збирання із земної поверхні надлишків вуглеводнів, рихлення ґрунтосуміші для їхньої дегазації, мікробіологічне руйнування нафтового забруднення, покращення водно-повітряного режиму тощо [25]. Ключовим етапом геоecологічних досліджень є розвиток нових екологічно безпечних та вигідних технологій відновлення ґрунтового і рослинного покривів та пошуку фітоіндикаторів антропогенної трансформації геосистем.

Сучасні конструктивно-географічні підходи щодо оптимізації природно-господарських систем гірничопромислових територій включають поняття «естетики ландшафту». Наприклад, у Німеччині принципи облаштування і рекультивації антропогенно трансформованих геосистем ґрунтуються на їх інтегруванні в оточуючі природні ландшафти [26].

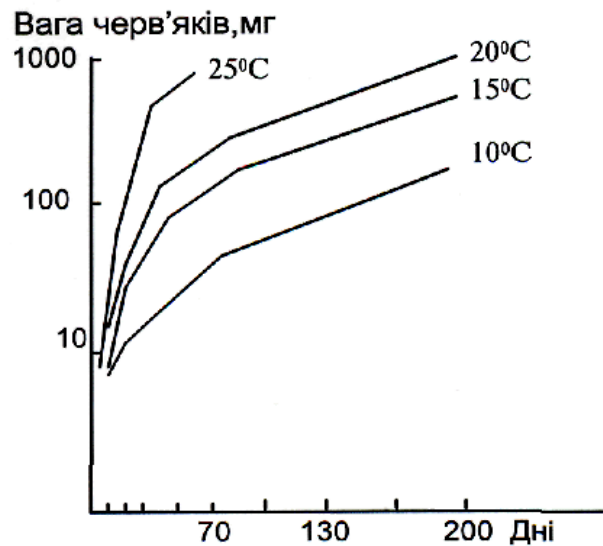
1.2 Розвиток сучасних екотехнологій вермікультивування для переробки органічних відходів

Фізико-хімічні та екологічні чинники для оптимальних умов вермікультивування. Інтенсивність фізіологічних і біохімічних процесів в організмі черв'яків знаходиться в прямій залежності від температури місця існування і відповідній з нею температурі тіла самих черв'яків. Теоретична точка біологічного нуля для їх розвитку 5–6 °С. Встановлено, що в субстраті при температурі 3–4 °С черв'яки ще зберігають рухливість і харчуються. Після перших осінніх заморозків вони збираються в глибині шару субстрату.

При температурі 30–32°C, особливо при надлишковій вологості субстрата, у відповідь на температурний подразник, знижується активність і вага тіла черв'яків за рахунок збільшення виділення захисного слизистого секрету. При 37 °С черв'яки гинуть.

Досліджено, що найбільш сприятлива температура, при якій *Eisenia fetida andrei* зростає з максимальною швидкістю і зберігає високу активність,

становить 18–28°C. Вплив температури на збільшення ваги *Eisenia fetida andrei* поданий на рис.1.1.



**Рисунок 1.1 – Вплив температури на збільшення ваги
*Eisenia fetida andrei***

Результати досліджень виявили пряму залежність швидкості росту вермікультури від вологості середовища при постійній температурі 25°C. Дослідженнями встановлено, що оптимальна вологість, при якій спостерігався найбільший вихід біомаси вермікультури, становить 80 %. При цій вологості на варіанті, де в склад субстрату входило 60 % гною ВРХ, 15 % відходів цукрового заводу, 20 % відходів консервного цеху, 5 % піску, вихід біомаси вермікультури складав 6,12 кг/ложе. Вплив вологості на біомасу черв'яків *Eisenia foetida* поданий на рис.1.2.

Визначено оптимальні склади компонентів органічних відходів (гній тварин і птиці, відходи м'ясокомбінатів, цукрових заводів, консервних цехів, осад очисних споруд, рештки овочівництва, садівництва, рослинництва та ін.) для підготовки субстратів, із оптимальним вмістом азоту і вуглецю, де співвідношенням становить 1:25–1:30, з метою отримання органічного добрива «Біогумус», а саме:

Суміш 1: 60 % гною ВРХ, 10 % кінського гною, 30 % подрібненої

СОЛОМИ;

Суміш 2: 40 % гною ВРХ, 40 % пташиного посліду, 20 % листя;

Суміш 3: 30 % гною ВРХ, 20 % гною свиней, 25 % осаду очисних споруд, 5 % цеоліту, 20 % тирси;

Суміш 4: 60 % гною ВРХ, 15 % відходів цукрового заводу, 20 % відходів консервного цеху, 5 % піску;

Суміш 5: 60 % гною ВРХ, 15 % відходів цукрового заводу 20 %, органічних відходів м'ясокомбінату, 5 % піску.

Знижена вологість до 60 % сповільнила розвиток черв'яків на всіх варіантах, а вологість нижче 60 % призвела до різкого зменшення біомаси. Збільшення вологості до 90 % затруднювало доступ кисню в субстрат, що призводило до розвитку анаеробних процесів розкладу субстрату в результаті чого сповільнювався ріст і розвиток черв'яків.

Визначення кислотності обов'язкове для кожної нової партії субстрату. Нами встановлено, що оптимальним для черв'яків є нейтральне середовище з $\text{pH} = 7,0$. Допускається використання субстрату з pH від 6,2 до 8,0. Черв'яки можуть загинути, якщо реакція середовища кисла ($\text{pH} \leq 5,5$) або сильнолужна ($\text{pH} \geq 8,5$).

Субстрат слід періодично спушувати для забезпечення проникнення кисню в глибокі шари субстрату і виділення газів, що там накопичуються (аміак, метан, сірководень і CO_2). Нами встановлено, що оптимальний вміст кисню становить 11–14 %, щільність 1,3–1,4 кг/дм^3 [27].

Методика формування лож. Всі розрахунки, пов'язані з впорядкуванням ділянки, годуванням черв'яків, доглядом за ними, збором продукції виконуються в перерахунку на стандартну грядку розміром 2 * 1 м, так зване ложе. Як виглядають ложе для черв'яків показано на рис.1.2.



Рисунок 1.2 – Ложе для черв'яків

Дослідженнями встановлено, що в залежності від технологічних режимів щільність заселення становить:

- в режимі вермікультивування 25–35 тис/ложу;
- в режимі вермікомпостування 40–50 тис/ложу.

Дослідженнями виявлено у ложі черв'яків всіх вікових груп: 10–25 % дорослих, довжиною 4–8 см; 60–80 % молодих, у вигляді малих білих черв'яків довжиною 1,5–2 мм; 10–15 % коконів в формі кільця, зовнішній діаметр якого до 5 мм, внутрішній до 3 мм.

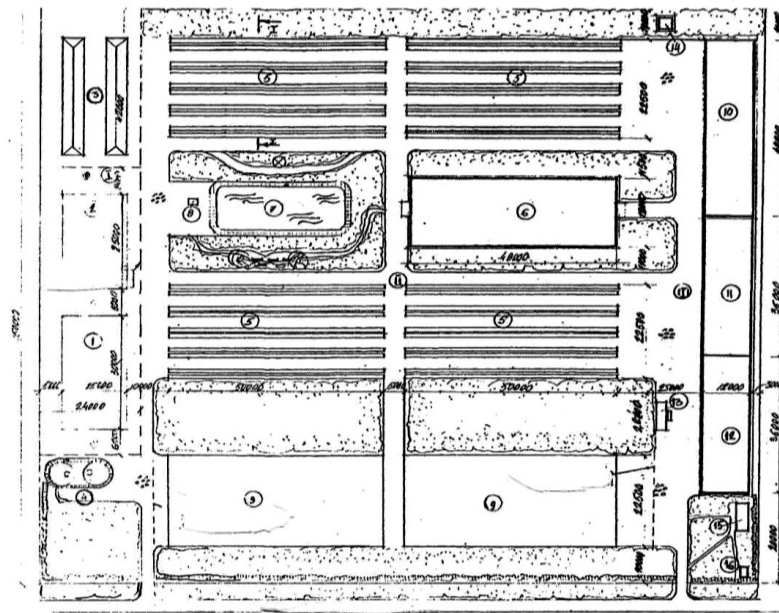
Експериментально визначено, що на одне ложе необхідно 10–12 ц органічних відходів на рік, з яких 40 % йде на забезпечення життєвих потреб черв'яків, 60 % виділяється у вигляді копролітів, тобто біогумусу. Таким чином, одне ложе може дати щорічно 5–6 ц органічного добрива «Біогумус» і біля 100 кг біомаси черв'яків.

Схема організації вермігосподарств. В даний час відомі такі основні типи технології вермікультивування: вермібурти, верміложа, верміконтейнери і верміреактори.

На Прикарпатті і в наближених до нього природно-кліматичних зонах нашої країни вермікультивування проводять як на відкритих площадках, так і в закритих приміщеннях.

Встановлено, що оптимальна кількість лож для вермігосподарства – 1200 шт. розміщених на площі не менше 1 га. Господарство середньої

величини із 350–400 лож може вести одна людина. Таке господарство, при дотриманні технології, через 18 місяців після його закладення може виробляти за рік 200 т біогумусу і 40 т біомаси. (рис. 1.3).



1 – площадка для накопичення компонентів; 2 – площадка для змішування компонентів; 3 – площадка для ферментації субстрату; 4 – збірник стоків; 5 – верміложа; 6 – зимовник; 7 – резервуар води; 8 – насос для поливу водою; 9 – резервна площадка; 10 – навіс для біогумусу; 11 – навіс для біомаси; 12 – навіс для інвентаря; 13 – пересувна автовага; 14 – трансформаторна станція; 15 – агрохімлабораторія з побутовою кімнатою; 16 – туалет.

Рисунок 1.3 – Схема вермігосподарства на 1200 лож

Ділянки для буртування і ферментації субстрату розміщують на території господарства або поблизу нього, передбачають шляхи транспортування субстрату до лож, забезпечують джерела водопостачання, так як вода для зволоження субстрату повинна відповідати певним вимогам. Ложі краще всього розміщувати на ділянках з певним нахилом для забезпечення доброго стоку води під час дощів. Крім того, бажано, щоб земля була піщана або кам'яна.

Дошові черв'яки дуже бояться вітру, тому слід вибирати місця, захищені від нього. Вибираючи територію, слід перевірити, чи нема на ній слідів кротів. Щоб звести до мінімуму фінансові витрати, промислове

розведення черв'яків рекомендується закладати на непридатних для землеробства площах.

За останні роки значно збільшилися площі під дачними і присадибними ділянками і їх проблему удобрення можна вирішити за допомогою вермікультивування. З метою переробки різних органічних відходів в органічне добриво «Біогумус», нами розроблена технологія вирощування червоних дощових каліфорнійських черв'яків на присадибних і дачних ділянках в ложах, грядках, дерев'яних, пластмасових ящиках і декількох типів верміконтейнерах, які відрізняються між собою тільки деякими деталями – наявністю зливних кранів для дренажної рідини, підставки або ніжки для підтримування верміконтейнера, з'ємного піддону або сітчастого дна для видалення надлишків рідини [28].

Контроль за ростом та розвитком вермікультури. Для того, щоб щомісячно прораховувати чисельність черв'яків і визначати їх біомасу, нами удосконалено систему контролю за їх ростом і розвитком. Для цього, в шаховому порядку робиться декілька проб субстрату з черв'яками на всю його глибину площею 10 * 10 см. З узятих зразків проб вибирають всіх черв'яків, підраховують їх кількість і визначають масу. Потім отримані середні результати множать на 100 і таким чином встановлюють середню чисельність і біомасу черв'яків на 1 м² субстрату.

У господарстві по розведенню каліфорнійського черв'яка рекомендується всі ложі і сектори нумерувати, при цьому вказувати тип корму, дату його внесення, початок і закінчення приготування базового субстрату, кількість отриманого гумусу або дорослих черв'яків.

На основі проведених досліджень розроблена і впроваджена технологія вермікультивування конкретно до умов України, яка передбачає можливість роботи вермігосподарства в двох технологічних режимах :

- вермікультивування – режим роботи, спрямований на вирощування дощових черв'яків промислової популяції;
- вермікомпостування – режим роботи, спрямований на виробництво

біогумусу.

