

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології  
Кафедра екологічної безпеки та економіки природокористування

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Кукелко Сергій Дмитрович**

УДК 911.9:630.181  
(індекс)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Біодиверсифікація технологій рекультивації земель після добування  
ільменітових руд**

183 Технології захисту навколишнього середовища

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Науково-професійна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело \_\_\_\_\_ С.Д. Кукелко

Науковий керівник  
Борисюк Борис Васильович

к. с-г. н., доцент  
(

Житомир – 2020

## АНОТАЦІЯ

Кукелко С.Д.. Біодиверсифікація технологій рекультивації земель після добування ільменітових руд. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища. – Поліський національний університет, Житомир. 2020.

Досліджено накопичення важких металів у рекультивованому ґрунтів посівах трав'янистих культур. За показниками міді, цинку, свинцю та кадмію техноземний ґрунт є чистим.

Доведено, що за існуючої технології рекультивації земель існує загроза активного поглинання культивованою рослинністю хімічних елементів цинку та міді, а також елементів, що віднесені до групи важких металів свинець і кадмій. Така ж ситуація в накопиченні хімічних елементів характерна і для ендемічних рослин.

Ключові слова: рекультивація, техноземи, структура, посів, травосумішка, гумус, врожай, біологічні особливості, важкі метали, технологія.

## SUMMARY

Kukelko S.D. Biodiversification of land reclamation technologies after extraction of ilmenite ores. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 183 - Environmental Technologies. - Polissya National University, Zhytomyr. 2020

The accumulation of heavy metals in reclaimed grassland crops has been studied. According to the indicators of copper, zinc, lead and cadmium, the terrestrial soil is clean.

It is proved that with the existing land reclamation technology there is a threat of active absorption by cultivated vegetation of chemical elements of zinc and copper, as well as elements that belong to the group of heavy metals lead and cadmium. The same situation in the accumulated chemical elements is characteristic of endemic plants.

**Key words:** reclamation, technosoils, structure, sowing, grass mixture, humus, harvest, biological features, heavy metals, technology.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	2
ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. БІОДИВЕРСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ	
ЗЕМЕЛЬ ПІСЛЯ ДОБУВАННЯ ІЛЬМЕНІТОВИХ РУД .....	
	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТА	
ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Програма досліджень .....	12
2.2. Характеристика об'єкта дослідження .....	12
2.3. Технологічний процес отримання ільменітового концентрату. Методика	
досліджень .....	14
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ	
3.1. Вміст важких металів в техноземах рекультивованих земель .....	20
3.2. Продуктивність трав'янистих агроценозів та якість продукції на	
рекультивованих землях .....	21
РОЗДІЛ IV. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОЩУВАННЯ ТРАВ НА	
РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ	
4.1. Накопичення важких металів трав'янистими рослинами культивованих	
агроценозів .....	25
4.2. Накопичення важких металів ендемічними рослинами у вторинних	
сукцесіях рекультивованих земель .....	29
ВИСНОВКИ .....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИ ЛІТЕРАТУРИ .....	34
ДОДАТКИ .....	37

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Впровадження та реалізація принципів сталого розвитку в Україні передбачає екологічно збалансоване використання її природних ресурсів. Земельні ресурси є основою розвитку та економічним базисом сільського господарства. Відкритий видобуток корисних копалин, в тому числі і ільменітових руд, здійснюється при порушенні не тільки окремих територій, ґрунту, а також впливає та змінює екологія прилеглих ландшафтних комплексів. Технології рекультиваційних робіт мали за мету відновити порушену рівновагу, забезпечити ефективну реабілітацію ґрунтів до їх природних властивостей. На практиці за сільськогосподарського напрямку рекультивації ґрунтотворні процеси не завжди протікають, так як у природних екологічних системах чи діючих агроценозах. Існує великий ризик порушення екологічної рівноваги у ґрунтовбирному комплексі, що призводить до забруднення продукції отриманої з рекультивованих земель.

Проект сільськогосподарської рекультивації території після добування ільменітових руд передбачає використання «хвостів збагачення» в якості рекультиваційного матеріалу. Зважаючи на високу агресивність цього матеріалу існує ризик забруднення трави та сіна на пасовищах рекультивованих земель.

**Мета та завдання досліджень:** Оцінити рівень екологічної безпеки техноземів та продукції агроценозів трав на рекультивованих землях в зоні Полісся після добування ільменітових руд.

Для дослідження проблеми були поставлені наступні завдання:

- дослідити вміст важких металів в техноземах рекультивованих земель;
- Оцінити рівень біологічної продуктивності агроценозів за різного складу травосумішок культивованих на створеному пасовищі;
- встановити вплив видового складу травосумішок на кормову цінність;
- дослідити рівень нагромадження важких металів культивованими та ендемічними трав'яними рослинами техноземів.

**Об’єкт досліджень:** Агроекологічні та екотоксикологічні процеси міграції важких металів в агроценозах на рекультивованих землях в зоні Полісся після добування ільменітових руд.

**Предмет досліджень:** продуктивність та нагромадження важких металів в трав’янистих рослинах за проектної технології рекультивації порушених земель.

**Методи досліджень:** польові дослід та лабораторні дослідження відібраних зразків ґрунту і рослин, математично-статистичні методи обробки результатів аналізів, порівняльний, а також метод екстраполяцій.

**Наукова новизна та практична цінність результатів досліджень:**

- досліджено екологічну безпечність використання «хвостів збагачення» в якості рекультиваційного матеріалу при проведенні гірничотехнічного етапу рекультивації земель;
- досліджено вміст ряду важких металів в техноземах за діючої технології рекультивації;
- оцінено ймовірність забруднення трав’янистої рослинності важкими металами на рекультивованих землях;
- оцінено продуктивність трав’янистих агроecosystem на порушених землях.

**Апробація результатів досліджень:** Результати польових досліджень рекультивованих земель та технологічних аспектів видобування корисних копалин були апробовані в 2020 році на ряді науково-практичних форумах, семінарах, конференціях, зокрема:

- на 21 Міжнародному науково-практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» ЛНАУ (Додаток);
- Магістерські читання – 2020 ПНУ (Додаток).
- Міжвузівському науково-практичному онлайн-семінарі «Мої знання сьогодні – мій капітал завтра» ПВНЗ «Буковинський університет» (Додаток).

**Основні положення, що виносяться на захист:**

- Вплив технології рекультивації земель після добування ільменітових руд на вміст важких металів у орному шарі техноземів;
- Продуктивність та якість кормів в агроценозах на рекультивованих землях;
- Динаміка показників нагромадження трав'янистими рослинами важких металів за видами трав та складом травосумішок пасовища;
- Нагромадження важких металів природними рослинами ендеміками у вторинних сукцесія на рекультивованих територіях;

***Структура кваліфікаційної роботи:*** Кваліфікаційна робота загальним обсягом 36 сторінок машинописного тексту містить 26 джерел літератури, 8 таблиць, 15 рисунків та 3 додатки.

## РОЗДІЛ 1. БІОДИВЕРСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПІСЛЯ ДОБУВАННЯ ІЛЬМЕНІТОВИХ РУД

Гострота проблеми відновлення порушених територій для сучасної України з кожним роком зростає. Це загострення відбувається в силу зниження економічного та наукового потенціалу країни, посилення технократичної парадигми в природокористування тощо.

Найбільш непоправної шкоди природному середовищу України завдає хижацьке добування корисних копалин, в тому числі і титанових руд, та екологічно недолуге проведення рекультиваційних робіт за проектами які в основі своїй містять економію коштів на всіх етапах проведення рекультиваційних робіт.

Проблема не вирішується із-за низької культури користування надрами, ігноруванням підчас видобутку копалин факторами негативного впливу на прилеглі природно-територіальні комплекси гірничо-видобувної діяльності [17]. Некоректні проекти рекультивації порушених гірничо-виробничою діяльністю земель багато років не дають очікуваних результатів відтворення цих земель, або взагалі перетворюють ці землі на пустощі з рудеральною рослинністю з високим рівнем екологічної небезпеки.

Впровадження в Україні концепції сталого розвитку безумовно передбачає необхідність розробки та реалізації проектів біодиверсифікації в різних галузях, в тому числі землекористуванні, в технологіях захисту навколишнього середовища, збалансованого використання земельних ресурсів, відтворенні земель та біорізноманіття. Основу цих проектів має складати система природних феноменів означених в працях видатних вчених 18 століття Ж.Б. Ламарк, Ж. Сент-Ільєра [18].

