

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

ТИРЗИУ ВІКТОРІЯ ГРИГОРІВНА

**«АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРІВ КАР'ЄРІВ»**

184 Гірництво
(ОПП «Відкриті гірничі роботи»)

Випускна робота
на здобуття рівня вищої освіти «магістр»

Керівник Анатолій ПИЖИК / _____ /

Завідувач кафедри Сергій ЖУКОВ / _____ /

Кривий Ріг

2024

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	5
I.РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЙОГО РОЛЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ	7
II.ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРІВ КАР'ЄРІВ.....	16
III. ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРІВ КАР'ЄРІВ	36
ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ.....	47
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОЖЛИВИХ НАПРЯМКІВ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	50

РЕФЕРАТ

Тирziu В.Г. Аналіз теоретичних досліджень та технології рекультивації вироблених просторів кар'єрів. Випускна роб. на здоб. другого (магістерського) рівня вищої освіти - Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2024. – 54 с.

Рекультивація порушених відкритими розробками земель є значною частиною проблеми раціонального природокристування та охорони довкілля. В усьому світі спостерігається постійне зростання площ, порушених відкритими гірничими роботами. Саме тому проблема рекультивації є актуальною та була обрана в якості магістерського дослідження.

Випускна кваліфікаційна робота складається з вступу, 3 розділів, висновків та рекомендацій щодо подальших досліджень, переліку літератури, яка була опрацьована під час дослідження. Загальний обсяг роботи становить 54 сторінки комп'ютерного тексту, серед них 1 таблиця, 35 рисунків, список літератури – 41 найменування.

Мета роботи - пошук та аналіз наукових і практичних рішень розробки й впровадження раціональних технологій рекультивації кар'єрів, що забезпечать збереження природних ресурсів (в першу чергу земельних) при відкритому видобутку корисних копалин.

Виходячи з мети дослідження сформульовано основні **завдання** дослідження:

1. Розглянути напрямки та різні методи рекультивації та вторинного використання вироблених кар'єрів, їх особливості та перспективи.
2. Проаналізувати та оцінити стан наукових досліджень і тенденцій сучасної рекультивації кар'єрів.
3. Ознайомитись з практикою рекультивації земель на відкритих розробках.

Об'єктом дослідження є відпрацьовані кар'єри.

Предметом дослідження є технологія рекультивації відпрацьованих кар'єрів.

Методи магістерського дослідження – аналіз, узагальнення та систематизація результатів науково-дослідних робіт, проєктних рішень та досвіду експлуатації кар'єрів у питанні рекультивації вироблених просторів кар'єрів.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми магістерського дослідження.

Основна частина роботи складається з трьох розділів та присвячена опису рекультивації як одного з важливих технологічних процесів відкритих гірничих робіт, його ролі та особливостям; аналізу наукових джерел у питанні рекультивації вироблених просторів кар'єрів, а також вивченню досвіду реалізації різних напрямків технології рекультивації.

У **загальних висновках до роботи** сформульовані основні результати магістерської роботи та коротко дана оцінка проведеним дослідженням.

На основі аналізу науково-практичних джерел з теми дослідження сформульовані пропозиції у вигляді **рекомендацій щодо подальшого розвитку** наукового напрямку рекультивації відпрацьованих кар'єрів.

Ключові слова: рекультивація, ревіталізація, відновлення, вироблений простір, кар'єр, порушені землі, природокористування.

ВСТУП

Видобуток корисних копалин є основою економіки країн світу, при цьому він тісно пов'язаний з глобальними змінами ландшафтів. Застосування відкритої геотехнології обумовлює систематичне, постійно зростаюче вилучення продуктивних земель з сільськогосподарського обігу. Особливо це актуально для України, оскільки значну частину площ становлять родючі чорноземи. Відновлення цих земель відбувається шляхом проведення робіт по рекультивації.

Протягом багатьох років технологічному процесу рекультивації не приділялося значної уваги, проте останніми роками в зв'язку зі змінами в екологічному законодавстві, збільшенню цін на землю, вченими та практиками пропонується нова модель землекористування під час ведення гірничих робіт, яка дозволяє у більш короткі терміни, без багаторічної затримки, повертати землі у користування за різними напрямками – сільськогосподарський, лісогосподарський, рекреаційний, заповідний, під будівництво, тощо.