У органічному добриві «Біогумус» акумульована велика кількість макро- і мікроелементів безпосередньо засвоєваних рослинами, міститься ряд ростових речовин, вітамінів, антибіотиків, амінокислоти і корисна мікрофлора. Елементи живлення тут знаходяться в органічній формі, більш надійно зберігаються від вимивання і служать джерелом пролонгованої дії. Розкладання його мікроорганізмами вивільняє макро- і мікроелементи і забезпечує рослини вуглецем, який необхідний для фотосинтезу рослин. Воно володіє і іншими цінними властивостями, такими, як висока вологоємність, вологостійкість, гідрофільність, механічна міцність, відсутність насіння бур'янів рослин, здатне утримувати до 70 % води і є в 15–20 раз ефективнішим за будь-яке органічне добриво. При внесенні «Біогумусу», який характеризується високою буферністю, не створюється надлишкової концентрації солей в ґрунтового розчині, що відбувається при внесенні високих доз мінеральних добрив.

Агрохімічні властивості органічного добрива «Біогумус», одержані в наших дослідженнях мають такі показники:

- вологість 45,8–55,2 %;
- вміст органічної речовини 44,8–54,2 %;
- гумусу 9,7–12,3 %;
- кислотність (рН) 7,2–8,0;
- загального азоту 1,8–3,1 %;
- фосфору (P₂O₅) 1,3–2,6 %;
- калію (K₂O) 1,6–3,8 %;
- кальцію 6,2–7,5 %;
- магнію 1,4–2,1 %;
- заліза 0,5–2,5 %;
- міді 13,1–18,4 мг/кг;
- марганцю 0,02–0,03 %;

- цинку 0,20–0,30 мг/кг;
- сірки 0,24–0,30 % [29].

1.3 Використання продуктів переробки вермікультивування

Вплив органічного добрива «Біогумус» на агрохімічні властивості ґрунтів. Дослідженнями встановлено, що внесення органічних добрив «Біогумус» під кукурудзу в дозах 3–10 т/га забезпечило збільшення вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–30 см, порівняно з контролем, на 0,06–0,18 %. Найістотніше збільшення вмісту гумусу в ґрунті було на варіанті, де вносили під кукурудзу по 10т/га органічного добрива «Біогумус». Вигляд біогумусу подано на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Біогумус

В 2007 році вміст гумусу в ґрунті становив 3,28 % або на 0,16 % більше, ніж на контролі і на 0,08 % більше, ніж на варіанті, де вносили 30 т/га гною, в 2008 році – 3,41 %, або на 0,20 % більше, ніж на контролі і на 0,11 % більше, ніж на варіанті, де вносили 30 т/га гною, в 2009 році відповідно на 0,18 % і 0,10 %.

В результаті досліджень встановлено, що органічні добрива «Біогумус» істотно впливали на реакцію середовища. Порівняно з контролем, найістотніше зменшення кислотності на 1,19 рНсол було на варіанті, де вносили 10т/га органічного добрива «Біогумус». Зменшення

кислотності спостерігалось в усі роки досліджень. Так в 2007 році рНсол на варіанті, де вносили 6–10 т/га було 6,92 і 7,08 або відповідно на 0,99 і 1,15 рНсол більше, ніж на контролі, в 2008 році – на 1,0 і 1,18 рНсол, в 2009 році – на 0,85 і 0,89 рНсол. В середньому за три роки досліджень в залежності від кількості внесеного органічного добрива «Біогумус» відбувалося зменшення кислотності, порівняно з контролем, на 0,57–1,19 рНсол.

Дослідження по трансформації гідролітичної кислотності в ґрунті, де вносились органічні добрива «Біогумус», показали, що ця форма кислотності більш консервативна, ніж показник рНсол і під впливом різних доз органічних відходів вона по-різному змінюється. Пояснюється це підвищенням буферності ґрунту та більш складним процесом обміну катіонів у вбирному комплексі ґрунту. В середньому за три роки досліджень впливу органічних добрив «Біогумус» при внесенні їх в дозі 6 і 10 т/га на період посіву кукурудзи в шарі ґрунту 0–30 см гідролітична кислотність зменшилась відповідно на 0,13 і 0,15 мг/екв 100 г ґрунту [30].

Вплив органічного добрива «Біогумус» на поживний режим ґрунтів. Враховуючи, що органічні добрива «Біогумус» мають значні переваги перед традиційними органічними добривами, ми вивчили їх вплив на поживний режим ґрунтів при внесенні в різних дозах під кукурудзу.

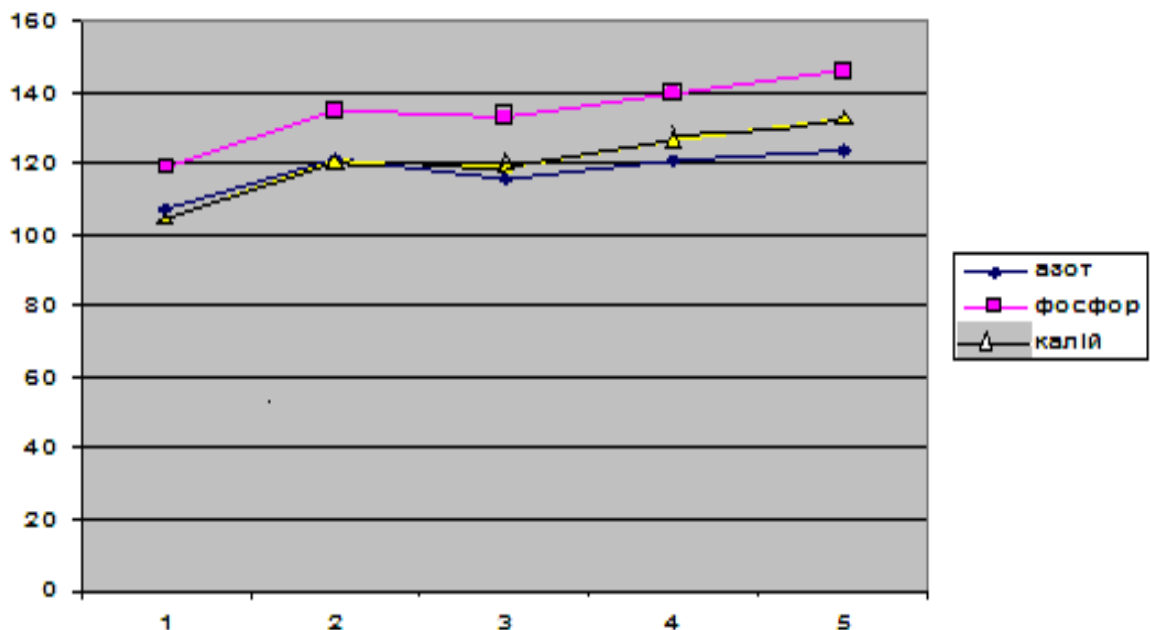
Дослідженнями встановлено, що органічні добрива «Біогумус» позитивно впливали на азотний режим в ґрунті і, порівняно з контролем, забезпечили збільшення лужногідролізованного азоту. В усі роки досліджень найкращі агрохімічні показники були на варіанті, де вносили на початку сівби кукурудзи органічні добрива «Біогумус» в дозі 10 т/га. Так, в 2007 році, порівняно з контролем, збільшення вмісту лужногідролізованного азоту було на 31,6 мг/кг, в 2008 році на 30,3 і в 2009 році на 21,2 мг/кг.

Дослідженнями встановлено, що органічні добрива «Біогумус» значно впливали на вміст нітратного азоту. При внесенні органічного добрива «Біогумус» на початку сівби кукурудзи в дозах 3, 6, 10 т/га в шарі ґрунту 0 – 30 см, в середньому за три роки, вміст нітратного азоту збільшувався,

порівняно з контролем, відповідно на 8,2, 15,9 і 34,7 мг/кг.

В усі роки досліджень під дією органічного добрива «Біогумус» спостерігалось збагачення ґрунту рухомим фосфором. Найбільше накопичення рухомого фосфору було на варіантах, де вносили органічні добрива «Біогумус» на початку сівби кукурудзи в дозі 6 і 10 т/га, яке досягало в середньому за три роки досліджень в шарі ґрунту 0–30 см 139,8 і 146,5 мг/кг, що на 20,9 і 27,6 мг/кг більше, ніж на контролі.

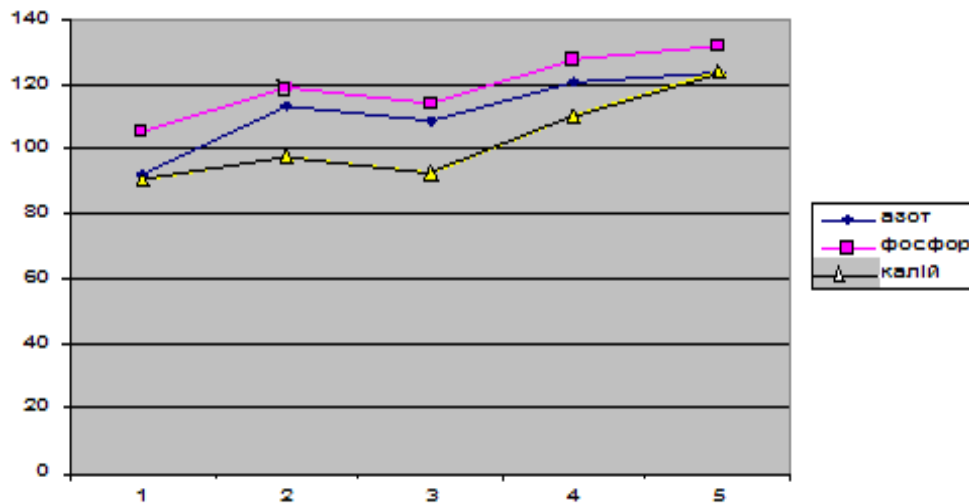
Встановлено, що на всіх варіантах де вносили 3–10 т/га органічного добрива «Біогумус» на початку сівби кукурудзи, порівняно з контролем, збільшувався вміст обмінного калію на 14,7–28,3 мг/кг.



1 – Контроль; 2 – Гній 30 т/га, 3 – «Біогумус» 3 т/га; 4 – «Біогумус» 6 т/га; 5 – «Біогумус» 10 т/га

Рисунок 1.5 – Динаміка нітратного азоту, рухомого фосфору і обмінного калію під впливом органічного добрива «Біогумус» до посіву кукурудзи в шарі ґрунту 0 – 30 см, мг/кг

Динаміка нітратного азоту, рухомого фосфору і обмінного калію під впливом органічного добрива «Біогумус» до посіву кукурудзи в шарі ґрунту 0–30 см, мг/кг подана на рис.1.6. Подібна тенденція спостерігалася по роках і станом на період збирання кукурудзи і це показано на рис. 1.6.



1 – Контроль; 2 – Гній 30 т/га, 3 – «Біогумус» 3 т/га; 4 – «Біогумус» 6 т/га; 5. «Біогумус» 10 т/га.

Рисунок 1.6 – Динаміка нітратного азоту, рухомого фосфору і обмінного калію під впливом органічного добрива «Біогумус» після збирання кукурудзи в шарі ґрунту 0-30см, мг/кг

Зменшення вмісту поживних речовин в ґрунті за період від початку сівби до кінця вегетації кукурудзи, свідчить про засвоєння їх рослиною для формування врожаю [31].

Вплив органічного добрива «Біогумус» на біологічну активність ґрунту. Проведеними дослідженнями встановлено, що використання «Біогумусу» забезпечувало підвищення відносної стійкості мікробного ценозу порівняно з контролем, а за окремими показниками – і з гноєм. Вказана закономірність проявляється в тому, що у варіантах, де застосовували органічне добриво «Біогумус», створювались умови для мікроорганізмів, що утилізують органічний і мінеральний азот. Це сприяє блокуванню деструкційного метаболізму ґрунтової мікрофлори і зниженню напруги мінералізаційних процесів. Про такий напрям біологічних процесів свідчить величина коефіцієнту мінералізації. Найкращу збалансованість між деструкційними і іммобілізаційними процесами відмічено в варіантах, де вносили 6 і 10 т/га органічного добрива «Біогумус».

По своїх показниках органічне добриво «Біогумус» володіє високою

біологічною активністю внаслідок вмісту в ньому великої кількості корисних мікроорганізмів. При внесенні його в ґрунт збільшується кількісний і якісний склад мікроорганізмів, що є запорукою підвищення його родючості.

Внесення органічних добрив «Біогумус» під кукурудзу гібриду Заліщицький 191СВ в середньому за три роки досліджень, порівняно з контролем, забезпечило приріст урожайності зерна 1,66–3,87 т/га (вплив органічного добрива «Біогумус» на урожайність гібриду кукурудзи «Заліщицький 191СВ» наведений у таблиці 1.1).