В XXI столітті проблема реабілітації порушених земель після добування корисних копалин, розглядається через призму ефективності технологій рекультивації у відтворенні земель, біорізноманіття, залучення цих земель до активного використання в якості цінного природного ресурсу [19].



«Технології біогеодиверсифікації мають бути (за Скрипником О.О.) – системними, тобто спрямовуватись на всі елементи екосистеми, як біотичні, так і абіотичні..» [18].

Термін «диверсифікація» складається з двох рівноважних складових і перекладається з латини як: «diversus» - різний, «facere» - робити [5].

За даними Іванова Є.А., Біланюка В.І. у «Європейських країнах стабільно скорочуються обсяги експлуатації власних природних ресурсів, а відповідно і площ порушених земель. Так, частка гірничодобувної промисловості у ВВП Франції, Німеччині, Австрії не перевищує 5 %» [19].

Основною особливістю техноземів порушених земель є строкатість породного складу, як наслідок перемішування винесених на поверхню порід різноманітних горизонтів, різноманітного генезису, а відповідно формування не властивих для типових ґрунтів зони характеристик [17].

Так, при розробці родовищ титанових руд з різних глиб на поверхню виносяться корінні породи, ґрунтоутворні породи, ця обставина визначає фізико-хімічні властивості техноземів, екологію протікання ґрунтоутворних процесів [22].

В переважній більшості корінні породи Коростенського плутону та ґрунти які розвиваються на їх основі мають підвищену здатність до акумуляції хімічних елементів і низьку здатність до самоочищення [22]. Оцінка екологічної безпеки ґрунтів проводиться шляхом порівняння вмісту рухомих форм хімічних елементів з кларками, природним фоном чи гранично допустимою концентрацією елементу для даного типу ґрунту [21].

В деградованих ґрунтах, до яких слід віднести техноземи рекультивованих земель, трансформуються основні властивості та компоненти гумусу, погіршується спроможність зв'язувати активні токсичні форми важких металів в неактивні [21, 24].

Вчені вважають, що це якісно інше природне тіло яке відрізняється від ґрунтів природного складення цілою низкою фізико-хімічних характеристик пов'язаних з пост техногенними факторами ґрунтоутворення [15].

Характерними забруднювачами рекультивованих земель з відвалів гірських порід є солі Pb, Zn, Cu, Cd, Mo [6]. Найбільш токсичними властивостями володіє в цій групі важких металів Cd [20].

Солі цього хімічного елементу відносять до 1-го класу небезпеки, характеризуються своєю високою токсичністю та активністю в системі «грунт - рослина» [7].

«В практиці рекультивації порушених гірничотехнічними роботами виділяють три етапи: підготовчий, гірничотехнічний та біологічний» [8, 9].

Якщо, якість виконання робіт перших двох залежить від професійних навиків фахівців з проведення рекультиваційних робіт, то третій біологічний від цілого роду факторів, в тому числі і технологій біогеодиверсифікації. В основу яких мають бути покладені науково обґрунтовані методи впливу на природні ґрунтоутворні процеси, використання видового різноманіття у формуванні екологічно безпечних та ефективних фітомеліоративних ценозів [18].

Одним з найпоширеніших економічно вигідних методів відтворення природної родючості та властивостей порушених земель є так звані девастровані землі. Землі на яких відтворення проходить за рахунок вторинних сукцесій та культур ендемічної флори. Протікання процесів на девастрованих землях протікає повільніше проте вони підпорядковано законам природи і часом лише посилюються. Формування природних рослинних угруповань на девастрованих землях також визначається геохімічними умовами покривних порід [23].

«Природна фітомеліорація – самовідновлення проходить фактично завжди, за будь-яких умов, як показує практика, пустим природний життєвий простір не залишається» Мокрий В.І. [17].

Технології біологічного етапу рекультивації мають ґрунтуватись на експертних висновках тривалих регіональних дослідженнях безпосередньо на територіях відпрацьованих відвалів та кар'єрів корисних копалин [10].

На практиці проекти рекультивації земель [11] в переважній більшості ігнорують екологічні і природоохоронні особливості проблеми, і ця обставина за часто знижує рівень екологічної безпеки реабілітованих територій.

За часто до проблем ефективності рекультиваційних проектів відносять проблему ущільнення розкривних порід та ґрунтотворних матеріалів [12]. Перед усім ця проблема виникає із-за не дотримання технологічних операцій черговості селективного повернення розкривних порід, що спричиняє розміщення в якості нової материнської породи корінних порід з незадовільними водно-фізичними характеристиками.

Проблема екологічної безпеки земель та продукції вирощеної в агроценозах на рекультивованих землях загострюється відсутністю чітких прогнозів у тривалості відтворення втрачених характеристик ґрунтів. Цілий ряд вчених дають різноманітні за тривалістю та чіткими критеріями проходження етапів відновлення. Ці терміни залежать, як від культури поводження з угіддями і відтворення природного потенціалу може розтягнутись на 60-80 років [13].

В Україні час відновлення природних властивостей порушених земель класифікують на короткостроковий – не більше 5 років, середньостроковий в межах 5 – 10 років та довгостроковий тривалістю більше 10 років [14].

Важливою умовою для строків ефективного протікання реабілітаційних процесів на рекультивованих землях є відповідність літологічної основи новостворених геосистем спрямованих сукцесійних процесів за рахунок фітомеліоративних, агротехнічних та інших заходів [16].

Наукова проблема біодиверсифікації технологій рекультивованих земель після добування ільменітових руд має цілий ряд напрямків вирішення кожного і всіх потребує тривалих наукових досліджень елементи яких є актуальними питаннями цієї роботи.

## **РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Програма досліджень**

Програмою досліджень були передбачені наступні завдання:

- дослідити вплив структури травосумішок на агрохімічні показники рекультивованого ґрунту;
- оцінити особливості у формуванні агрономічно цінної структури ґрунту за різних складу травосумішок та способів сівби;
- встановити мікробіологічну активність ґрунту в трав'яних агроценозах.

### **2.2. Характеристика об'єкта дослідження**

Одним з підприємств яке займається видобутком титанових руд на території Полісся є Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат АТ «ОГХК». Підприємство використовує технологію відкритого способу добування ільменітових руд. Це, порівняно з іншими, є менш затратний спосіб.

Про те, за технології відкритого способу добування ільменітових руд відбувається порушення ґрунтів, рослинних формацій, а також має місце розсіювання геохімічних елементів селективно вибраних та заскладованих відвалів. За кар'єрної технології виїмки корисних копали найбільше проявляється геотоксикологічний вплив гірничодобувної галузі на довкілля та людину[25]. Складування розкритих та вміщуючих порід у відвалах призводять до корінних змін природно-територіальних комплексів прилеглих територій [26].

На комбінаті діють шість кар'єрів, збагачувальна фабрика та допоміжні цеха. Основний вид діяльності ПЗК гірничоексплуатаційні роботи та збагачення ільменітовміщуючих пісків до ільменітового. До функціональних обов'язків комбінату належать проведення рекультивації земель після вилучення ільменітових руд.

Ільменітові руд. що добуваються з різних генетичних пластів і типів розсипів (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

### Склад ільменітових пісків

Генетичний тип Розсипу	Хімічний склад, %				
	TiO <sub>2</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1. Алювіальний	50,84÷54,67	22,43÷33,02	11,18÷19,16	0,02÷0,22	0,005÷0,033
2. Алювіально- Делювіальний	52,22÷63,16	2,69÷23,86	15,87÷34,83	0,039÷0,38	0,005÷0,092
3. Делювіальний	47,27÷53,2	26,26÷38,17	8,18÷17,69	0,017÷0,098	0,007÷0,022

Хімічний склад ільменітових пісків різних типів розсипів різниться між собою, що впливає на подальшу технологію виготовлення ільменітового концентрату, а також на склад та властивості «хвості збагачення» які утилізують при рекультивації кар'єрів.