Основні негативні тенденції у землекористуванні, пов'язані з відкритим видобутком корисних копалин полягають в наступному:

1. Відбувається інтенсивне вилучення сільськогосподарських угідь (ріллі, пасовищ, сінокосів), втрачається основа сучасного землеробства та скотарства, які є провідними галузями економіки України.
2. Після рекультивації землі, які раніше були задіяні у землеробстві, переходять в іншу категорію, наприклад під лісонасадження, пасовища тощо.
3. Знижується родючість ґрунтів, в них зменшується кількість гумусу, фосфору та калію.
4. В цілому суттєво знижується ефективність землеробства.
5. Утворюються нові – неприродні, техногенні ландшафти.

Зважаючи на той факт, що відкритий видобуток корисних копалин є основним способом видобутку, його питома вага у розробці не зменшується і залишиться у перспективі на тому ж рівні, необхідно шукати способи зменшення негативного впливу на довкілля під час ведення гірничих робіт та удосконалювати технологію рекультивації.

Даному питанню в різні часи присвятили свою наукову діяльність такі вчені: В.В. Ржевський, К.М. Трубецькой, П.І. Томаков, К.Є. Вінницький, В.А. Галкін, А.М. Дьомін, В.В. Істомін, А.П. Красуня, М.Є. Певзнер, І.М. Ялтанець, А.Д. Рубан, В.С. Коваленко, М.А. Ревазов, В.А. Харченко, І.М. Щадов, Є.Л. Щасливцев, Ю.М. Овешніков, Н.М. Чаплигін, І.В. Зінков, В.С.Кнабе, Б. І. Волосецький, Р.М. Панас, А.М. Гайдін, А.Ю.Дріженко, М.С.Четверик, О.В.Ложніков та ін.

І. РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЙОГО РОЛЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ

Зростаюче населення світу потребує все більшої кількості ресурсів: водних, лісових, мінеральних тощо. Протягом тривалого часу споживання земних багатств відбувалося необдуманно, мало руйнівний характер.

За даними [9] Держстату України її населення поступово (на 40%) збільшувалось впродовж близько 40 років (рис.1). Саме на цей період (50-80 роки ХХ століття) в Україні припадає бурхливий розвиток промисловості та будівництва, який спричинив стрімкий розмах відкритого способу видобутку корисних копалин, розкриття та початок відпрацювання нових родовищ, оскільки промисловість вимагала ресурсів – руди, кольорових металів, будівельної сировини.

1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
36 588 000	↗37 223 000	↗37 915 000	↗38 366 000	↗38 991 000	↗39 271 000	↗39 742 000	↗40 422 000
1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
↗41 179 000	↗41 869 000	↗42 468 600	↗43 097 000	↗43 558 700	↗44 087 600	↗44 663 500	↗45 132 800
1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
↗45 548 400	↗45 996 500	↗46 408 200	↗46 778 100	↗47 118 200	↗47 507 400	↗47 902 700	↗48 274 400
1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
↗48 570 900	↗48 880 500	↗49 151 000	↗49 387 600	↗49 577 900	↗49 752 200	↗49 952 500	↗50 134 600
1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
↗50 308 700	↗50 467 700	↗50 678 600	↗50 857 500	↗51 025 200	↗51 260 900	↗51 484 200	↗51 701 900
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
↘51 556 500	↗51 623 500	↗51 708 200	↗51 870 400	↘51 715 400	↘51 300 400	↘50 874 100	↘50 400 000

Рисунок 1 - Чисельність населення України 1950-1997 роки.

Ситуація у світі, на відміну від України, відрізняється тим, що чисельність населення не зменшилась, а зберігає стійку тенденцію до зростання у геометричній прогресії (рис.2). З першого до другого мільярда людей на Землі пройшло 107 років, з другого до третього – 32 роки, з

третього до четвертого – 28 років і т.д. ці дані свідчать про те, що потреби людства у корисних копалинах не зменшуватимуться, а навпаки – зростатимуть. І це на тлі виснаження родовищ, ускладнення умов видобутку, пов'язаних зі збільшенням глибини кар'єрів, погіршення екологічної обстановки у світі.