Таблиця 1.1 – Вплив органічного добрива «Біогумус» на урожайність гібриду кукурудзи «Заліщицький 191СВ», т/га

№	Варіанти	2019	2020	2021	Середнє	Приріст	%
1	Контроль	5,42	4,96	5,63	5,34	–	–
2	Внесення гною 30 т/г	7,13	6,87	7,20	7,07	1,73	32,4
3	Внесення добрива «Біогумус» – 3 т/га	7,07	6,78	7,15	7,00	1,66	31,1
4	Внесення добрива «Біогумус» – 6 т/га	8,24	7,93	8,07	8,08	2,74	51,3
5	Внесення добрива «Біогумус» – 10 т/га	9,20	9,06	9,38	9,21	3,87	72,4
	НІР ₀₉₅	0,216	0,182	0,21			
				8			

Внесення органічного добрива «Біогумус» в дозі 3 т/га забезпечило, порівняно з контролем, приріст урожайності кукурудзи гібриду Заліщицький 191СВ в середньому за три роки досліджень 1,66 т/га, в дозі 6 т/га приріст урожайності в середньому за три роки становив 2,74 т/га до контролю і на 1,01 т/га був більший, ніж на варіанті, де вносили 30 т/га гною.

Найбільша врожайність 8,08–9,21 т/га за три роки була на варіанті, де вносили органічні добрива «Біогумус» під кукурудзу в дозі 10 т/га. Найкращі

показники на цьому варіанті становили 9,38 т/га в 2009 році.

Дослідженнями встановлено, що вміст протеїну в зерні кукурудзи варіює залежно від умов росту рослини і залежить від норм внесення органічних добрив, виготовлених методом вермікультивування, «Біогумус».

За результатами проведених досліджень було встановлено, що найвищий вміст протеїну у зерні кукурудзи – 11,39 %, був на варіанті, де вносили під кукурудзу 10 т/га органічного добрива «Біогумус» або на 0,78 % більше контролю і на 0,24 % більше варіанту, де вносили під кукурудзу 30 т/га гною [32].

«Технологія виробництва біологічного стимулятора росту рослин «Вермійодіс» і його вплив на урожайність та якість капусти» представлена розроблена технологія виробництва біологічного стимулятора росту рослин «Вермійодіс», для одержання якого використовували біостимулятор росту «Вермістим – К», вироблений методом гідродинамічної кавітації з органічного добрива «Біогумус», до якого при допомозі спеціального обладнання додавали водний розчин біологічно-активного йоду.

Дослідженнями встановлено, що біологічний стимулятор росту і розвитку рослин «Вермійодіс» при застосуванні його в технології вирощування капусти у всі роки досліджень забезпечив збільшення врожайності капусти.

Встановлено, що найбільша прибавка була на варіанті, де вносили під передпосівну культивуацію 6 т/га органічного добрива «Біогумус» і проводили дворазове внесення «Вермійодісу» в дозі по 10 л/га під час вегетації рослин капусти білоголової, перший раз у фазі 3–5 справжніх листочків капусти, другий раз – на початку закладення головок капусти білоголової. Вона становила 15,5 т/га, або 71,2 % до контролю і на 6,2 т/га більше, ніж на варіанті, де вносили під передпосівну культивуацію 6 т/га органічного добрива «Біогумус» і проводили дворазове внесення «Вермістим» по 10 л/га. (Вплив біостимулятора «Вермійодіс» на урожайність капусти (т/га), 2007 – 2009 рр. поданий у таблиці 1.2).

Таблиця 1.2 – Вплив біостимулятора «Вермійодіс» на урожайність капусти (т/га), 2007 – 2009 рр.

№	Варіанти	2019	2020	2021	Середнє	Приріст	
						+/- т/га	%
1	Контроль	21,4	21,0	23,0	21,8	–	–
2	«Біогумус» – 6т/га + дворазове оприскування «Вермістим» по 10л/га	31,5	26,4	31,4	31,1	9,3	42,7
3	«Біогумус» – 6т/га + одноразове оприскування «Вермійодіс» 6 л/га	33,2	29,8	32,8	32,6	10,8	49,5
4	«Біогумус» – 6 т/га + одноразове оприскування «Вермійодіс» 10л/га	33,8	34,0	34,7	34,5	12,7	59,3
5	«Біогумус» – 6т/га + двохразове оприскування «Вермійодіс» по 6 л/га	36,2	35,0	35,2	35,8	14,0	64,2
6	«Біогумус» – 6т/га + двохразове оприскування «Вермійодіс» по 10 л/га	36,6	37,3	38,0	37,3	15,5	71,2
	НІР ₀₉₅ , т/га	0,118	0,068	0,104			
	S _x , %	1,24	0,72	1,067			

Дослідженнями встановлено, що біологічний стимулятор росту і розвитку рослин «Вермійодіс» позитивно впливав на якісні показники капусти білоголової. Так, в середньому за роки досліджень, внесення біологічного стимулятора росту і розвитку рослин «Вермійодіс» при одноразовому обприскуванні рослин капусти білоголової під час вегетації в дозі по 6 і 10 л/га забезпечили збільшення вмісту сухої речовини в

порівнянні з контролем було на 0,2 %, при двохразовому оприскуванні біологічним стимулятором росту і розвитку рослин «Вермійодіс» капусти білоголової під час вегетації на 0,4 %.

Встановлено, що застосування біологічного стимулятора росту і розвитку рослин під час вегетації забезпечило збільшення в головках капусти білоголової вмісту вітаміну С. Так, в середньому за роки досліджень при одноразовому внесенні біостимулятора росту і розвитку рослин «Вермійодіс» в дозі 10 л/га вміст сухої речовини вітаміну С в головках капусти білоголової становив 50,1 мг/кг, що на 3,6 мг / кг більше, ніж на контролі. При двохразовому внесенні «Вермійодіс» по 10 л/га (перший раз в фазі 3–5 справжніх листочків, другий раз – в фазі початку закладання головок капусти білоголової), вміст сухої речовини вітаміну С становив 51,7 мг/кг, або на 5,2 мг/кг більше, ніж на контролі.

Результати досліджень показали, що застосування біостимулятора «Вермійодіс» при одноразовому і двохразовому оприскуванні рослин капусти білоголової під час вегетації забезпечило на всіх варіантах збільшення вмісту цукру в головках капусти білоголової на 0,06–0,21 %. Найістотніше збільшення вмісту цукру в головках капусти білоголової в усі роки досліджень було на варіанті, де проводили двохразове оприскування біостимулятором росту і розвитку рослин капусти білоголової під час вегетації в дозі по 10 л/га.

Застосування біологічного стимулятора росту і розвитку рослин «Вермійодіс» позитивно вплинуло на вміст нітратів в головках капусти білоголової. Так, в середньому за роки досліджень при одноразовому внесенні біостимулятора «Вермійодіс» в дозі 6–10 л/га вміст нітратів в головках капусти білоголової порівняно з контролем зменшився на 48,41–52,0 мг/кг, при дворазовому обприскуванні рослин капусти білоголової на 57,01–61,4 мг/кг.

Зменшення нітратів в головках капусти білоголової спостерігалось в усі роки досліджень на всіх варіантах, де проводили одноразове і двохразове

оприскування біостимулятором «Вермійодіс». Це пояснюється позитивною дією гумусових речовин біостимулятора «Вермійодіс» в суміші з водним розчином йоду в регулюванні процесу перетворення нітратів в рослинах [33].

«Виробниче випробування і впровадження технології біопереробки органічних відходів методом вермікультивування в господарствах України» показано впровадження розробленої технології по переробці органічних відходів методом вермікультивування на протязі 2008 – 2010 років: в підрозділах асоціації «Біоконверсія» – НВТ «Відродження» ПП «Біоконверсія» Івано-Франківської, ТЗОВ «Подільський господар» Шепетівського району Хмельницької, ПП Токорчин Стрийського району Львівської, ФГ «Бутенко» Менського району Чернігівської областей. Проведеними виробничими дослідженнями по вивченню впливу застосування різних доз органічного добрива «Біогумус» на урожайність і якість зерна кукурудзи встановлено, що урожайність кукурудзи на варіанті, де вносили 10 т/га «Біогумус» була на 3,18 т/га більшою порівняно з контролем [34].

«Еколого-економічна ефективність застосування органічного добрива «Біогумус» і біологічного стимулятора «Вермійодіс» економічними розрахунками встановлено, що в залежності від вартості компонентів органічних відходів, які використовуються для вермікультивування, транспортних витрат, затрат на електроенергію та інше, термінів вермікультивування рентабельність виробництва однієї тони органічного добрива «Біогумус» становить 94 %.

Враховуючи показники урожайності зерна кукурудзи та виробничі витрати на внесення різних доз органічних добрив нового покоління «Біогумус» та збір додаткової продукції, проведеними економічними аналізами встановлено, що прибутки отримано на всіх варіантах. У варіантах, де вносили органічне добриво «Біогумус» в дозах 3–6 т/га, було отримано з кожного гектара 2208–3342 грн умовного чистого прибутку. Найвищий умовний прибуток – 4211 грн, був на варіанті, де вносили по 10 т/га

органічного добрива «Біогумус». Проведеними економічними розрахунками встановлено, що застосування біостимулятора росту і розвитку рослин «Вермійодіс» в технології вирощування капусти білоголової забезпечило одержання додаткового умовного прибутку в розмірі 7130–13620 грн з гектара. Найбільше умовного прибутку одержано на варіантах, де вносили під передпосівну культивуацію органічне добриво «Біогумус» в дозі 6 т/га і проводили двохразове оприскування біостимулятором росту і розвитку рослин «Вермійодіс» по 6 і 10 л/га, перший раз у фазі 3–5 листочків, другий раз – на початку формування головок. На цих варіантах було одержано умовного прибутку, на 1 грн. додаткових затрат, відповідно 3,56 і 3,97 грн.

Новий напрямок біотехнології – вермікультивування (промислове розведення дощових черв'яків) – дозволяє вирішити на біологічній основі актуальні екологічні і господарські проблеми: утилізацію органічних відходів, підвищення родючості ґрунту, одержання високоякісного екологічно чистого органічного добрива, збільшення виробництва якісної сільськогосподарської продукції. Метод вермікультивування істотно обмежує або виключає небезпеку забруднення навколишнього середовища поллютантами і дозволяє отримати органічне добриво «Біогумус» основними агроекологічними властивостями якого є: багатство корисної мікрофлори; пролонгована дія; оптимальна реакція середовища для розвитку рослин; відсутність насіння бур'янів; значний вміст біологічно активних речовин, які підвищують стійкість рослин до захворювань й зменшують їх стресовий стан. Внесення добрива «Біогумус» в ґрунт створює сприятливі умови для підвищення родючості ґрунту, що сприяє активізації процесів розвитку та формування урожайності сільськогосподарських культур [35].

1.4 Застосування біокомпосту для добрива сільськогосподарських земель і фітореємедіації

Розвиток сільського господарства сьогодні неможливий без

використання добрив, які дозволять підвищити родючість ґрунтів, збільшити врожайність та покращити якість продукції. Для уникнення негативних змін у ґрунтових екобіоценозах, необхідно відмовитись від використання мінеральних добрив надавши перевагу органічним, які містять всі необхідні поживні речовини для рослин та стимулюють гумусоутворюючі процеси, що у свою чергу підвищує потенційну родючість ґрунтів.

Сьогодні ні у кого не виникає сумнівів стосовно того, що родючість ґрунтів тісно пов'язана з діяльністю ґрунтових мікроорганізмів. Так як, мікробіота активно функціонує та формує верхній ґрунтовий горизонт, таким чином беручи участь в утворенні гумусового шару, в якому зосереджений найбільший запас органічних форм поживних елементів [36].

У 2017 році кафедра біотехнології Українського державного хіміко-технологічного університету м. Дніпро було сформовано популяцію дощових черв'яків роду *Eisenia*. Вермікультура селекціонована на біотрансформацію жорстких субстратів, для отримання біогумусу з твердої та рідкої фракцій органічних відходів сільськогосподарських комплексів. Дана біотехнологія не потребує значних економічних витрат для підприємств, тому що розведення черв'яків роду *Eisenia* відбувається на основі органічних відходів – твердої біомаси, яка вже пройшла процес ферментації. На приготування субстрату додаткові кошти не потрібні.

Дана біотехнологія вермікультивування направлена на:

- реанімацію малопродуктивних ґрунтів;
- створення умов прискореного проростання насіння;
- отримання екологічно чистих продуктів;
- підвищення стійкості рослин до захворювань і температурних перепадів.