Потужність ільменітових пісків в розвіданих та експлуатаційних родовищах сягає від 1-2 м. до 15-20 м. Для цих родовищ характерна відсутність суцільної рудної зони, відмінність руд за вмістом титану в ільменіті (50 – 70%), наявність різної кількості супутніх цінних мінералів (сидеритів, марказитів, циркону та ін.), обмеженість запасів тощо.

Слід зауважити, що за існуючої на сьогодні на комбінаті технології переробки ільменітових пісків значна їх частина залишається у відвалах або хвостах.

Готовим продуктом комбінату, що постачається на довідкові фабрики, є «чорновий» ільменітовий концентрат з вмістом близько 70% ільменіту.

На довідкових фабриках вміст ільменіту доводять до 94,5% (рис. 2.1)

Зливи, хвости та відвали пустих порід є досить агресивними та потребують відповідних технологій екологічно безпечного очищення, повернення, утилізації чи повторного використання.

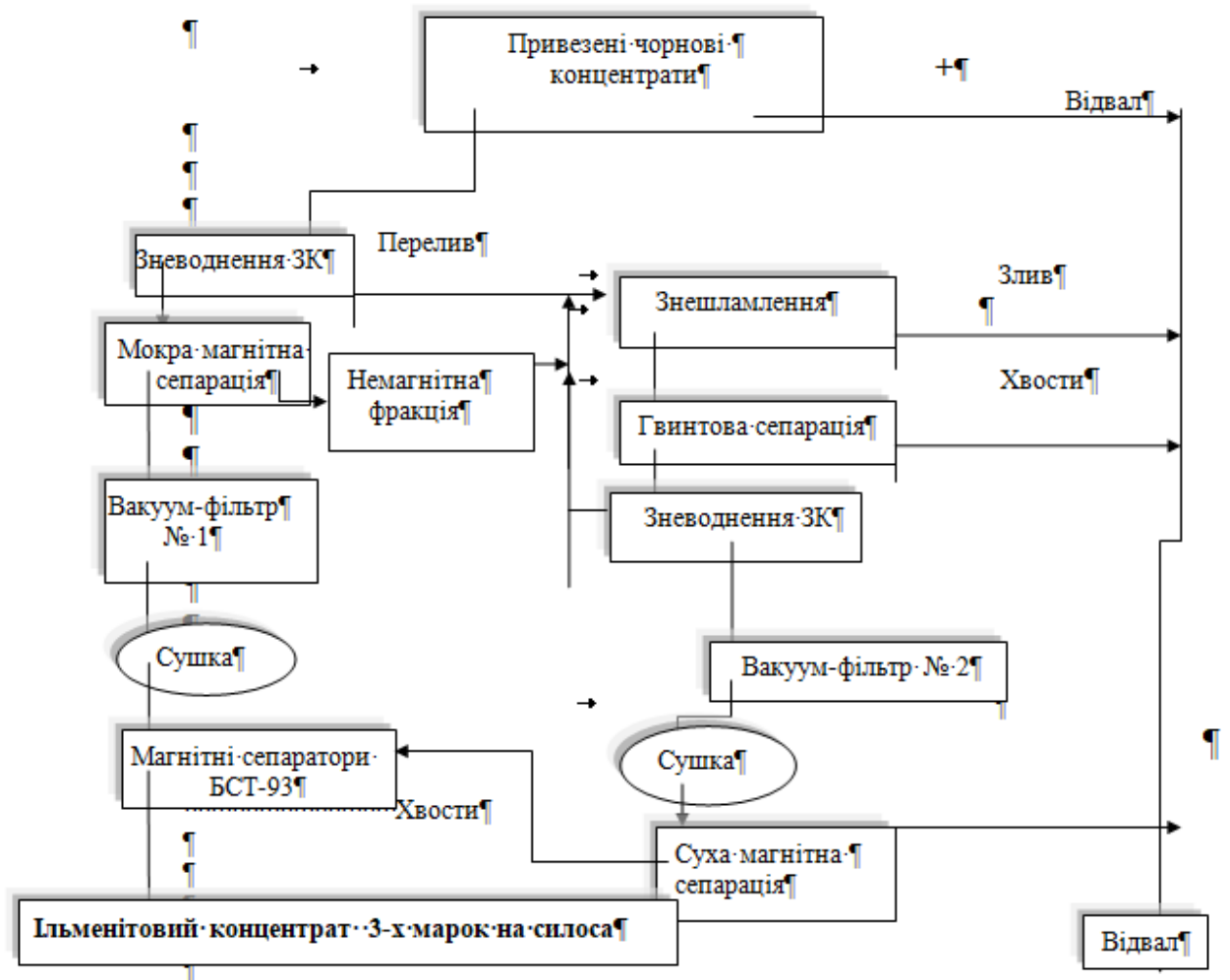


Рис. 2.1. Технологічна схема фабрики збагачення

Так, на комбінаті одним з способів екологічно безпечної технології є використання хвості в якості рекультиваційного матеріалу так званих «хвостів збагачення». При цьому, оскільки у «хвостах збагачення» є високий вміст фосфору, їх вносять за сільськогосподарського напрямку рекультивації під покров гумусового горизонту.

### 2.3. Технологічний процес отримання ільменітового концентрату.

#### Методика досліджень

Добування ільменітових пісків відбувається відкритим способом із застосуванням крокуючих екскаваторів ЕК 5/45 та ЕК -10/60. Система екскаваторно-гідравлічного способу добування та подачі ільменітових пісків на комбінаті (ІГЗК) включає - землесосні забійні установки, гідронасоси на перекачувальних станціях.

«Вихідні піски в кар'єрі розмиваються гідромонітором ГМД-250 через сітку з розміром осередків 90x90 мм, потрапляючи в зумпф ґрунтового насоса ГРТ-1600/50 і гідротранспортом по пульповодах  $d = 426$  мм подаються в приймальний зумпф фабрики».

«Для приготування пульпи, а також для подачі ільменітових пісків з кар'єрів до збагачувальної фабрики необхідно використати 1400-1500 м<sup>3</sup> води годину. Для розмиві та подачі ільменітових пісків їх складають у відвали перед гідронасосами. В двох гідромоніторах регулюють тиск води перед насадками на рівні 6,5-8 атмосфер. Такий тиск забезпечує відповідну швидкість подачі води - на рівні 30-40 м/с.. Кожний з гідромоніторів виконує своє завдання: один розмиває відвал та подає суміш ільменітового піску, інший подає воду для очищення решітки зумпфа великих домішок пустої породи та каміння.

Підготовлена пульпа води та ільменітового піску по трубопроводу діаметром 426 мм. забійним земленасосом подається на фабрику збагачення.

Якщо відстань до фабрики від кар'єру досить велика та за інших не бажаних обставин додатково, при зниженні тиску в трубопроводі встановлюють перекачувальні станції. Кількість та потужність насосів визначається розрахунком. Гідравлічний розрахунок обов'язково включає параметри необхідної швидкості подачі пульпи, враховує діаметр трубопроводу тощо. Відстань між станціями коливається від 1000-1200 м. в залежності від рельєфу по якому прокладені трубопроводи.

На комбінаті процес збагачення проходить такі етапи:

1) *підготовка пісків до збагачення* – розмив (дезінтеграція) піску, видалення великих (4 мм.) та дрібних (0,5 мм.) часток пустої породи. До складу пустої породи за звичай відносять частинки різних розмірів кварцу, слюди, кремнезему, польового шпату, цеоліти тощо. Для приготування пульпи з ільменітових пісків з допомогою води проводять операції дезінтеграції, знешламнення розмелювання. В основному такі операції проводять на скреперах, гідроциклонах, на решітках зумпфа.

Кінцевим напівфабрикатом ільменіту стає зерниста маса піску та дрібних домішок, яка містить 8-15% ільменітових руд [2];

2) *гравітаційне збагачення* – процес видалення пустої породи за гвинтової сепарації.

Залежно від хімічного і мінералогічного складу ільменітовий концентрат має три марки (табл. 2.2).

Відходами виробництва на кар'єрі є породи м'яких розкривних порід осадочного походження, які, в основному, укладаються у відпрацьований простір, як передбачено технологією розробки родовища [3]. Відходи збагачувальної фабрики – це проміжні продукти, так звані "хвости", що представлені рудними пісками і каолінами з мізерною концентрацією ільменіту дрібних фракцій (табл. 2.3).