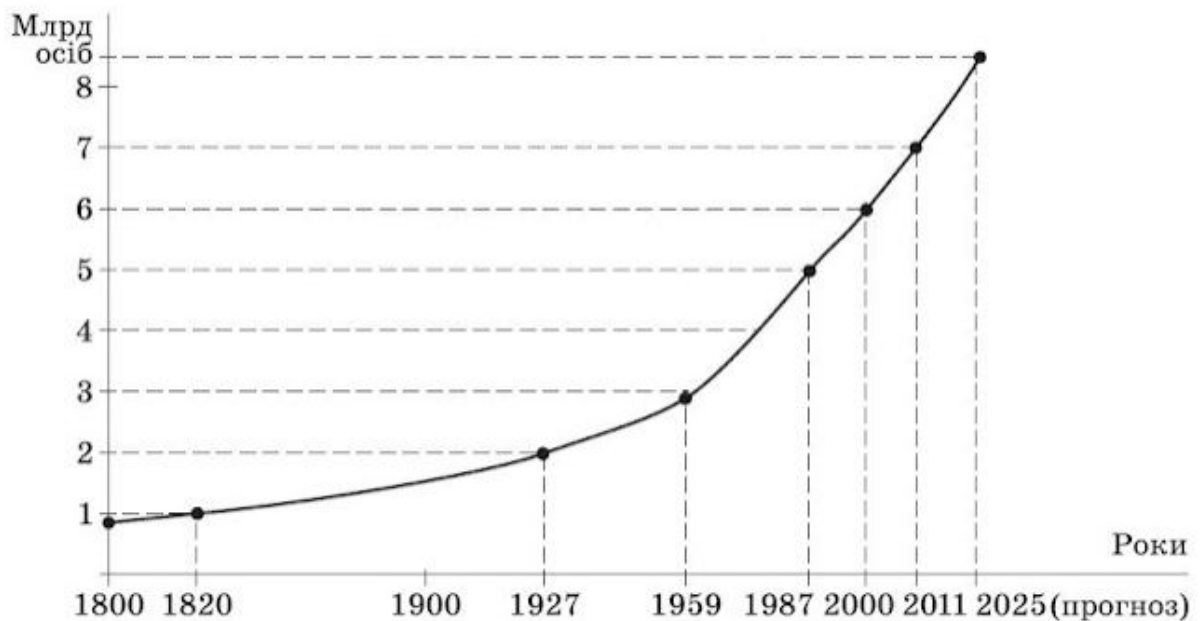


Рисунок 2 - Чисельність населення світу 1800-2025 роки.

Зростаюче населення світу потребує збільшення обсягів видобутку корисних копалин, і це збільшення відбувається за рахунок розвитку прогресивного відкритого способу ведення гірничих робіт. Відкритті гірничі роботи за законодавством переважної більшості країн мають супроводжуватись подальшою рекультивацією.

Рекультивація представляє собою спеціальну процедуру, спрямовану на відновлення первинної флори та фауни після використання надр. Сучасне зростання промисловості зумовлює необхідність раціонального використання природних ресурсів, особливого значення набуває проблема раціонального використання земельних ресурсів. Проблема рекультивації порушених земель з кожним роком стає все актуальнішою в зв'язку з постійним збільшенням кількості відпрацьованих кар'єрів. Крім того, зростають площі

земель, на яких розташовується відвали, відходи гірничої та металургійної промисловості.

Автори [10] також наголошують на тому, що з огляду на зростання населення стрімкими темпами розвивається гірничодобувна промисловість, що призводить до збільшення техногенних ландшафтів, пов'язаних з видобутком корисних копалин. Після відпрацювання кар'єри часто залишаються в запустінні, що згубно впливає на навколишнє середовище та спричиняє цілу низку проблем. В своїй роботі вони пропонують програму ревіталізації порушених територій (рис.3).