Вироблене шляхом вермікультивування *біодобриво* – є екологічно безпечним і нетоксичним та дозволяє вирішити ряд питань, а саме:

1. Забезпечує утилізацію різноманітної органічної біомаси;
2. Отримане біодобриво не містить токсичних речовин та є абсолютно безпечним для навколишнього середовища;

3. За рахунок збагачення біогумусу корисними мікроорганізмами забезпечується структурування ґрунтів та збереження їх екобіоценозів;
4. Використання біогумусу заміщує витрати на застосування хімічних добрив і пестицидів.

Біогумус – однорідна маса темно-коричневого кольору, що є продуктом вермікультування (життєдіяльності) черв'яків роду *Eisenia*. Це натуральне, природне, органічне, повністю екологічно чисте і найкраще з відомих добриво. Біогумус є органічною добавкою до будь-якого ґрунту і навіть піску, який покращує стійкість рослин до хвороб і шкідників, удвічі прискорює проростання насіння та не містить насіння бур'янів. Біогумус істотно впливає на кислотність ґрунту і може довести його рН до нормального, не містить хімічних, мінеральних та синтетичних добавок.

Хоча в Україні бізнес з отримання органічної продукції тільки починає розвиватися, але є всі підстави для того, щоб цей напрям став найперспективнішим і найвигіднішим вже найближчим часом.

Розуміння достатньо вагомого значення черв'яків у покращенні ґрунтів, стало запорукою великого інтересу до їх розведення в умовах вермікомпосту. При наявності правильного за технологічними параметрами субстрату, тварини працюють з високим коефіцієнтом дії 40 % субстрату витрачається на процеси життєдіяльності, а 60 % після перетравлення виділяється в вигляді – копролітів, тобто продукowanego біогумусу.

Ще Ч. Дарвін (1881) у своїх роботах відмітив важливе значення дощових черв'яків у підвищенні родючості ґрунтів, за його словами: *«Задовго до винаходу плугу земля оброблялась цими тваринами і завжди буде оброблятись ними»*.

У результаті діяльності дощових черв'яків утворились знамениті чорноземи – національне багатство країни. Так як, проковтуючи мікрочастинки органічної речовини черви трансформують її через кишечник, де під дією ферментів змінюється структура речовини, яка виділяється у виді копролітів. Копроліти покращують структуру ґрунту в результаті маленькі

його частинки обволочуються слизом утворюючи «гелеподібну» структуру. Під їх дією також змінюється біохімічний склад ґрунтів. Біогумус містить в добре збалансованій і легкозасвоюваній формі всі необхідні для живлення рослин речовини. Середній вміст сухої органічної маси у біогумусі становить 50 %, а гумусу – 18 %; реакція середовища, сприятлива для рослин і мікроорганізмів – рН 6,8–7,4; середнє значення загального азоту досягає 2,2 %; фосфору – 2,6 %; калію – 2,7 % і т. д. Крім того, в біогумусі представлені практично всі необхідні мікроелементи і біологічно активні речовини, серед яких ферменти, вітаміни, гормони, ауксини, гетероауксини і ін.

Крім того, важливим є те, що біогумус збагачений значною кількістю корисної для ґрунту мікрофлори – мікроміцетами, актиноміцетами, амоніфікуючими, фосфатмобілізуєчими та іншими мікроорганізмами. Вони відіграють ключову роль у структуруванні, формуванні та підвищенні родючості ґрунтів і якості отриманої рослинної продукції.

У кращих зразках біогумусу в 1 г налічується до декількох мільярдів клітин мікроорганізмів, що значно перевищує чисельність мікробів в гною (приблизно 150–350 млн клітин).

У таблиці 1.3 представлений аналіз органічного складу донних відкладень (сапропелів) до і після біотрансформації черв'яками роду *Eisenia*.

Таблиця 1.3 – Аналіз органічного складу донних відкладень (сапропелів) до і після біотрансформації черв'яками роду *Eisenia*

№ водойму	До біотрансформації			Після біотрансформації		
	1	2	3	4	5	6
1 водойм	2,72	63,1	181	5,36	199,5	1521
2 водойм	2,23	26,3	103	4,06	77,6	1068

Слід зазначити, що органічна речовина біогумусу в представлена гуміновими кислотами (31,7–41,2 %) і фульвокислотами (22,3–34,8 %).

Серед гумінових кислот переважає найцінніша фракція – гумати кальцію (43,3–47,6 %). Наявність в верікомпостах фульватно-гуматного типу

гумусу (СГК: Сфкт = 1,18–1,42) сприяє формуванню агрономічно цінної структури ґрунту. Елементи живлення, що знаходяться в біогумусі, взаємодіючи з мінеральними компонентами ґрунту, утворюють складні комплексні сполуки. Тому вони надійно захищені від вимивання, повільно розчиняються у воді, забезпечуючи харчування рослин протягом тривалого часу (не менше 2–3 років).

Вважається, що в 1 т біогумусу міститься в середньому 45 кг поживних елементів (NPK) і як наслідок біогумус по своїй поживній цінності перевершує органічні добрива.

Таким чином, продукт отриманий шляхом біотрансформації різноманітних органічних субстратів сільськогосподарських угідь черв'яками роду *Eisenia* має властивості рекультиванту, зокрема:

- підвищує вміст у ґрунті поживних елементів та сприяє пролонгованому переміщенню їх до рослини;
- стабілізує у ґрунті вміст гумусу;
- поліпшує структуру ґрунту;
- підвищує температуру, у результаті ґрунт забарвлюється у темний колір, який покращує поглинання сонячної енергії, що особливо важливо для районів з холодним і помірним кліматом;
- зв'язує важкі метали і радіонукліди у не розчинні малорухомі комплекси;
- сприяє зростанню чисельності корисної для ґрунту мікрофлори, забезпечуючи сталість екосистем;
- підвищує врожайність;
- сприяє біологізації землеробства та отриманню екологічної продукції рослинництва [37].

РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ВЕРМІКУЛЬТИВУВАННЯ ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

2.1 Еколого-економічна оцінка основних видів фітореємедіації на порушених землях

Термін «фітореєкультивація» має багато визначень. Найбільш змістовним і широким є класичне визначення В. Кнабе [38]: Фітореєкультивація – це сукупність видів і форм діяльності людини, спрямованої на відновлення культурних ландшафтів. Гірничі роботи, видобуток корисних копалин, особливо відкритим способом, промислове будівництво є причиною утворення порушених земель (пустищ). Порушені землі – це території, де рельєф, гідрологія, ґрунтовий покрив і рослинність території порушені внаслідок господарської діяльності [39].

Оцінка того, як відновити стабільність, ландшафтну цілісність і потенціал для реінтеграції в природне середовище порушених земель з мінімальними капіталовкладеннями є складним і важким економічним завданням. При цьому варто враховувати, що приведення пустирів у стан, придатний для повторного використання, не завжди відповідає його попередньому призначенню [40].

Біологічна реєкультивація – це відновлення ґрунтового покриву та рослинності на порушених землях, наприклад, на відвалах шахт чи кар'єрів.

Вона включає наступні етапи:

- підготовка поверхні, вирівнювання, формування необхідних ухилів.
- нанесення родючого шару ґрунту, де використовуються природні або штучно створені ґрунти;
- внесення добрив та меліорантів для поліпшення властивостей ґрунту;
- фітомеліорація – висаджування рослин, які покращують ґрунт своєю життєдіяльністю;

- агротехнічна обробка - посів трав, культурних рослин.

Догляд за посівами для створення стійких агроєкосистем.

Ефективна біорекультивация дозволяє не тільки відновити ландшафти, але й надати землям господарську цінність [41].

Згідно з чинними в Україні законодавчими нормами, якщо під час господарської діяльності людини порушується цілісність ландшафту, необхідно проводити примусові меліоративні заходи. Цей обов'язок впливає зі змісту ст. Статтею 14 Конституції України [42] визначено, що земля є основним національним багатством і підлягає особливій охороні держави, що також передбачено пунктом 7.1 статті 1. Статтею 5 Земельного кодексу України [43] визначено принципи земельного законодавства, згідно з якими при регулюванні земельних відносин повинні забезпечуватися раціональне використання та охорона земель. У Волинській області, як і на більшій частині північно-західного Полісся, в основному знаходяться розроблені та занедбані кар'єри, кар'єри, торф'яні розробки, місця несанкціонованого видобутку бурштину (виїмки, «п'яні ліси»), які потребують рекультивациі, а також стихійні сміттєзвалища.

У Нововолинському районі навколо видобувних і консервованих вугільних шахт багато пустирів і відвалів породи, які піддалися лише мінімальній технічній рекультивациі, а незначна їх частина озеленена. Тому надзвичайно актуальним є питання економічної оцінки реставраційних заходів. Варто зазначити, що деякі сільські громади Волині, не чекаючи централізованої бригади та виділення коштів, відтворюють природні ландшафти на власних землях. Як приклад, варто згадати ініціативу сільських громад. Заставне (Іванівський район) облаштування рекреаційно-паркових зон відпочинку на місці двох занедбаних кар'єрів. У таблиці 2.1 наведено показники рентабельності для деяких видів меліорації, які ми розраховали за фізичними та соціально-економічними умовами ландшафту Волинського Полісся (при цьому як приклад для розрахунків за об'єкт рекультивациі брався умовний кар'єр площею 5 га).

Таблиця 2.1 – Економічна оцінка основних видів рекультивації на порушених землях (на прикладі типового кар'єру площею 5 га)

Вид рекультивації	Основні види робіт	Тривалість, роки	Відносна вартість, бали	Рентабельність, %
Сільсько-господарська	Вирівнювання поверхні рекультивованих ділянок з наступним нанесенням ущільненого ґрунтового шару; заходи з мінімізації водної та вітрової ерозії, зсувів на ділянках; здійснення біологічної рекультивації, зокрема, засівання однорічних культур з метою відновлення гумусового шару; фіторе mediaція ділянки для нейтралізації токсикантів.	5	5,5	30,6
Водогосподарська	Заповнення водою відпрацьованих кар'єрів, траншей, пустот; протиерозійні заходи; екранування токсичних шарів породи; захист берегів, укосів та дна від інфільтрації; озелення та залісення відкосів, берегової зони; використання утворених водойм для рибальства, рекреації, технічного водопостачання.	2	4	39,8
Лісогосподарська	Вирівнювання рекультивованих ділянок, завезення та насипання родючого ґрунтового шару; підбір та насадження деревних порід, кущів у відповідності до ґрунтових, гідрогеологічних умов та призначення даної ділянки в майбутньому (водорегулююче, захисне, рекреаційне); захист ділянки від ерозійних процесів, зсувів, обвалів.	3	4,5	58,4

Закінчення таблиці 2.1

Рекреаційно-господарська	Планування території та земляних робіт; лісонасадження та озелення ділянки; збереження існуючих або створення придатних для рекреації форм рельєфу; забезпечення стабільності ґрунтів при будівництві споруд для відпочинку і занять спорту; проектування, будівництво і експлуатація водних об'єктів, рекреаційних зон для організованого відпочинку.	2	4	72,1
Будівельно-господарська	Вирівнювання поверхні порушених земель до мінімальних похилів; формування відкосів, бортів кар'єру; зняття, перевезення, зберігання та повторне нанесення ґрунту; будівництво під'їзних доріг, гідротехнічних і меліоративних споруд.	1	2	80
Санітарно-гігієнічна	Засипання кар'єру; вирівнювання поверхні порушених земель; підвіз гірських порід та ґрунтів, що забезпечать тривале консервування кар'єру.	0,5	1	–

Одним із найбільш поширених напрямків проведення лісорекультивацийних робіт на порушених землях є створення системи протиерозійних насаджень (стокорегулювальних, прибалкових, прияружних лісових смуг, залісення порушених земель), які послаблюють процеси водної ерозії чи припиняють її подальший розвиток, підвищують еколого-економічний потенціал прилеглих сільськогосподарських земель. Економічна ефективність лісових рекультивацийних насаджень за методикою, запропонованою у [44], визначається зіставленням, з одного боку, витрат на їх створення, утримання і догляд, а з іншого – суми незаподіяної шкоди. Нерекультивований кар'єр – це постійне джерело та осередок

розповсюдження водної ерозії на прилеглих ділянках. Шкода від водної ерозії полягає в змиві та розмиві ґрунту, що призводить до зниження родючості, втрати ґрунтом поживних речовин, погіршення режиму зволоження, замулення продуктами розмиву розміщених поруч ділянок (лук, пасовищ, водойм), втрати площі сільськогосподарських угідь внаслідок розростання ярів.