Таблиця 2.2

#### Хімічний та якісний склад ільменітового концентрату

№	Марка концентрату	Якісні показники (масова частка), %							
		ільменіт	IO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub>	Волога
11	М 1	≥96,0	53,0-55,0	≤0,14	≤0,10	FeO/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≥1,3		≤2,0	≤1,5
22	М 2	≥97,5	54,5-56,5	≤0,12	≤0,10	FeO/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≥1,2		≤1,2	≤1,5
33	М 3	≥96,0	55-57,5	≤0,16	≤0,10	FeO/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≥0,8		≤2,0	—

Таблиця 2.3

#### Склад «хвостів збагачення» за агрохімічними показниками

Місце відбору	рН сол вит.	Гк	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Nk	Cd	Pb	Hg	Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г
			мг/кг						
Хвости збагачення 20-100см	3,9	2,99	141	4	11,2	0.038	0.49	м.0	0,3

Судячи з даних агрохімічного аналізу так званих «хвостів збагачення», повернення відходів є оправданим прийомом в технології рекультивації, як з точки зору екологічної безпеки поводження з відходами, так із агрономічної



ефективності, оскільки цей рекультиваційний матеріал містить досить значну кількість макроелементів живлення рослин, особливо фосфору.

Разом з тим, аналіз засвідчує і високу концентрацію Cd, високого ступанню гідроморфності рекультивованих земель та неглибокого розміщення «хвостів збагачення» під гумусовим шаром (20 – 22 см. товща покриття), може стати причиною забруднення продукції за сільськогосподарського напрямку рекультивації порушених земель.

Використання в технологіях рекультивації земель після добування ільменітових руд в якості рекультиваційного матеріалу «хвостів збагачення» потребує подальших моніторингових досліджень з метою оцінки міграції та біологічного накопичення важких металів в культивованих рослинах» [4].

Рекультивована ділянка Лемненського родовища розміщена між штучно створеним руслом-каналом річки Лемня та девастованими ділянками із заходу, в 2 кілометрах від села Лісівщина Коростенського району (рис. 2.2).

На ділянці, що розглядається після закінчення гірничодобувних робіт виконана технічна рекультивація поверхня ділянки покрита рослинним ґрунтом. В наслідок проведення технічної рекультивації в центральній частині ділянки утворилася водойма (рис. 2.3).



*Рис 2.2 Девастовані площі біля рекультивованої ділянки*



*Рис 2.3* Водойма на глибокій виїмці с. Лісовщина



*Рис. 2.4* Хвости збагачення як підстилаючий матеріал на рекультивованих землях



Непокриті шаром ґрунту кремнеземи та інші мінеральні породи «хвостів збагачення» на відкритому повітрі піддаються окисленню (рис. 2.4).

Ділянки рекультивованих земель відкритих «хвостів збагачення» характеризуються бідним флористичним складом сукцесійних фітоценозів та посиленням розвитку лінійної водної ерозії (рис. 2.5).



**Рис 2.5. Розвиток лінійної водної ерозії на рекультивованих ділянках**

Судячи з приведених матеріалів та їх обговорення для видобування ільменітових руд Іршанським гірничозбагачувальним комбінатом залучаються значні площі лісових та сільськогосподарських угідь. Відновлення цих територій за рахунок проведення рекультивація площ відпрацьованих кар'єрів має цілий ряд проблем технічного, біологічного та екологічного характеру. Означення та наукове осмислення є одним із завдань наукового пошуку даної кваліфікаційної роботи.

## РОЗДІЛ III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ

### 3.1. Вміст важких металів в техноземах рекультивованих земель

В агроценозах ґрунт є динамічною системою життєзабезпечення культивованої рослинності. Ця відкрита система вбирає і віддає постійно енергію у вигляді органічних сполук, як за рахунок біогенних речовин та мінеральних сполук якими багата материнська порода [1]. При проведенні гірничотехнічного етапу рекультивації земель після добування ільменітових руд в якості рекультиваційного матеріалу в підорний шар були привнесені «хвости збагачення», які дещо змінили мінеральний склад підстилаючої породи (табл. 3.1).

Аналіз техноземів на рекультивованих площах засвідчує суттєве збіднення порівняно до перелогу, орного гумусового шару на групу біофільних мікроелементів міді і цинку, а також і вмісту хімічних елементів, яких традиційно вважають важкими металами – Pb та Cd.

*Таблиця 3.1*

#### Результати лабораторних досліджень ґрунту на вміст важких металів

Варіант досліджу	Вміст рухомих сполук хімічних елементів мг/кг, ґрунт			
	Мідь,	Цинк,	Свинець,	Кадмій,
Варіант 1	0.148	1.10	0.75	0.052
Варіант 2	0.139	0.36	0.72	0.050
Варіант 3	0.149	0.40	0.78	0.054
Варіант 4	0.163	0.34	0.76	0.053
Контроль	0.152	0.42	0.77	0.052
Переліг	0.182	3.18	1.10	0.058
<b>ГДК</b>	<b>55</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>3</b>

Проведений аналіз техноземів показує, що на всіх варіантах досліду та в гумусовому шарі перелогів відсутнє перевищення вмісту важких металів щодо встановлених нормативів.

### **3.2. Продуктивність трав'янистих агроценозів та якість продукції на рекультивованих землях**

Проведені нами дослідження протягом 2014-2019 років на базі Іршанського гірничо-збагачувального комбінату на рекультивованій земельній ділянці Лемненського родовища ільменітових руд (рис 3.1, 3.2), що знаходиться на території Лісовщинської сільської ради Коростенського району Житомирської області, засвідчують відмінності у рівнях врожаю сіна на варіантах досліду (табл. 3.2).



**Рис. 3.1 Облік урожайності трав на рекультивованих землях**

Так, варіант чотирьох компонентної травосумішки *Костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона* має перевага над трьох компонентною травосумішкою *Очеретянка звичайна, грястиця збірна, конюшина червона*, та вдвічі вищий порівняно з контролем (рис. 3.2).

Цей варіант травосумішки має суттєву перевагу і в якості сіна. Як, свідчать данні таблиці 3.3 вміст жиру та сирого протеїну на варіанті 2 значно вищий інших варіантів.

Таблиця 3.2

**Урожай сіна травосумішок на рекультивованих землях**

Варіант досліджу	Склад травосумішки	Урожай сіна, т/га
В1	Очеретянка звичайна, грястиця збірна, конюшина червона, (посів рядковий)	3,86
В2	Костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона, (посів рядковий)	5,37
В3	Очеретянка звичайна, грястиця збірна, конюшина червона, (посів урозкид)	3.28
В4	Костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона (посів урозкид)	4.08
Контроль	Конюшина червона, райграс пасовищний, грястиця збірна, вівсяниця ( за проектом рекультивації)	2.60

Перед усім перевага врожайності варіантів чотирьох компонентної травосумішки відбулась за рахунок значно більшого насичення сумішки рослинами конюшини червоної порівняно до варіантів трьох компонентної (рис. 3.2)





**Рис. 3.2 Стан травостою на рекультивованій дослідній ділянці (В 3)**

Так, високий показник вмісту сирого протеїну, жиру в сні на варіанті 2 за складу *костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона* та більш високий показник загального азоту є дзеркальним відображенням насиченість сіна бобовими рослинами.

**Таблиця 3.3**

**Кормова якість сіна різнотрав'я на рекультивованих землях**

№ п/п	Варіант дослідду	Показники кормової якості сіна					
		Гігро. волога	Зола	Жир	N	Сирий протеїн	Клітковина
1	В1	7.68	11.62	1.79	1.38	8.64	27.10
2	В2	8.26	10.84	6.10	1.81	11.37	23.5
3	В3	8.06	11.03	1.84	1.33	8.32	25.8
4	В4	7.35	7.42	1.28	0.90	5.06	26.2
5	Контроль	7.71	6.38	1.74	1.50	9.37	26.9

Судячи з приведеного обговорення результатів дослідження ґрунту та врожайності рослин культивованих травосумішок властивості техноземного ґрунту за критеріями вмісту важких металів мало чим відрізняються від ґрунтів звичайного стану агроландшафтів. Більш того ми констатуємо факт дефіциту

ряду хімічних сполук в рекультивованому ґранті, що і визначає на нашу думку його оліготрофність, як за макроелементами, так і мікроелементами.