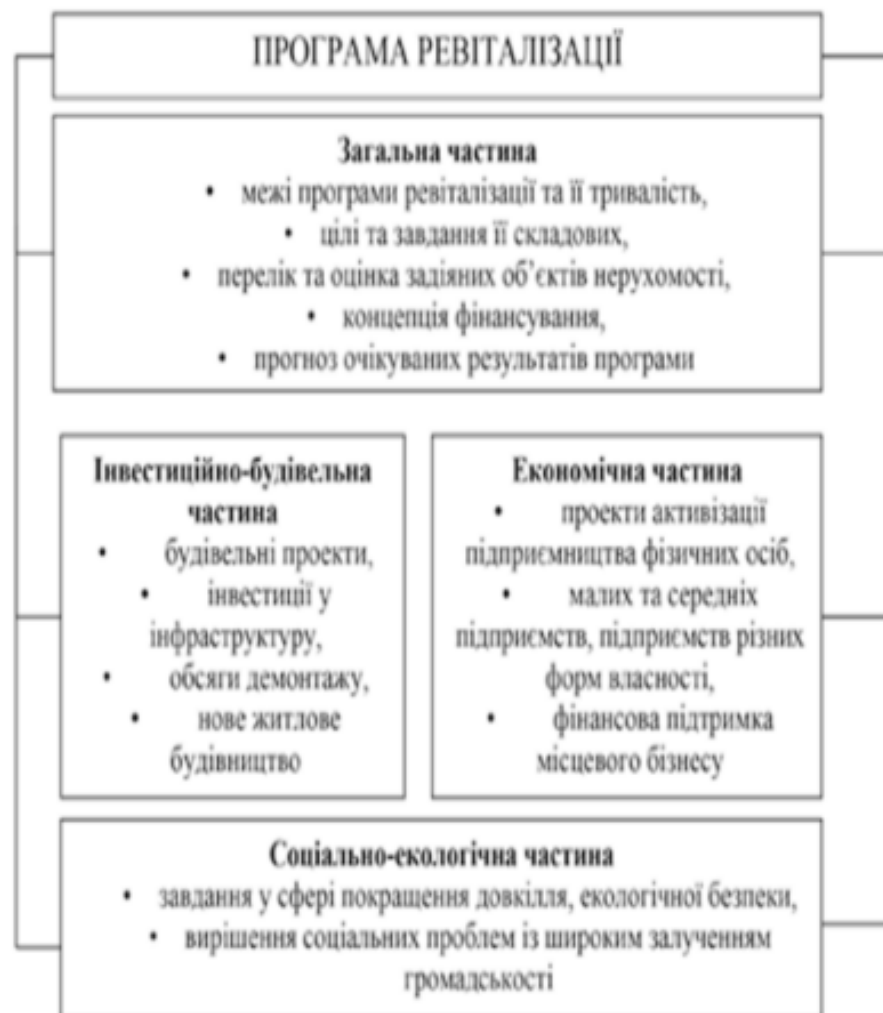


Рисунок 3 - Програма ревіталізації порушених гірничими роботами територій

Рекультиваци́я земель – це повне або часткове відновлення їх продуктивності і господарської цінності, внаслідок їх порушення господарською діяльністю.

Рекультиваци́я на сьогодні є комплексним напрямком, який знаходиться на з'єднанні різних дисциплін та наукових напрямків: гірничої справи, геології, екології, географії, ґрунтознавства, геоботаніки, агрохімії, економіки, містобудування тощо.

Екологічно прийнятним вважається гірничопромисловий ландшафт, всі елементи рельєфу якого в короткостроковому періоді часу до 3-5 років будуть покриті трав'янистою та деревно-чагарниковою рослинністю. Ступінь відхилення екологічних показників рекультивованих кар'єрів від екологічно ідеального стану автори [32] пропонують визначати шляхом розрахунку частки площі «екологічно неблагополучних» (без рослинності) ділянок у загальній структурі площі кар'єрної виїмки після закінчення 10-12 літнього періоду.

Відповідно до положень окремих законодавчих актів України [19-22], гірничодобувні підприємства зобов'язані своєчасно провести рекультиваци́ю порушених гірничими роботами земель, тобто привести їх в стан, який дозволяє використовувати ці землі в інтересах суспільства і повернути попередньому землекористувачу.

Рекультиваци́я має на меті [5]:

- збереження земельного фонду країни;
- компенсацію втрат, завданих природному комплексу під час експлуатації надр;
- виключення шкідливого впливу порушених гірничими роботами земель на навколишнє середовище.

В колишньому СРСР до 1970-х років під час розкриття кар'єрів та розширення його границь, ґрунти разом з породою верхнього розкривного уступу вивозили на відвали. При цьому, загальновідомо, що верхній ґрунтовий покрив є основою землеробства. З роками такий підхід сприяв

знищенню значних площ продуктивних угідь сільськогосподарського призначення. Лише з 1970-х років ХХ століття поступово почав змінюватись підхід та ставлення до родючих земель і повсюдно розпочалися роботи з рекультивації порушених кар'єрами земель. Рішенням проблем рекультивації почали опікуватись науково-дослідні та проєктні інститути, в результаті чого була обґрунтована доцільність проведення гірничо-технічної та біологічної рекультивації вироблених просторів кар'єрів.