Рекреація – це не тільки вид підприємництва, рекреаційна діяльність має вагомe екологічне та соціальне значення, позитивно впливає на розвиток інших галузей господарювання, сприяє розбудові населених пунктів та цілих регіонів, забезпечує створення нових робочих місць, стимулює розвиток місцевої промисловості, сфери послуг, відроджує місцеві традиції, народні промисли, підвищує загальний благоустрій міст і сіл [46].

2.2 Розрахунок поверхні породних відвалів для обґрунтування їх біологічної рекультивациі

При визначенні різних параметрів конічних і плоских відвалів виходять з того, що відвали першого типу являють собою круглі прямі конуси, а відвали другого типу – круглі прямі усічені конуси.

а) Розрахунок площі поверхні конічного відвала.

При виконанні розрахунків користаються формулою

$$S_{нов} = \pi r l, \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

де $S_{нов}$ – площа бічної поверхні конуса, м^2 ;

r – радіус його основи, м;

l – утворююча, м;

У конічного відвала відповідно $S_{нов}$ – площа поверхні, м^2 ;

r – радіус основи, (м);

l – довжина укусу, (м).

Для обчислення можна скористатися формулою

$$l = \sqrt{r^2 + h^2}, \text{ м} \quad (2.2)$$

де h – висота конуса (відвала), м.

Приклад. Висота конічного відвала (h) – 60 м, площа основи ($S_{\text{осн}}$) – 5,5 га. Визначити площу поверхні відвала, що виділяє пил.

Рішення.

$$S_{\text{нов}} = \pi r l;$$

$$r = \sqrt{\frac{S_{\text{осн}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{55000}{3,14}} = 132 \text{ (м)};$$

$$l = \sqrt{r^2 + h^2} = \sqrt{132^2 + 60^2} = 145 \text{ (м)};$$

$$S_{\text{нов}} = 3,14 * 132 * 145 = 60099,6 \text{ м}^2.$$

Відповідь. Площа поверхні даного конічного відвала складає 60099,6 м², тобто близько 6,0 га.

б) Розрахунок площі поверхні плоского відвала.

Плоскі породні відвали утворюються в результаті переформування конічних, а також при відсіпанні автомобільним чи залізничним транспортом. Параметри плоского відвала розраховуються по відповідним формулам для прямого усіченого конуса.

Площа поверхні зазначеного конуса ($S_{\text{нов}}$) являє собою суму площ верхньої основи ($S_{\text{в}}$) і бічної поверхні ($S_{\text{бок}}$):

$$S_{\text{нов}} = S_{\text{в}} + S_{\text{бок}} \quad (2.3)$$

При цьому для визначення $S_{\text{в}}$ і $S_{\text{бок}}$ користуються формулами:

$$S_{\text{в}} = \pi r^2 \quad (2.4)$$

де r – радіус верхньої основи (плато).

$$S_{\text{бок}} = \pi l (R + r), \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

де l – утворююча, м;

R – радіус нижньої основи.

Для визначення l існує формула

$$l = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}, \text{ м} \quad (2.6)$$

де h – висота конуса.

Приклад. Висота плоского породного відвала – 30 м, площа плато – 3,5 га, площа основи – 8,0 га. Визначити загальну площу поверхні відвала.

Рішення.

$$S_{нов} = S_в + S_{бок};$$

$$S_в = 3,5 \text{ га або } 35000 \text{ м}^2;$$

$$S_{бок} = \pi l (R + r);$$

$$l = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}.$$

Визначимо значення радіусів обох основ, виходячи з їхніх відомих площ:

$$R = \sqrt{\frac{S_{осн}}{\pi}} = \sqrt{\frac{80000}{3,14}} = 160 \text{ (м)};$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{53000}{3,14}} = 130 \text{ (м)}.$$

Підставляючи отримані значення у формулу для l , одержимо:

$$l = \sqrt{30^2 + (160 - 130)^2} = 42,4 \text{ (м)}.$$

Утворююча усіченого конуса l – це довжина відкосу плоского відвала.

По величині l визначаємо площу бічної поверхні відвала:

$$S_{бок} = \pi l (R + r) = 3,14 * 42,4 (160 + 130) = 38609 \text{ м}^2, \text{ тобто } 3,9 \text{ га}.$$

Тепер залишається обчислити суму площ плато й відкосів:

$$S_{нов} = 3,5 \text{ га} + 3,9 \text{ га} = 7,4 \text{ га}.$$

Відповідь. Загальна площа поверхні плоского відвала складає 7,4 га.

2.3 Дослідження впливу екологічних умов вермікультивування для переробки органічних відходів

Проходячи через шлунковий тракт черв'яків, рослинні рештки, органічні відходи, мінеральні речовини ґрунту подрібнюються, з ними відбуваються біохімічні трансформації: органічні полімерні сполуки розщеплюються на більш прості речовини, збагачуються сполуками калію,

магнію, фосфору та ферментами (каталазою, уреазою, дегідрогеназою). В результаті продукт життєдіяльності черв'яків – копроліти (представляє собою матеріал, збагачений біологічно активними сполуками, гуміновими речовинами, корисною мікрофлорою).

За вмістом гумусу вермікомпост переважає гній та компости в 4-10 разів. У копролітах черв'яків природних популяцій вміст гумусу сягає 11-15%, а культивованих – від 25 до 35% у перерахунку на суху речовину [47]. Азоту в біогумусі в середньому в 5 разів, фосфору – в 7 разів, калію – в 11 разів більше, ніж у ґрунті, де живуть черв'яки.

Дошові черви потребують перш за все азотовмісної органічної речовини, запаси якої у ґрунті обмежені. Тому звичайно найбільша щільність, темпи індивідуального росту та плодючість черв'яків спостерігається у місцях локалізації органічного субстрату, багатого на азот (на пасовищах, поблизу місць складування екскрементів травоядних тварин тощо). Оптимальне співвідношення C:N в органічному субстраті повинно бути близьким до 20:1 [48]. Крім азотовмісних речовин, перероблювані органічні матеріали повинні містити вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни, а також клітковину та інші сполуки, відсутність яких утруднює травлення.

Біомаса черв'яків здатна виробити із 1 м³ органічних решток від 0,71 до 1,2 т вермікомпосту. Маса отриманого вермікомпосту залежить від вихідного субстрату. Оптимальним субстратом для цього є вичавки із плодів фруктів (яблука, банани), 50% + опале листя (50 %), що забезпечує найвищий показник виходу вермікомпосту [49].

Вологість. Оптимальною величиною вологості органічного субстрату вважають 60-80 %. У випадку прогресуючого підсихання спостерігається переміщення черв'яків у більш вологі зони. Якщо вміст вологи у ґрунті тривалий період нижчий за 30-35 %, чисельність черв'яків знижується, хоча вони можуть втратити без шкоди 50-60 % води від маси тіла. При вологості ґрунту 22 % черв'яки гинуть протягом тижня. При вирощуванні дошових

черв'яків в лабораторних умовах їхня максимальна маса та плодючість досягається при вологості субстрату 70-85 %, бо ця величина близька до вмісту води у тілі дощового черв'яка.

Температура і рН. Температура +15-25°C та рН середовища проживання 7,0-7,6 оптимальні для розмноження дощових черв'яків. Для виду *Eisenia andrei* температура повинна бути +17-27°C.

На рис. 2.1. представлено залежність впливу температури вермікомпостування на продукцію біомаси черв'яків у часі.

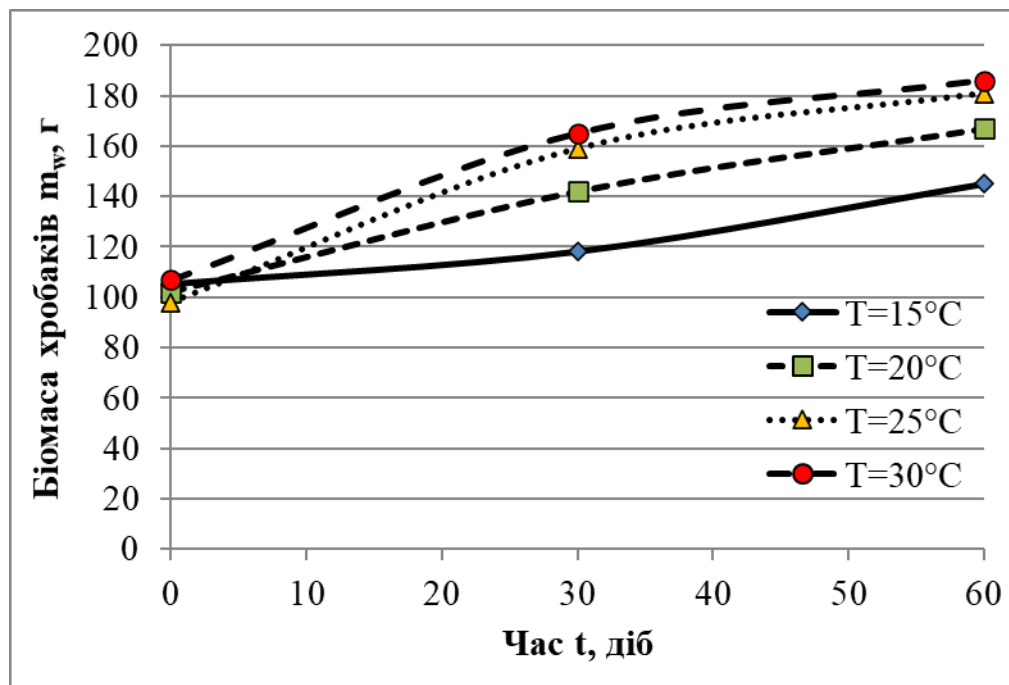


Рисунок 2.1 – Залежність впливу температури вермікомпостування на продукцію біомаси черв'яків у часі

Вермікультура трансформує відходи в високоефективне біодобриво (біогумус) в формі агрегатів розміром 1-5-10 мм, з хорошою структурою і водостійкістю структурних агрегатів, з підвищеним вмістом гумусу (14-20%) обмінного калію, рухомого фосфору, кальцію, з пролонгованою дією при внесенні в ґрунт. В процесі вермікомпостування спостерігається зміна гранулометричного складу субстрату. Зменшується частка пилюватої фракції (менше 0,25 мм), збільшується маса агрономічно-цінних агрегатів розміром 0,25-7 мм. При цьому максимальної маси досягає фракція 2 мм, до складу

якої входять копроліти дощових черв'яків. Ступінь збільшення цієї фракції залежить від походження і складу органічної частини вихідного субстрату. При цьому збільшується водостійкість агрегатів, сума яких також підвищується зі зростанням частини, яка конвертується в субстраті [50].

Дослідження впливу складу субстрату на вихід компосту та біомаси черв'яків проводили на кафедрі екології та технологій захисту навколишнього середовища.

Для визначення вологості було проведено наступні дії:

1. Зразок компосту для визначення вологості відбирали масою 10 г, поміщали у заздалегідь висушений, зважений і пронумеровану пластикову тару.
2. Після зважування тари помістили у нагріту сушильну шафу і висушили до постійної маси за температури $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
3. Після кожного висушування компост у бюксі охолоджували в ексикаторі із хлористим кальцієм до температури приміщення та зважували.
4. Вологість компосту визначили як відношення маси води, вилученої із нього висушуванням до постійної маси, до маси висушеного компосту:

$$W = (M3 - M1) / (M2 - M1) \times 100\%, \quad (2.7)$$

де $M1$ – маса тари;

$M2$ - маса тари з компостом;

$M3$ - маса тари після висушування 3 годин.

Згідно з отриманими результатами визначення вологості біогумусового субстрату найбільш оптимальні значення $W = 60-70\%$.

Визначення зольності. Для визначення зольності було проведено наступні дії:

1. У попередньо прожарений і зважений тигель з кришкою помістили навіску вермікомпосту від 2 до 4 г. Зважування проводили на аналітичних вагах.

2. Муфульну піч попередньо підігріти до 200° С. Помістити в неї тигель без кришки. Поступово підвищували температуру до 550°С. Через 3 години тигель з зольним залишком виймали з печі, охолоджували протягом 5 хвилин і помістили в ексікатор на 30 хвилин до повного охолодження.

3. Охолоджений тигель зважили на аналітичних вагах, після чого повторили прожарювання протягом 40 хвилин, охолодили і знову зважили.

Зольність у відсотках від маси абсолютно сухого вермікомпосту обчислювали за формулою:

$$A = m_2 \cdot (100 - W) / m_1, \quad (2.8)$$

де А – зольність вермікомпосту, %; m₁ – навіска повітряно-сухого (вологого) вермікомпосту, г;

m₂ - маса золи, г; W – вологість ґрунтового вермікомпосту, %.