## РОЗДІЛ IV. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОЩУВАННЯ ТРАВ НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

### 4.1 Накопичення важких металів трав'янистими рослинами культивованих агроценозів

Зважаючи на обставину оліготрофності ґрунту рекультивованої ділянки виникають інші різні характеристики у поглинанні хімічних елементів групи важких металів виходячи з біологічних та екологічних груп культивованих видів рослин.

Оцінка сіна, зібраного на рекультивованих ділянках, на вміст важких металів засвідчила суттєві відмінності у ступенях поглинання солей Cu, Zn, Pb та Cd важких металів рослинами травосумішок (табл. 4.1).

*Таблиця 4.1*

#### Накопичення важких металів у травосумішках на рекультивованих землях

№ п/п	Варіант дослідду	Вміст важких металів в травах, мг/кг			
		Cu	Zn	Pb	Cd
1	B1	6,90	27,30	3,30	0,21
2	B2	11,00	24,60	5,90	0,36
3	B3	8,00	41,70	3,20	0,26
4	B4	5,70	21,50	5,90	0,24
5	Контроль	7,00	36,80	6,30	0,22

#### ГДК мг/кг рослинах *Trifolium pratense* L.:

Cu - 5,0; Zn - 10,0; Pb - 0,4 ; Cd - 0,03(лікарська сировина);

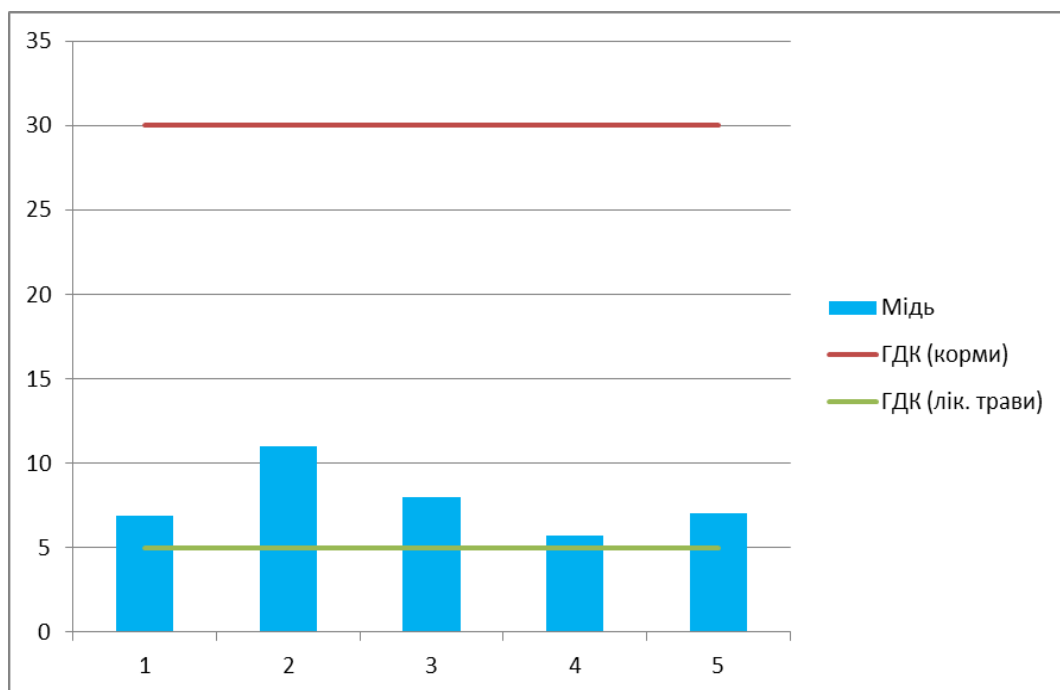
**ГДК (мг/кг) в кормах (в сухих ):** Cu – 30; Zn – 50; Pb – 5,0; Cd – 0,3.

Рівень забруднення та чистоти сіна різнотрав'я агроценозів на рекультивованих землях ми проводили за двома критеріями. Порівняння вмісту досліджуваних хімічних елементів з показниками ГДК мг/кг в кормах (в сухих) та для рослин які відносяться до лікарських трав. Том, що рослини

**Trifolium pratense L** - які її складовою всіх варіантів травосумішок досліджу відносять, як до кормових трав, так і до лікарських рослин.

Судячи з даних таблиці 4.1 та графічного зображення вміст важких металів в сні (рис. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) маємо різні тенденції і щодо біологічного поглинання хімічних елементів, так до визначення чистоти отриманої продукції.

Так, при порівнянні показників вмісту міді в сні різнотрав'я до ГДК кормів, корми вважаються екологічно безпечними. У порівнянні до показника ГДК лікарської сировини чи сировини для дитячого чи дієтичного харчування забруднене. Найбільш забруднене на другому варіанті за високого насичення рослинами конюшини червоної (рис. 4.1).



**Рис 4.1. Накопичення Cu в сні різнотрав'я, мг/кг**

Така ж тенденція спостерігається нами і у біологічному поглинанні рослинами цинку (рис.4.2).

Відомо, що Cu і Zn активно поглинаються трав'янистими рослинами які відносять до групи евтрофних трав, і коливання їх концентрації не може суттєво впливати на екологічну чистоту кормів.

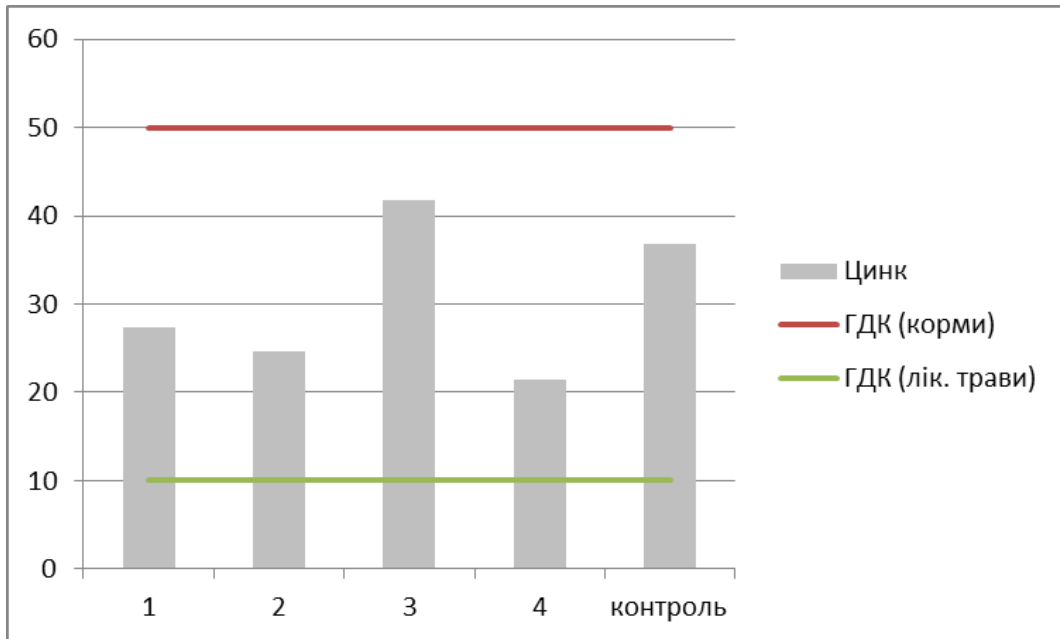


Рис. 4.2. Накопичення Zn в сіні різнотрав'я, мг/кг

Проте, аналіз сіна на два інших хімічних елемента **Pb**, **Cd** спростовує наші висновки, щодо екологічної безпеки сіна трав вирощених на рекультивованих землях(табл. 4.2, рис 4.3, 4.4).

Так, сіно на варіантах чотирьох компонентних травосумішок (варіанти 2, 4 і контроль) за показником вмісту свинцю є забрудненим.