Природним бажанням виробничників та проєктувальників було «вбудування» процесу рекультивації в основну технологію розкривних робіт. Основним принципом тогочасної технології рекультивації була можливість проведення гірничотехнічної рекультивації за рахунок внутрішніх резервів підприємства – основного гірничого та транспортного обладнання (рис.4).



Рисунок 4 - Класична послідовність проведення гірничотехнічної рекультивації

Першим етапом (стадією) класичної технології рекультивації є зняття родючого ґрунту. Здебільшого цей процес відбувається за допомогою бульдозерів (рис.5).

Потужність шару ґрунту за класичною технологією становить близько 0,35 м при довжині фронту 4-8 км. Для створення бургів застосовуються гідравлічні екскаватори з малою місткістю ковша.



*Рисунок 5 - Бульдозер Caterpillar D8 на знятті родючого ґрунту на кар'єрі
«Бородинський»*

Бурти мають висоту до 10 м, в них родючий ґрунт зберігатиметься протягом декількох років (рис.6)



Рисунок 6 - Формування бурта висотою 6-8 м вздовж залізничної колії

Якщо вже існують ділянки, підготовлені для проведення рекультивації, то родючий ґрунт вивозиться туди засобами автотранспорту чи залізничного транспорту.

У статті [36] наведено періодизацію наукової думки щодо питання рекультивації відпрацьованих кар'єрів. Автори виділяють три етапи розвитку підходів до вирішення даної проблеми:

Перший етап (з кінця XIX до середини XX століття) здебільшого рекультивація носила суто екологічний характер. Ніхто не розмірковував про те, що вироблені кар'єри можна застосовувати з іншою господарською ціллю.

На другому етапі – з середини до кінця XX століття – розпочалися спроби рекультивації вироблених кар'єрів під сільськогосподарські та лісогосподарські цілі. Тоді ж розпочались дослідження щодо використання виробленого простору кар'єру для рекреаційних цілей.

Третій етап - з кінця XX століття і дотепер – спостерігаються спроби створення складних ландшафтів на місці вироблених кар'єрів, в тому числі зведення будівель та споруд.

На думку авторів статті [18] при видобутку корисних копалин відкритим способом роботи з рекультивації порушених земель відіграють важливу роль, від якості та своєчасності їх проведення залежить не тільки збереження природи на значній території, а й розмір витрат, спрямованих на запобігання наслідків геомеханічних порушень та забруднень ґрунтово-рослинного покриву. Серед наслідків техногенного впливу на довкілля при веденні гірничих робіт слід виділити порушення земної поверхні, і, як слідство – скорочення площ продуктивних земель. Наприклад, при видобутку нерудних корисних копалин площа земель, що вилучається з обігу, досягає 0,5– 0,8 га на 1 тис.т гірської маси, що вийматиметься з надр.

Як правило, рекультивація виконується у два етапи: гірничотехнічний та біологічний, на перший етап доводиться близько 80% загальних витрат на відновлення порушених земель. У структурі витрат на рекультивацію,

основна їхня частка припадає на роботи зі зняття та зберігання ґрунтово-рослинного покриву (ГРП), приведення укосів відкритих гірничих виробок у безпечний та придатний для цільового використання стан, консервацію ставкових зон шламосховищ і поверхонь полігонів відходів.

Автори [18] вважають перспективним рішенням, що скорочує витрати на гірничотехнічну рекультивацію, селективне складування потенційно родючих і фітотоксичних порід таким способом, щоб була можливість забезпечити нанесення родючого рослинного шару безпосередньо на сплановану поверхню без використання додаткового шару перекриваючих інертних порід. Також одним з перспективних технологічних рішень вони вважають суміщення робіт з гірничо-технічної рекультивації з основними процесами видобутку корисних копалин, а в першу чергу – з відвалоутворенням, що знижує витрати на рекультивацію більш ніж 2 рази. Збільшення чи зменшення витрат на рекультивацію відіб'ється на собівартості видобутої корисної копалини, і, в кінцевому рахунку, призведе до збільшення або зменшення вартості продукту гірничо-видобувних підприємств.