Згідно з отриманими результатами зольність біогумусового субстрату має діапазон А = 18–25%.

Визначення рН у витяжці компосту.

Для визначення значення рН у витяжці компосту 20 г зразку вермікомпосту вичавлювали водний розчин об'ємом 5 мл, далі профільтрували і вимірювали рН за допомогою рН-метра.

Згідно з отриманими результатами вимірювання біогумусового субстрату діапазон рН 5,5-6,8.

Висновки щодо екологічних чинників впливу на процес вермікомпостування. Нормальними життєвими умовами для черв'яків (*Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*) є вологість 60–70%; температурний режим 20–25°С; нейтральна або слабо кисла реакція середовища (рН = 5,5-7,0). Також позитивним фактором для росту вермікультури є відсутність сонячного світла та періодична аерація вермікомпосту.

В ході проведення дослідів були використані:

- два вермікомпостера, що були попередньо виготовлені;
- ґрунт універсальний: зольність 25-35%, рН 5,5-7,5, вологість 55%.

2.4 Лабораторне біотестування ефективності продуктів вермікультивування для фітореMediaції деградованих земель

В лабораторії кафедри екології та ТЗНС були проведені експерименти стосовно потенціалу використання продуктів вермікультивування для фітореMediaції деградованих земель. Основна ідея досліджу полягала у визначенні оптимального складу композитних біогумусових брикетів для фіторекультивациі деградованих земель гірничопромислових підприємств. Комплексні трьохкомпонентні суміші склались з наступних інгредієнтів (таблиця): жовто-бурий суглинок, біогумус (продукт вермікультивування) і насіння дикорослих злаків, зокрема вівсюга пустого (*Avena fatua*), та стоколоса безостого (*Brōmus inērmis*). У дослідженнях представлені результати культивування насіння деревинно-чагарникової рослинності з додаванням біогумусу у різних концентраціях.

В результаті досліджу було зважено масу сумішей та розраховане відсоткове співвідношення компонентів в суміші, яке подано у таблиці 2.2 та на рисунках 2.2 – 2.3.

Таблиця 2.2 – Маса та відсоткове співвідношення компонентів в суміші

Зразки №	Суглинок		Біогумус		Насіння		Загальна маса зразка, г
	г	%	г	%	г	%	
1	0	0	19	95	1	5	20
2	2	10	17	85	1	5	20
3	6	30	13	65	1	5	20
4	10	50	9	45	1	5	20
5	14	70	5	25	1	5	20
6	18	90	1	5	1	5	20

Дослід № 1: 6 зразків (загальна маса 1-го зразку складає 20 г) трьохкомпонентної суміші складаються з наступних інгредієнтів:

1. 19 г біогумусу + 1 г насіння;
2. 17 г біогумусу + 1 г насіння +1 г суглинку;

3. 13 г біогумусу + 1 г насіння + 6 г суглинку;
4. 9 г біогумусу + 1 г насіння + 10 г суглинку;
5. 5 г біогумусу + 1 г насіння + 14 г суглинку;
6. 1 г біогумусу + 1 г насіння + 18 г суглинку.

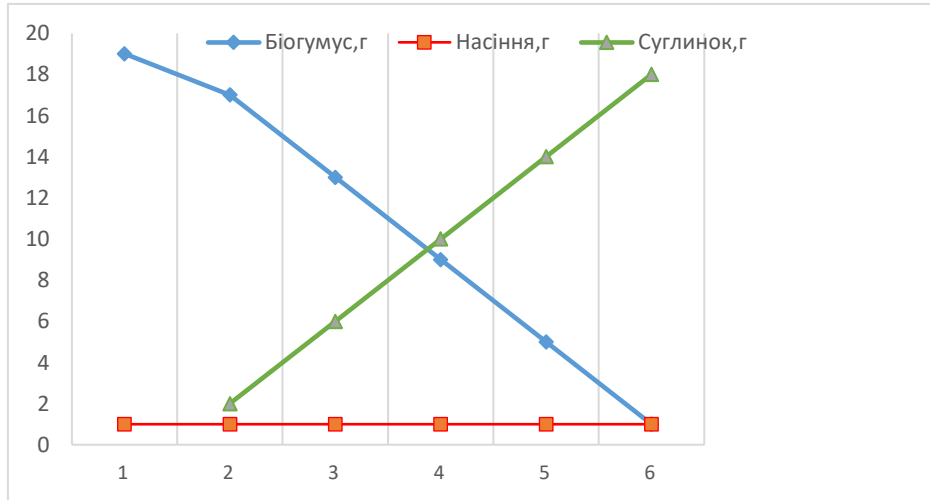


Рисунок 2.2 – Маса компонентів в суміші, г

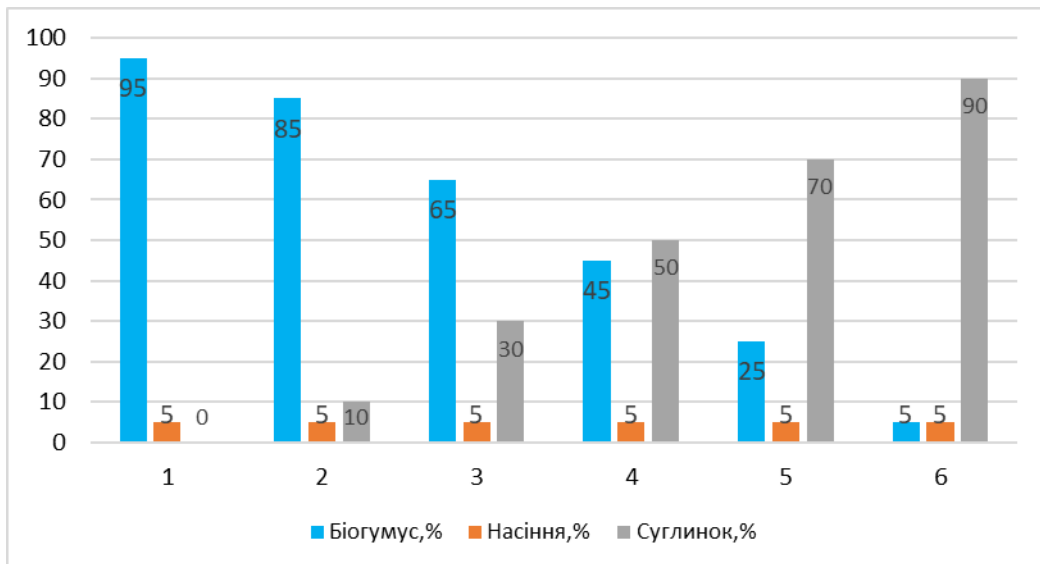


Рисунок 2.3 – Співвідношення компонентів в зразках, %

Процес закладання суміші поданий на рис. 2.4.

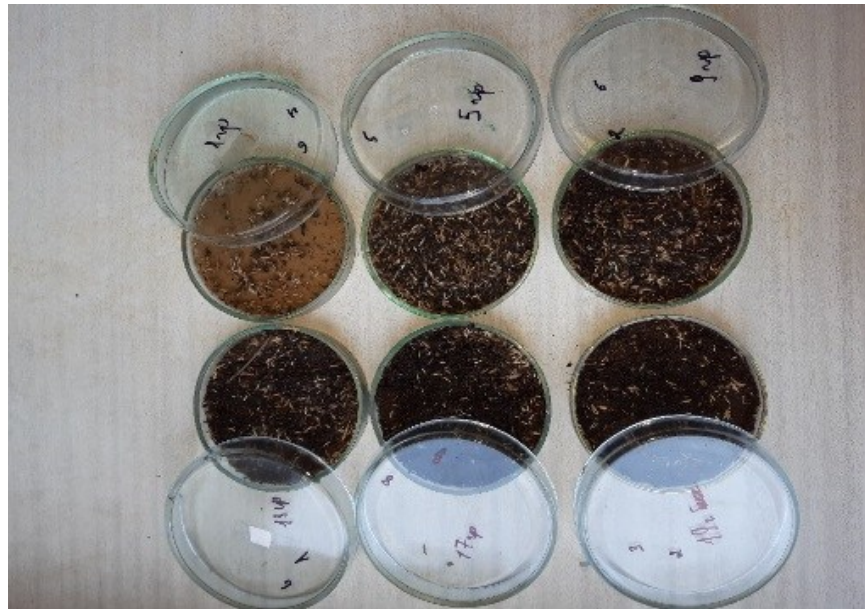


Рисунок 2.4 – Закладання сумішей у чашки Петрі

Висновок: В результаті досліду № 1 особливої динаміки проростання насіння не було виявлено.

Дослід № 2: Для більш детального дослідження, ми збільшили масу компонентів(подано у таблиці 2.3) і повторили вегетаційний дослід. Склад суміші: жовто-бурий суглинок, біогумус та насіння диких злаків.

Таблиця 2.3 – Трьохкомпонентні суміші

Зразки №	Суглинок, г	Біогумус, г	Насіння, г
1	100	10	2
2	80	20	2
3	60	40	2
4	40	60	2
5	20	80	2
6	10	100	2

Процес закладання суміші поданий на рис. 2.4. Через тиждень після початку досліді, насіння почало проростати, що можна побачити на рис. 2.5, а результати пророщування через 14 днів на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 – Закладання сумішей у ємності



Рисунок 2.6 – Через тиждень після початку дослідів



Рисунок 2.7 – Через 14 днів після початку дослідів

Висновок: В результаті дослідів у зразках 3 і 4 насіння проросло активніше, ніж в інших зразках, а це свідчить про те, що співвідношення компонентів (40:60 і 60:40) було найбільш вдалим.

Дослід № 3: На основі проведених дослідів ми обрали цікавий варіант для рекультивації земель, а саме виготовлення так званих брикетів, вигляд яких представлений на рис. 2.8 – 2.9, а склад сумішей поданий в табл. 2.4.



Рисунок 2.8 – Брикети



Рисунок 2.9 – Брикети

Таблиця 2.4 – Склад сумішей

Брикети №	Компоненти, г		
	Біогумус	Суглинок	Насіння
1	–	50	2
2	4	44	2
3	10	30	2
4	20	20	2
5	30	10	2
6	40	5	2

Відсоткове співвідношення компонентів в брикетах можна проглянути на рис. 2.10.

Дослід № 4: Перевірка отриманих результатів дослідів. Основна ідея досліді полягала у визначенні оптимального складу композитних біогумусових брикетів для фіторекультивації деградованих чи забруднених земель, зокрема гірничопромислових підприємств. В результаті досліді насіння у зразках 3 і 4 насіння проросло активніше, ніж в інших зразках і це можна побачити на рис. 2.11.

Склад суміші композитних брикетів поданий у табл. 2.5.

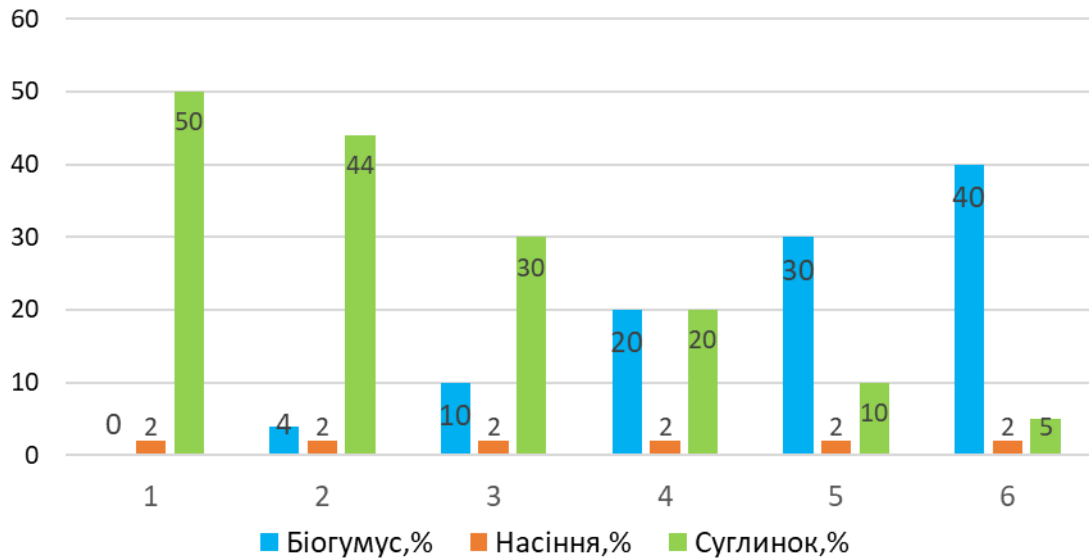


Рисунок 2.10 – Співвідношення компонентів у брикетах, %



Рисунок 2.11 – Через 10 днів після початку дослідів

Таблиця 2.5 – Склад композитних брикетів та результати ростового тесту

Номер зразка	Склад суміші композитного брикету, г			Результати ростового тесту		
	Біогумус	Суглинок	Насіння	Кількість проростків, шт	Маса коренів, г	Зелена маса, г
1	10	100	2	4	0,28	1,11
2	20	80	2	16	0,51	8,23
3	40	60	2	45	2,77	39,0
4	60	40	2	51	3,58	51,0
5	80	20	2	25	1,06	32,0
6	100	10	2	23	0,75	21,0

Графіки залежності зеленої маси до кількості проростків та маси коренів до кількості зеленої маси подані у рис. 2.12 та 2.13.