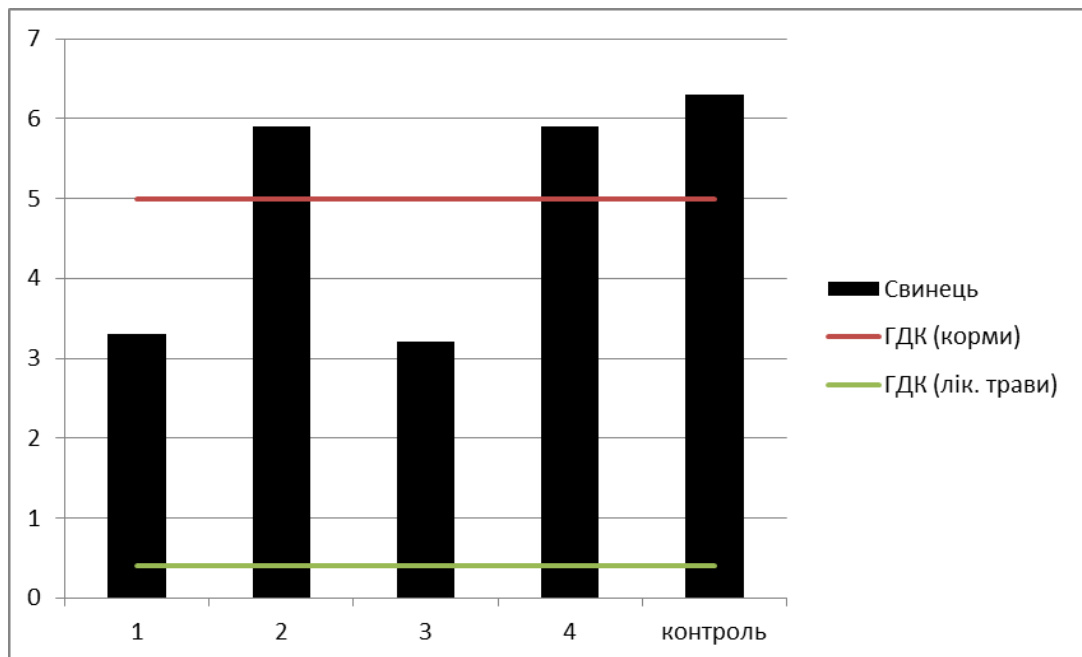
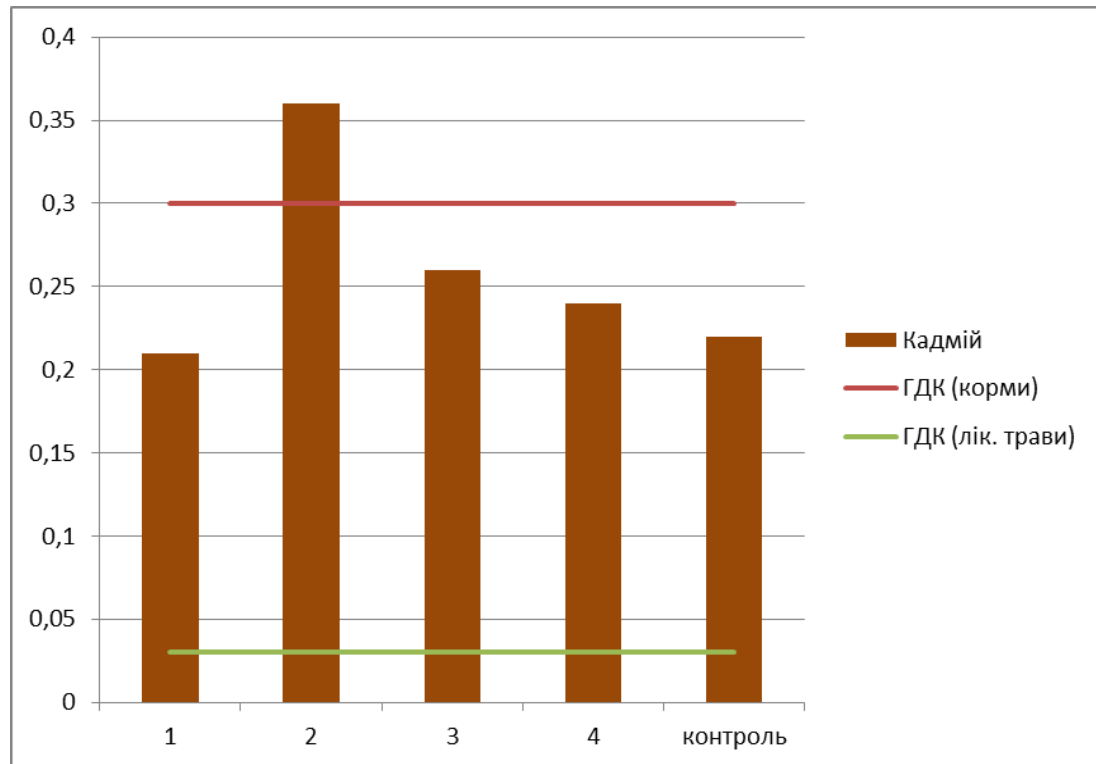


Рис. 4.3. Накопичення Pb в сіні різнотрав'я, мг/кг

Показник вмісту **Pb** на цих варіантах перевищує, як рівень безпеки для лікарських трав, так і для кормів. Забрудненим виявилось сіно на варіанті 2 і за показником вмісту **Cd** (табл. 4.2, рис. 4.4).



**Рис. 4.4. Накопичення Cd в сіні різнотрав'я, мг/кг**

Так вміст Cd в сіні травосумішки *костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона* (рядовий посів) значно вищий - 0,36 мг/кг. при нормі 0,3 для кормів. Нагромадження солей Cd рослинами травосумішок інших варіантів були нижчими показника ГДК для кормів, проте значно вищим ГДК цього елемента для рослин категорії лікарські трави.

За результатами дослідження сформувався висновок, що при культивуванні рослин на рекультивованих землях особлива увага має бути приділена підбору трав з оліготрофних характеристиками. В цілому проведені дослідження та аналіз отриманих результатів доводить необхідність всебічного вивчення порушених земельних ділянок. Будь які

технологічні рішення щодо рекультивації земель мають містити науково-обґрунтовані варіанти з точки зору екологічної безпеки.

#### **4.2 Накопичення важких металів ендемічними рослинами у вторинних сукцесіях рекультивованих земель**

В багатьох випадках після проведення гірничотехнічного етапу рекультивації та впровадження необґрунтованих екологічно науково недолугих проектів, на рекультивованих та девастрованих територіях проходять вторинні сукцесії. Ці процеси відтворення ґрунтів проходять за рахунок покриття території рекультивації гумусованим шаром, раніше за складованого ґрунту природного походження та заселення цих земель рослинами, що відносяться до групи ендемів природної зони України. Серед трав'янистого різноманіття цих сукцесій не рідко є рослини, що відносяться до групи кормових трав, а також лікарських рослин. Найбільшого поширення на рекультивованих після добування ільменітових руди Лемненського родовища є фітоценози буркуна білого «*Melilotus albus Medik*» та звіробою звичайного «*Hypericum perforatum L.*».

*Таблиця 4.5*

#### **Накопичення хімічних елементів ендемічними лікарськими рослинами**

Назва рослини	Вміст рухомих сполук хімічних елементів, мг/кг.			
	Мідь, Cu	Цинк, Zn	Свинець, Pb	Кадмій, Cd
Буркун білий (корінь)	11,81	23,44	2,22	0,26
Буркун білий (стебла, листя)	9,34	22,10	7,97	0,63
Звіробій (стебла, листя)	9,84	50,66	5,74	0,27

#### **ГДК (мг/кг) в рослинах:**

- (лікарська сировина): Cu - 5,0; Zn - 10,0; Pb - 0,4 ; Cd - 0,03
- в кормах (в сухих ): Cu – 30; Zn – 50; Pb – 5,0; Cd – 0,3.

Рослини буркуна білого «*Melilotus albus Medik*» та звіробою звичайного «*Hypericum perforatum L.*» є лікарськими травами, а буркун білий також є цінною кормовою бобовою культурою і широко культивується в кормових агроценозах.