У статті [26] автори пояснюють важливість рекультиваційних заходів, спрямованих на відновлення стану навколишнього середовища після завершення видобутку корисних копалин на прикладі ільменітового родовища. Вони зазначають, що порушення земель відбувається на кожному з етапів технологічного процесу видобутку корисної копалини: геологічної розвідки та оцінки запасів (буріння свердловин), на гірничо-підготовчому етапі (зnelіснення, видалення рослинного покриву, відведення водойм), на етапі розробки родовища (створення відвалів, утворення кар'єрної виїмки, порушення гідрогеологічного режиму району), виробництво концентрату (забруднення ґрунту хімічними речовинами). Автори небезпідставно вважають, що відновлення екосистеми після ведення гірничих робіт є нетривіальною задачею. Одним з визначальних моментів технології є вибір

напрямку рекультивації: повернення до використання у сільському чи лісовому господарстві, утворення водойм, зон відпочинку тощо.

Помірний кліматом та родючі чорноземи сприяють прийняттю рішення на користь відновлення земель для використання їх у сільському господарстві (рілля, пасовища, сади тощо) [26]. Однак, у випадку розташування відпрацьованих кар'єрів на територіях лісових господарств, які характеризуються малородючими ґрунтами, відновлені землі не будуть придатними для сільського господарства. Треба шукати інші рішення.

II. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРІВ КАР'ЄРІВ

Аналіз світової практики дозволяє виділити наступні напрямки рекультивації вироблених кар'єрів (рис.7) [38]:

1. Сільськогосподарська рекультивація.
2. Лісогосподарська рекультивація.
3. Водогосподарська рекультивація.
4. Рекреаційна рекультивація.
5. Будівельна рекультивація.
6. Природоохоронна рекультивація.
7. Санітарно-гігієнічна рекультивація.
8. Затоплення кар'єрів.

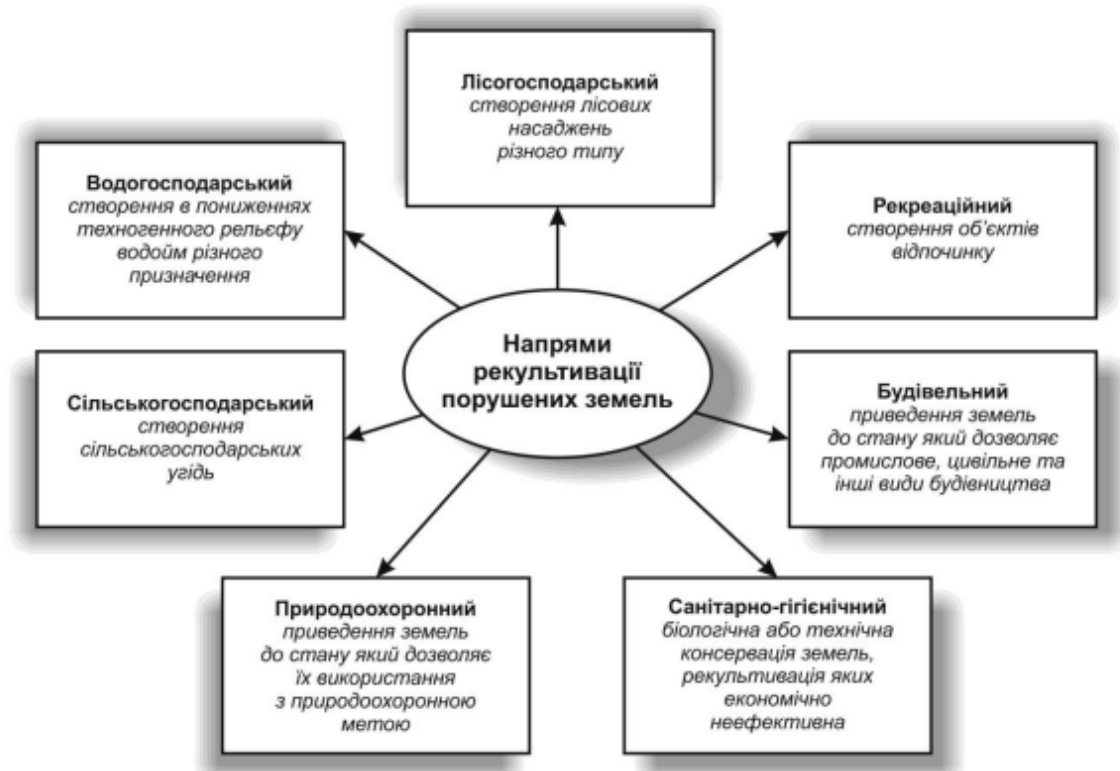


Рисунок 7 - Напрямки рекультивації відпрацьованих кар'єрів

Кожен з цих напрямків передбачає комплекс робіт на етапі гірничо-технічної рекультивації в залежності від напрямку, який буде обрано. Вибір напрямку, в свою чергу, залежить від цілого ряду факторів: природних, географічних, економічних, соціально-екологічних, інвестиційних тощо.