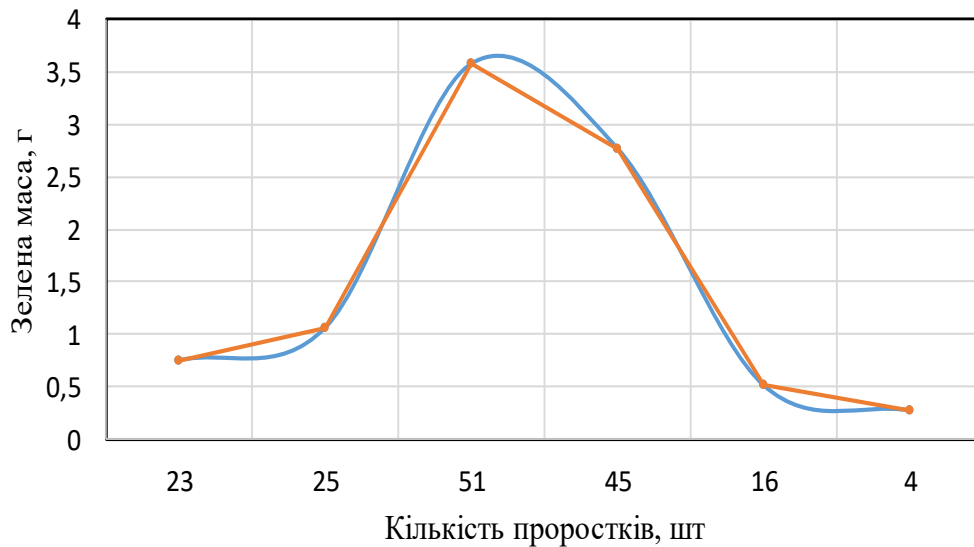


Рисунок 2.12 – Залежність зеленої маси до кількості проростків

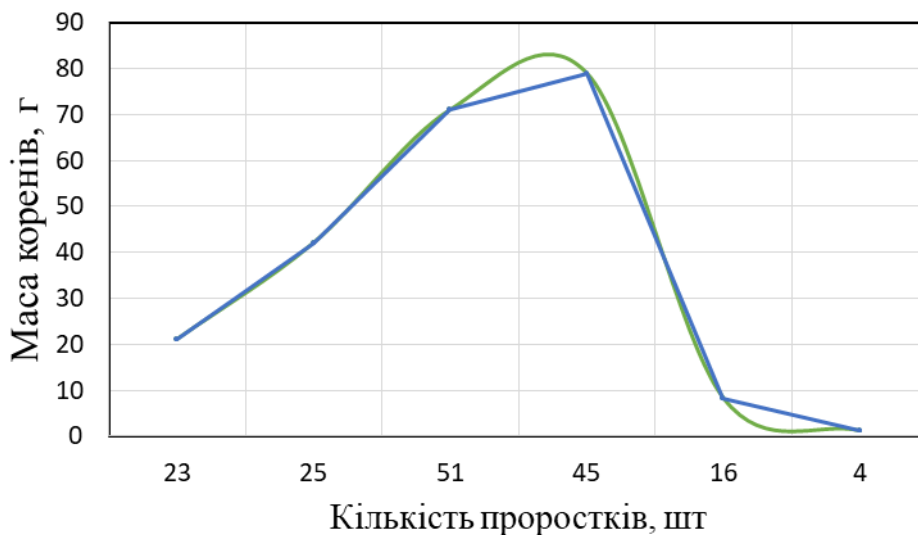


Рисунок 2.13 – Залежність маси коренів до кількості зеленої маси

Було виявлено, що насіння, культивоване в біогумусі, має кращу схожість і швидкість росту порівняно зі звичайними методами культивування і може бути корисним для регіональної фіторемедіації. Встановлено оптимальне масове співвідношення біогумусу та глини у складі композиційних брикетів для вирощування рослин 60:40 та 40:60, що дає можливість використовувати біогумусові композиційні матеріали для біологічної регенерації ґрунту і фіторемедіації земель.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ФІТОМЕЛІОРАНТІВ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ ВІДВАЛА І ПРИВІДВАЛЬНОЇ ЗОНИ. ТЕХНОЛОГІЯ ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЇ

3.1 Розрахунок кількості фітомеліорантів для озеленення відвала і привідвальної зони

Відповідно до затвердженої й апробованої методики, при озелененні відвалів вугільних шахт на їхніх укосах висаджуються деревинно-чагарникові рослини, а на горизонтальних елементах відбувається посів багаторічних трав. Навколо відвала влаштовується декоративно-захисна смуга з дерев і чагарників.

Норми посадок і посівів прийняті наступні:

- а) для укосів – від 4800 до 10000 шт. саджанців або сіянців на кожен гектар, оптимальна кількість – 5700 шт/га. Це відповідає щільності посадки $0,7 * 2,5$ м, тобто відстань між сіянцями в ряді – 0,7 м, відстань між рядами – 2,5 м.
- б) для плато і терас – посів насіння багаторічних трав у кількості 40 кг/га;
- в) для декоративно-захисної смуги (ДЗС), формованої з трьох рядів (чагарники – дерева – чагарники): з розрахунку 1 сіянець чагарнику на 0,35 м і один крупномірний саджанець дерева на 5 м. Відстань між рядами – 1 м. Перший ряд розташовується на відстані 1 м від основи відвала.

Приклад. Розрахувати кількість фітомеліорантів, необхідну для озеленення плоского породного відвала загальною площею 15 га, з яких 4 га складає плато і 11 га – укоси. Площа основи відвала – 10 га. Розрахувати також кількість фітомеліорантів для влаштування декоративно-захисної смуги.

Рішення.

- а) Кількість деревинно-чагарникових саджанців при стандартній щільності посадки – 5700 шт/га, виходить, для озеленення укосів буде потрібно саджанців:

5700 шт/га * 11га = 62700 шт.

б) Насіння для засіву плато при нормі 40 кг/га буде потрібно:

40 кг/га * 4 га = 160 кг.

в) Декоративно-захисна смуга (ДЗС) являє собою три концентричних близьких до окружності кривих з відстанню між ними по 1 м. Якщо перший ряд (чагарники) висаджується в 1 м від основи відвала, то можна розрахувати довжину утвореної цим рядом окружності; це і буде довжина першої смуги. Відома площа основи відвала ($S_{осн}$), звідкіля легко обчислити його середній радіус (r_1):

$$r_1 = \sqrt{\frac{S_{осн}}{\pi}} = \sqrt{\frac{10000}{3,14}} = 56,4, \text{ м} \quad (3.1)$$

Радіус кривої, утвореної першим рядом ДЗС, (r_1) буде на 1 м більше радіуса відвала і складе $56,4 + 1 = 57,4$ (м). Звідси окружність c_1 (чи довжина першого ряду ДЗС) складе:

$$c_1 = 2\pi r_2, \text{ м} \quad (3.2)$$

$c_1 = 2 * 3,14 * 57,4 = 360,4$ (м).

Аналогічно розраховуємо довжини другого і третього рядів ДЗС (c_2 і c_3):

$c_2 = 2 * 3,14 * 58,4 = 366,8$ (м).

$c_3 = 2 * 3,14 * 59,4 = 373,0$ (м).

Знаючи норму посадок фітомелиорантів на ДЗС (інтервал 0,35 м для 1-го і 3-го ряду, 5 м для середнього ряду) одержуємо:

для 1-го ряду: $360,5 \text{ м} : 0,35 \text{ м/шт} = 1030 \text{ шт}$;

для 2-го ряду: $366,8 \text{ м} : 5 \text{ м/шт} = 73 \text{ шт}$;

для 3-го ряду: $373,0 \text{ м} : 0,35 \text{ м/шт} = 1066 \text{ шт}$;

всього – 2169 шт.

Таким чином, для озеленення плато відвалу необхідно 160 кг насіння трав, для озеленення укосів – 62700 шт. саджанців і сіянців, для озеленення привідвальної зони – 2169 шт. саджанців і сіянців.

3.2 Технологія фіторекультивуації

Властивості гірських порід, що складуються на денній поверхні у вигляді відвалів і насипів, обумовлені фізико-хімічними характеристиками вихідних геологічних пластів. В них практично відсутня органічна речовина і ґрунтові організми, необхідні для створення стійкої екологічної системи.

Ключовим завданням успішної рекультивуації є створення стійких фітоценозів здатних не тільки існувати на техногенній території, а й виступати в якості сили, що прискорює природне відновлення порушених земель. Біологічний етап рекультивуації включає комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів спрямованих на створення стійкого рослинного покриву на поверхні техногенних масивів порід.

Брикети – це невеликі циліндричні пресовані вироби діаметром 45–50 мм, завдовжки 20–25 мм, зроблені з висушених залишків біогумуса, жовто-бурого суглинку та насіння дикорослих злаків. Вони можуть використовуватися для фіторекультивуації порушених земель внаслідок діяльності гірничих підприємств.

При виробництві брикетів слід звернути особливу увагу на вологу – дуже важливий параметр, що впливає на щільність брикету. У разі перевищення вологості суміші брикет розвалюється через надлишок вологи.

Для виготовлення брикетів треба використати преси, один з яких представлений на рис. 3.1, тобто лінію брикетування (рис. 3.2).

Принцип роботи лінії брикетування полягає в наступному: в подрібнювач завантажують біогумус та суглинок, які потрапляють в бункер брикетировщика і додають насіння диких злаків, потім мішалка подає цю суміш до шнекової камери. В камері матеріал стискається. Виготовлений таким чином брикет виводиться назовні.

Отримуємо дешевий, 100 % екологічний матеріал, який допоможе в фіторекультивуації порушених земель. В середньому продуктивність складає до 160 кг/год, споживання електроенергії до 70 кВт/год на тону брикетів.



Рисунок 3.1 – Прес для брикетування

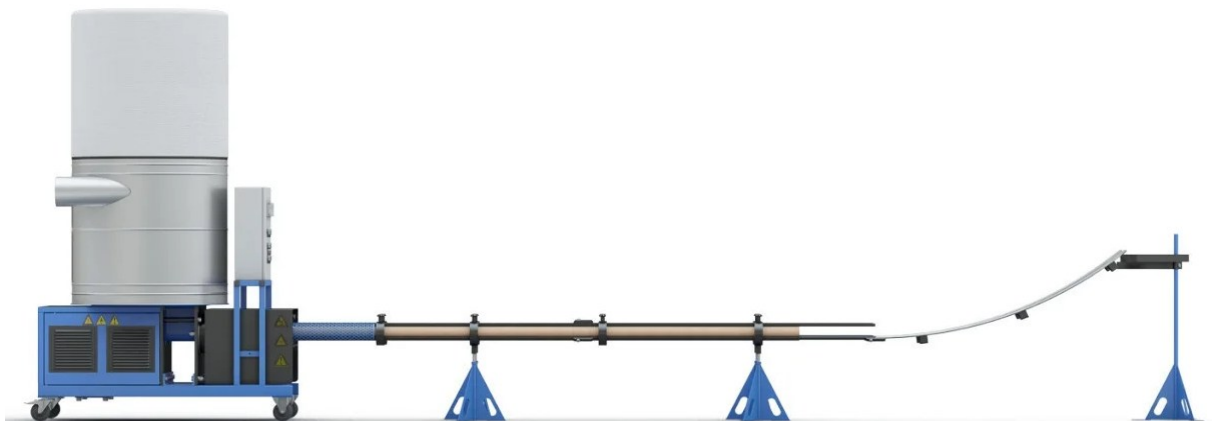


Рисунок 3.2 – Лінія брикетування

Після отримання вже готового брикету нам необхідно провести фіторекультивуацію порушених земель. Для цього треба розрахувати площу порушених земель і розрахувати кількість брикетів, яка нам буде потрібна (розрахунок кількості брикетів на 1 м² порушеної землі представлений у розділі 5). Після того, як ми розрахуємо кількість брикетів, ми зможемо розпочинати підготовку для закладання брикетів у ґрунт. Для цього використовуємо трактор для викопування траншей та потім розподілити

брикети по площі спеціальною технікою – розкидачем. Далі треба буде засипати траншеї ґрунтом та полити водою.