Проведений аналіз вмісту досліджуваних хімічних елементів, що відносять до класу важких металів в рослинах вторинних сукцесій засвідчує значно вищі показники вмісту **Cu, Zn, Pb та Cd** до норм ГДК для лікарських рослин, а по концентрації **Pb та Cd** і для ГДК кормів (табл. 4.3, рис. 4.5, 4.6, 4.7, 4.8)

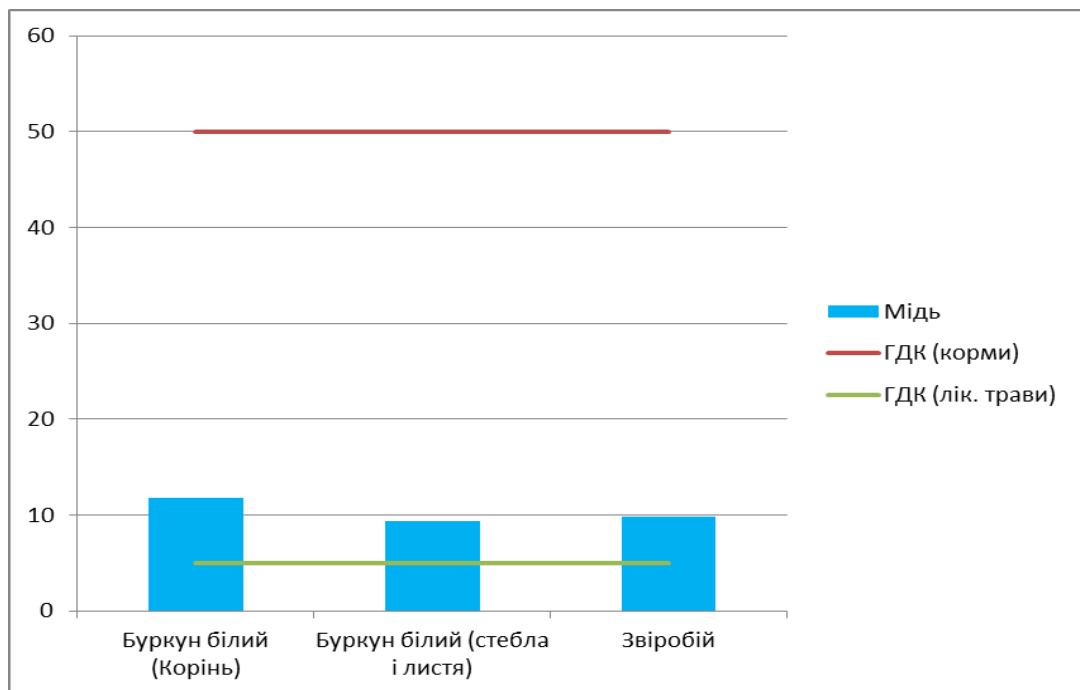
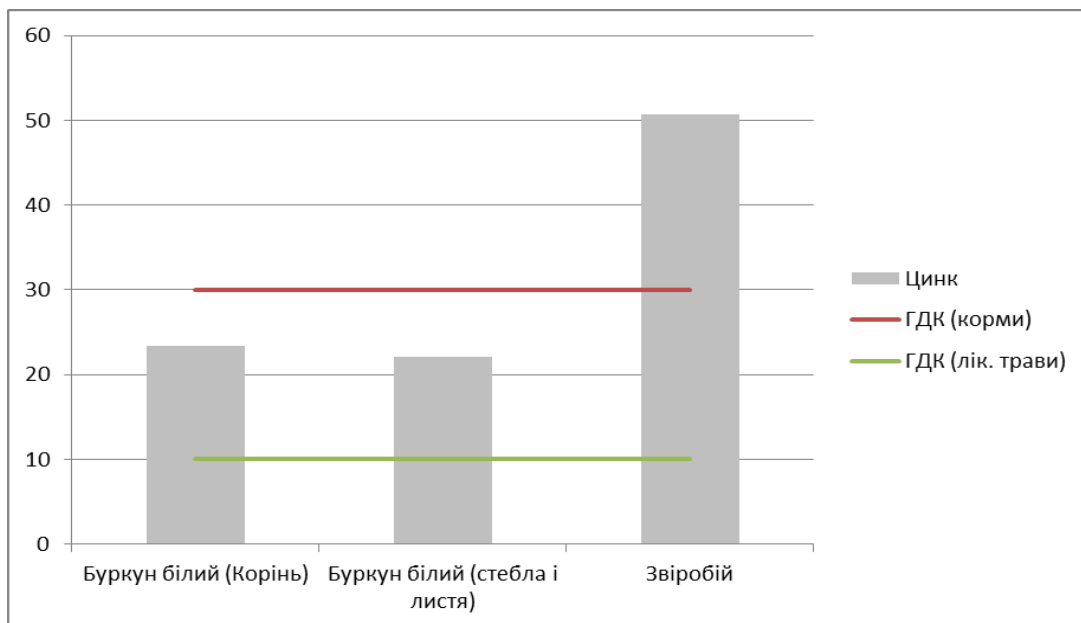
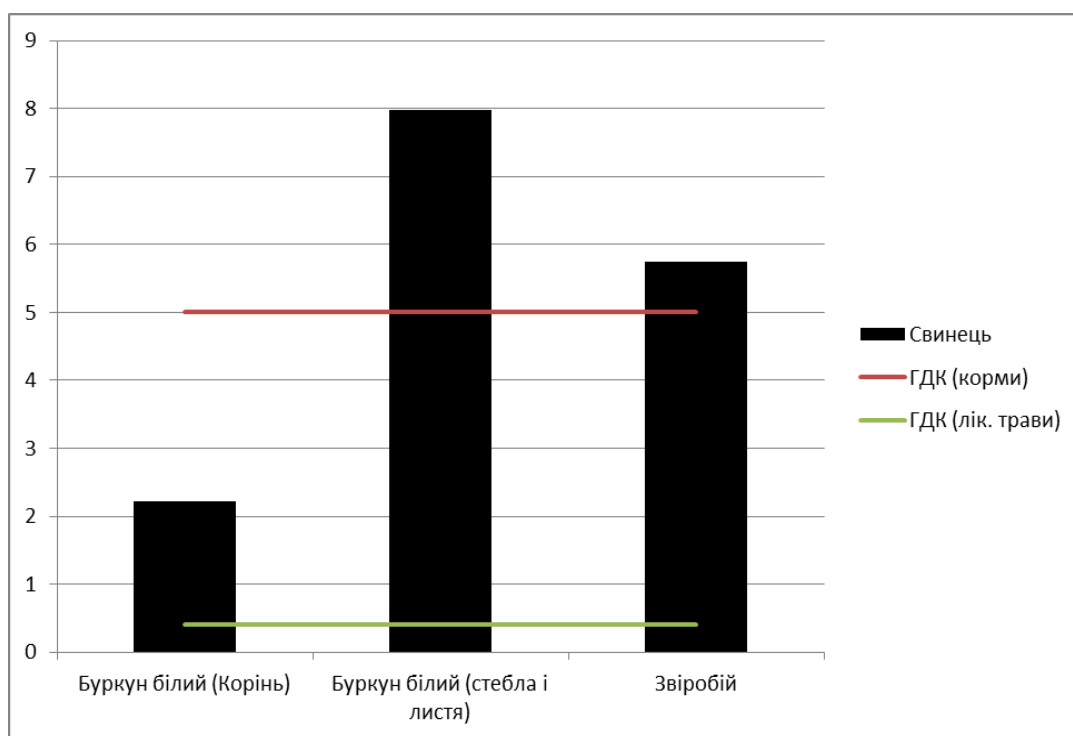