На рис. 3.3 представлена саме схема технології фіторекультивациі земель гірничо-промислових підприємств.

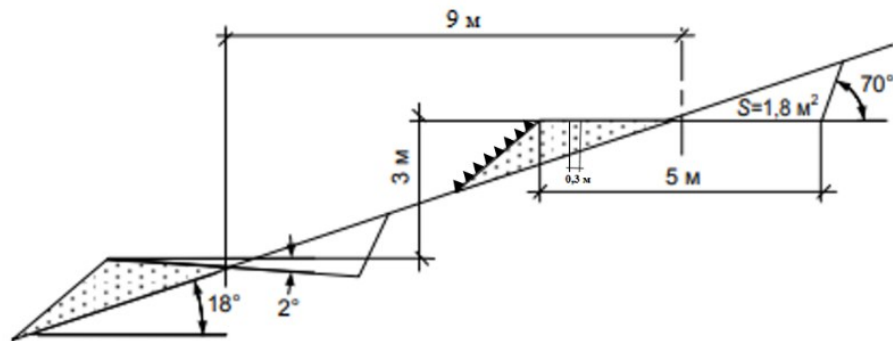


Рисунок 3.3 – Схема технології фіторекультивациі земель

Для виконання робіт: відкоси розрізних траншей вирівнюють зверху вниз за декілька проходів екскаватором драглайном вздовж фронту робіт. Відкоси залишкових розрізної та виїзної траншей терасують. Тераси нарізають через 2 м по висоті відкосу відвалу та через 3 м по відкосу траншеї. Ширина тераси 5 м, виходячи з габаритів бульдозера та проїзду лісогосподарської техніки для насадження брикетів (відстань між сусідніми рядами 0,3-0,4 м). Тераси нарізають з нахилом у 2° в сторону відкосу, що лежить вище, для попередження його розмивання, зверху вниз, від верхнього урізу бровки відкосу до нижнього укосу. Рослинність істотно впливає на властивості ґрунту, визначає гідрологічні характеристики та забезпечує механічну стабільність, що особливо важливо для закріплення схилів. Їх коріння не тільки служать середовищем для існування живих організмів, процесів кругообігу поживних речовин, але і є своєрідним біогеомеханічним скелетом для схилу. Щільний рослинний покрив забезпечує довготривалий і ефективний захист поверхні схилів від водної і вітрової ерозії на техногенних територіях. Але багаторічні трави можуть служити в якості піонерних спільнот, які готують умови для більш довговічної деревної рослинності [46].

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра виконано дослідження екологічних чинників на процес вермікультивування та розроблено інноваційний метод на основі продуктів вермікультивування для технології фітореMediaції порушених земель.

1. Проаналізовано сучасні екологічні проблеми деградації гірничопромислових ландшафтів і перспективи відновлення земель з використанням екотехнологій вермікультивування.

2. Досліджено умови росту черв'яків виду *Eisenia fetida* і процес утворення біогумусу, і ефективність його використання для композитних фітомеліоративних сумішей. Проведено вегетаційні досліди на комплексних багатокomпонентних сумішах для аналізу ефективності пророщування насіння дикорослих злаків, зокрема вівсюга пустого (*Avena fatua*), та стоколоса безостого (*Brōmus inērmis*).

3. Обґрунтовано технологічні рішення стосовно виготовлення і застосування біогумусових брикетів вермікультивування для рекультивації земель.

4. Проаналізовано заходи з охорони праці при роботі в біологічній лабораторії.

5. Розраховано економічну ефективність запропонованого технологічного рішення з фітореMediaції земель.

Встановлено, що для обґрунтування цілеспрямованої фітореMediaції гірничопромислових земель біогумусовими брикетами найбільш оптимальним для ростових показників рослин співвідношення біогумусу та суглинку у складі композитних брикетів становить 60:40 і 40:60 за масою, що дозволяє обґрунтовувати робочі суміші фітомеліорантів.

Досліджено вермікультивування, як процес переробки органістких відходів за допомогою черв'яків, пророщування дикорослих злаків, зокрема вівсюга пустого (*Avena fatua*), та стоколоса безостого (*Brōmus inērmis*) на

комплексних сумішах.

Практичне значення отриманих результатів полягає у визначенні способу фіторекультивуації, який допоможе поліпшити стан та продуктивність порушених земель; забезпечити механічну стабільність, що важливо для закріплення схилів, довготривалий і ефективний захист поверхні схилів від водної і вітрової ерозії. Обґрунтовано впровадження технологічної лінії з виготовлення брикетів із багатокомпонентної суміші для подальшого ефективного використання в проведенні фіторекультивуації порушених земель в результаті діяльності гірничих підприємств.

В цілому, вермікультура відноситься до перспективних видів агробізнесу із значним потенціалом розвитку. Основні види продукції вермікультивування формують цінну сировинну базу для виробництва органічночистої сільськогосподарської продукції. За результатами описаними у статтях встановлено, що для організації переробки 2000 т органічних відходів в новоствореному підприємстві на основі впровадження технології вермікультури необхідно 8,18 млн. грн. інвестицій, у тому числі 6,42 основного та 1,76 оборотного капіталу, які прогнозовано окупляться за 3,1 роки та забезпечать підприємство щорічним чистим прибутком від реалізації продукції вермікультури на суму понад 2 млн грн. Дохідність інвестицій досягне 161% за 5 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Іванов Є.А. Еколого-ландшафтознавчі основи рекультивації гірничопромислових територій // Проблеми ландшафтного різноманіття України: матер. міжнарод. наук. конф. – К., 2000. – С. 221–225.
2. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій / Є. Іванов. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 334 с.
3. Панас Р.М. Рекультивація земель : навч. посібн. / Р.М. Панас. – Львів: Новий світ – 2000, 2005. – 224 с.
4. Сивий М. Географія мінеральних ресурсів України / М. Сивий, І. Паранько, Є. Іванов. – Львів: Простір М, 2013. – 684 с.
5. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: навч. посібн. / за заг. ред. П.П. Надточія, Т.М. Мисливої. – Житомир, 2007. – 420 с.
6. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: навч. посібн. / за заг. ред. П.П. Надточія, Т.М. Мисливої. – Житомир, 2007. – 420 с. 5
7. Панас Р.М. Рекультивація земель : навч. посібн. / Р.М. Панас. – Львів: Новий світ– 2000, 2005. – 224 с.
8. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: навч. посібн. / за заг. ред. П.П. Надточія, Т.М. Мисливої. – Житомир, 2007. – 420 с.
9. Горлов В.Ф. Рекультивація земель на кар'єрах / В.Ф. Горлов. – К.: Надра, 2001. – 260 с.
10. Панас Р.М. Рекультивація земель : навч. посібн. / Р.М. Панас. – Львів: Новий світ– 2000, 2005. – 224 с.]. 7
11. Іванов Є. Конструктивно-географічне вивчення питань оптимізації природногосподарських систем гірничопромислових територій / Є. Іванов // Стан, проблеми і перспективи природничої географії: матер. кругл. столу. – Львів, 2011. – С. 44–48.

12. Гайдін А.М. Ревіталізація и постмайнінг / А.М. Гайдін, І.І. Зозуля // Форум гірників – 2006: матер. міжнарод. конф. – Дніпропетровськ, 2006. – С. 180–200.
13. Ворон Є.А. Рекреаційний напрямок рекультивації кар'єрів, розташованих у промислових зонах / О.О. Ворон// Геотехн. механіка. – 2012. – Вип. 103. - С. 74-82.
14. Єстеревська Л.В. Рекультивація земель / Л.В. Єстеревська. – К.: Урожай, 1977. – 128 с.
15. Панас Р.М. Агроекологічні основи рекультивації земель / Р.М. Панас. - Львів: Вид-во при Львів. ун-ті, 1989. - 160 с.
16. Зінченко В.М. Удосконалення технічної рекультивації земель з метою поліпшення екологічного стану місцевості / В.М. Зінченко // Екол. довкілля та безпека життєдіял. – 2008. – № 3. – С. 25–36.
17. Іванов Є.А. Актуальні проблеми оптимізації постмайнінгових геосистем / І.П. Ковальчук, Є.А. Іванов, Ю.М. Андрейчук // Землеустрій, кадастр та охорона земель в Україні: сучасний стан, європейські перспективи : матер. міжнар. конф. – К., 2016. – С. 202–206.
18. Зінченко В.М. Удосконалення технічної рекультивації земель з метою поліпшення екологічного стану місцевості / В.М. Зінченко // Екол. довкілля та безпека життєдіял. – 2008. – № 3. – С. 25–36.
19. Генік Я.В. Технологічна класифікація порушених екосистем з метою їх ревіталізації / Я.В. Генік // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.3. – С. 103–108.
20. 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>.
21. Prasad, M.N.V. and Freitas, H., Feasible Biotechnological and Bioremediation Strategies for Serpentine Soils and Mine Spoils, Electron. J. Biotechnol., 1999, vol. 2, pp. 35–50.

22. Демидов О.А. Удосконалення класифікації рекультивованих ґрунтів / О.А. Демидов // Наук. доповіді НУБіП України. – 2014. – № 1. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/jpdf/Nd_2014_1_8.pdf.

23. Марискевич О.Г. Порівняння методологічних підходів до класифікацій ґрунтів техногенних ландшафтів / О.Г. Марискевич, І.М. Шпаківська // Агрохім. і ґрунтознав. – 2009. – № 69. – С. 55–61.; Панас Р. Класифікація техногенних ґрунтів: сучасні методичні підходи / Р. Панас, М. Маланчук // Геодез., картограф. і аерофотознім. – 2009. – Вип. 72. – С. 122–127.

24. Геник Я.В. Критерії оцінювання ефективності фітомеліорації порушених екосистем / Я.В. Геник // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.17. – С. 90–94.

25. Притула Н.М. Біоіндикація : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 141 с.

26. Сорокіна Л. Антропогенізовані ландшафти як варіанти природних / Л. Сорокіна // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2004. – Вип. 31. – С. 208–214.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Сендецький В.М. Еколого-агрохімічне обґрунтування переробки органічних відходів агропромислового комплексу в біодобриво «Біогумус»

методом вермікультивування / В.М. Сендецький // Агроєкологічний журнал. – К., 2009.-С. 295-297.

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

32. 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.

33. Патент 55998 Україна, МПК⁷ 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.

34. 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.

35. Патент 55998 Україна, МПК⁷ 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. *(Розроблено технологію виробництва «Вермійодісу»).*

36. Біодобрива – це новий рівень сільськогосподарського виробництва. Електронний ресурс: <https://www.agravery.com/uk/posts/show/biodobriva-ce-novij-riven-silskogospodarskogo-virobnictva>

37. Рекультивація сільськогосподарських угідь за рахунок біотехнології вермікультивування. Електронний ресурс: <https://tryvko.com/rekult/>.

38. Knabe, W., Koller, M.P. (1962). The reclamation of lands stripped for brown-coal.Ohio Agricultural Experiment Station (Forestry Department Series),

49: 93–99.

39. Моторіна Л.В., Овчинніков В.А. Рекомендації щодо рекультивації земель, порушених відкритими гірничими роботами. – К., 2005. - 240 с.

40. Ступаков В.П. Рекультивація земель після промислового користування - Київ, Наукові горизонти, 2010. - 76 с.

41. Голованов А.І., Зімін Ф.М., Сметанін В.І. Рекультивація порушених земель / Під ред. А.І. Голованова. - К.: Колос, 2009. - 325 с.

42. Конституція України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР // zakon.rada.gov.ua.

43. Земельний кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III станом на 03.04.2016 //zakon.rada.gov.ua.

44. Лісові меліорації / О.І. Пилипенко, В.Ю. Юхновський, С.М. Дударець, В.М. Малюга; За ред. В.Ю. Юхновського. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 283 с.

45. 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>

46. Кучерявий В.П. Рекультивація 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.

47. 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.

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

49. 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.

50. 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.

51. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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