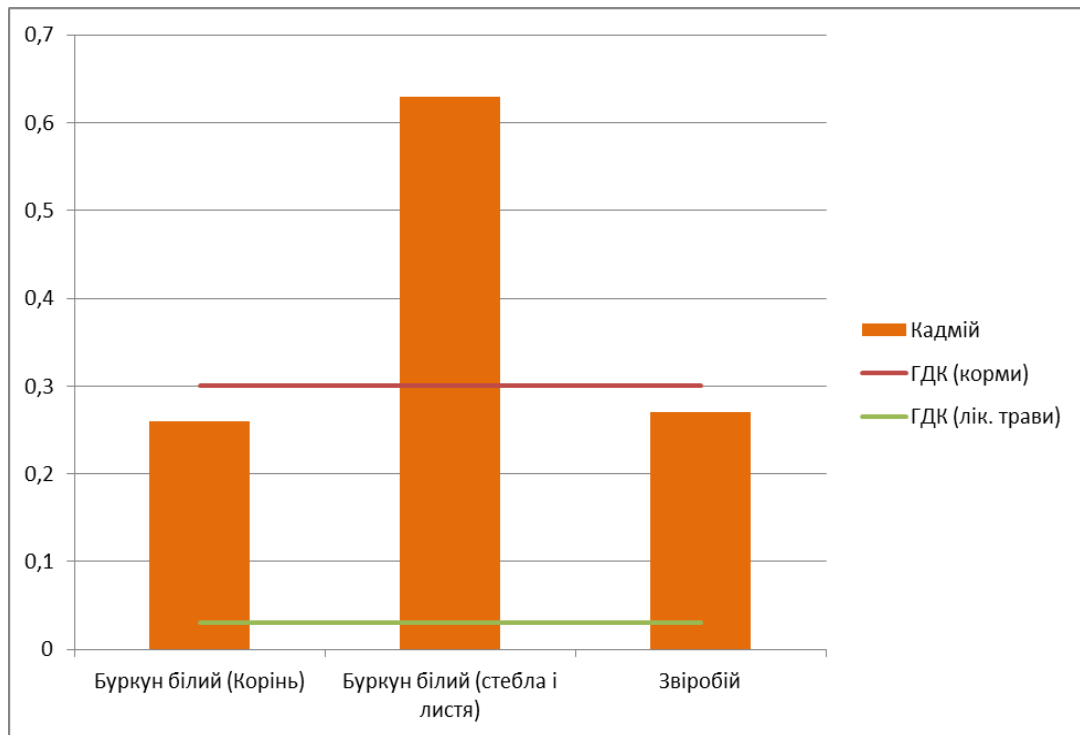
Рис 4.5. Накопичення Cu в сухій масі ендемічних рослин, мг/кг



**Рис 4.6. Накопичення Zn в сухій масі ендемічних рослин, мг/кг**



**Рис 4.7. Накопичення Pb в сухій масі ендемічних рослин, мг/кг**



**Рис 4.8. Накопичення Cd в сухій масі ендемічних рослин, мг/кг**

В цілому проведені дослідження вказують на високі ризики екологічної небезпеки культивування агроценозів на рекультивованих землях за існуючої технології гірничотехнічного етапу рекультивації та проектів біологічного етапу.



## ВИСНОВКИ

В цілому проведені дослідження та аналіз отриманих результатів доводить необхідність всебічного вивчення порушених земельних ділянок. Будь які технологічні рішення щодо рекультивації земель мають містити науково-обґрунтовані варіанти з точки зору екологічної безпеки.

1. Аналіз техноземів на рекультивованих площах засвідчує суттєве збіднення порівняно до перелугу, гумусового шару на групу біофільних мікроелементів міді і цинку, а також і вмісту хімічних елементів, яких традиційно вважають важкими металами – Pb та Cd
2. Варіант чотирьох компонентної травосумішки *Костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона* має перевага над трьох компонентною травосумішкою *Очеретянка звичайна, грястиця збірна, конюшина червона* та вдвічі вищий порівняно з контролем (проектний варіант).
3. Високий показник вмісту сирого протеїну, жиру в сіні на варіанті *костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона* та більш високий показник загального азоту є дзеркальним відображенням насиченість сіна бобовими рослинами.
4. Порівняні показників вмісту міді та цинку в сіні різнотрав'я до ГДК кормів, корми вважаються екологічно безпечними.
5. Сіно на варіантах чотирьох компонентних травосумішок (варіанти 2, 4 і контроль) за показником вмісту свинцю є забрудненим.
6. Вміст Cd в сіні травосумішки *костриця очеретяна, стоколос безостий, грястиця збірна, конюшина червона* (рядовий посів) значно вищий - 0,36 мг/кг. при нормі 0,3 для кормів.
7. В рослинах вторинних сукцесій показники вмісту **Cu, Zn, Pb та Cd** значно вищі від норм ГДК для лікарських рослин, а по концентрації **Pb та Cd** і ГДК кормів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кірілеско О.Л. Основи ведення сільського господарства і охорона земель. Чернівці: Ратуша, 2014. 418 с.
2. Томаков П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах. Москва. МГГУ. 1994. 213с..
3. Давидович Н.В. Вплив гірничих підприємств на навколишнє середовище. К. 2002. 214 с.
4. Кукелко С.Д. Технологічний процес отримання ільменітового концентрат. *Магістерські читання 2020*. ПНУ. Житомир. 2020. С 51-52.
5. Ромашко О.М. Нові підходи до трактування диверсифікації діяльності підприємств. *Актуальні проблеми економіки*. № 11(161). 2014. С. 34-41.
6. Верех-Білоусова К.Й. Дослідження екологічного стану ґрунтів внаслідок складування породних відвалів вугільних шахт (на прикладі відвалу шахти «Луганська»). *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку*. Донецьк, 2010. С. 97-98.
7. Семенов Д.О. Рухомі форми кадмію у ґрунтах Лісостепу і Степу України. *Вісник ХНАУ*, 2008. С. 126-129.
8. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій. Львів: ВЦ ЛНУ ім.. І Франка, 2007. 334 с.
9. Панас Р. Рекультивация земель : навч посіб. Львів: Новий світ-2000, 2005. 224 с.
10. Іванов Є. Коструктивно-географічне вивчення питання оптимізації природно-господарських систем гірничопромислових територій. *Стан, проблеми і перспективи природничої географії*. Львів. 2011. С. 44-48.
11. Панас Р. Агроекологические основы рекультивации земель. Львов: Изд-во при Львовском ун-те, 1989. 160 с.
12. Решетов Н.Г. Водно-физические свойства нарушенных почвогрунтов при их рекультивации. *Вестник Воронежский ГУ*. 2006. № 1. С. 64-66.

13. Vergleichende Bewertung der Leistungsfähigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen in den Grenzen des Tagebaus Welzow (Teilabschnitte I und II) vor dem Bergbau und nach der Rekultivierung / U. bearb. Dr. rer. nat. M. Haubold – Rosar und Dipl. – Biol. K. Kempe //Vattenfall Europe Mining AG, Finsterwalde, 30 November 2010. 9 S.

14. Геник Я.В. Технологічна класифікація порушених екосистем з метою їх ревіталізації. *Науковий вісник НЛТУ*. Вип. 23.3. 2013. С. 103-108.

15. Демидов О.А. Удосконалення класифікації рекультивованих ґрунтів. *Наукова доповідь НУБіП*. № 1. 2014. С.28-34.

16. Сорокіна Л.А. Антропогенізовані ландшафти як варіант природних. *Вісник Львівського ун-ту*. Вип. 31. 2004. С. 208-214.

17. Технології фітомеліорації хвостовика Стебницького гірничопромислового району / Мокрий В.І. та ін.. *Наук.-практ конф. «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування»*. 2019. С. 189-191.

18. Скрипник О.О. Розробка наукових основ технологій біогеодиверсифікації порушених гірничими роботами земель для розбудови екологічної мережі. *Екологія і природокористування*, 2008. Вип. 11. С. 55-69.

19. Іванов Є.А., Біланюк В.І. Проблеми рекультивації ревіталізації земель, порушених гірничими роботами. *Між. наук. практ конф. «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування»*, 2017. С. 262-270.

20. Пархуць О.М., Снітинський В.В. Територіально-сезонний розподіл кадмію у ґрунті територій, що прилягає до терикона шахти «Червоноградська». *Наук вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. Том 14. № 3 (53). 2012. С. 366-369.

21. Гунчак В.М. Екологічні аспекти забруднення ґрунтів і продукції рослинництва важкими металами та заходи щодо його зменшення. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 86-92.

22. Язвинська М.В. Рухомі форми металів у ґрунтах Житомирського Полісся (Коростенський район). *Пошукова та екологічна геохімія*. 2004. №4. С. 44-47.
23. Фітомеліоративна роль рослинного покриву у відтворенні девастрованих земель в межах сірчаних розробок західного Лісостепу: монографія / Копій М.Л. та ін.. Рівне: НУВГП, 2019. 230 с.
24. Перепелиця О.П. Екохімія та ендоекологія: довід. К.: Екохім, 2004. 735 с.
25. Загородний Ю.В. Моделі та методи екологічного моделювання. Навч. посіб. Житомир. ЖІТІ, 2000. 108 с.
26. Давидович Н.В. Вплив гірничих підприємств на навколишнє середовище. К. 2002. 214 с.

# ДОДАТКИ