Ґрунтовний економічний аналіз напрямків рекультивації проведено у дослідженні [40]. За тривалістю років, необхідних для виконання всього комплексу робіт з рекультивації, лідирує санітарно-гігієнічна рекультивація – вона в середньому займає 0,5 року. Найбільше часу для проведення комплексу робіт потребує сільськогосподарська. (рис.8)

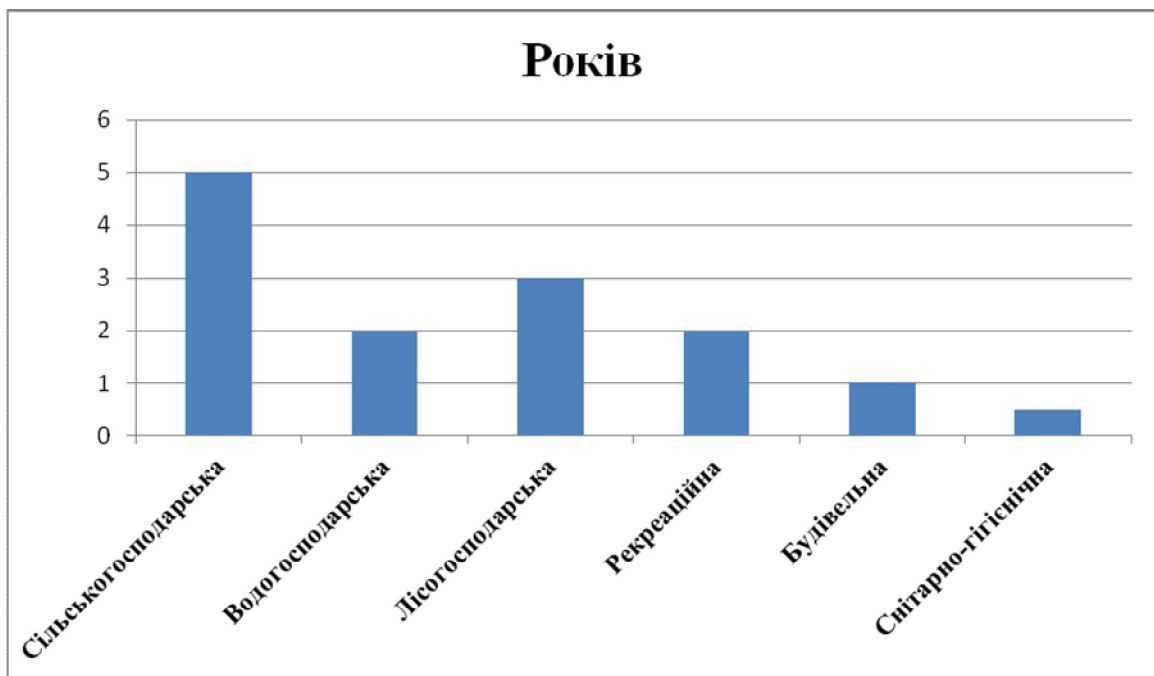


Рисунок 8 - Тривалість відновлення ландшафту при різних напрямках рекультивації

Відносна вартість напрямків рекультивації розраховувалась у [40] за відомими методиками шляхом зіставлення витрат на створення, утримання і догляд об'єктів після рекультивації та суми незаподіяної шкоди (рис.9).

Рівень рентабельності – один з найважливіших економічних показників господарської діяльності, який характеризує можливу дохідність від рекультивації, є особливо привабливим показником для інвесторів. Визначався за формулою:

$$P = \frac{B - C}{C} \times 100\%$$



Рисунок 9 - Відносна вартість рекультивації в залежності від обраного напрямку

Відсотки рентабельності по кожному з напрямків рекультивації представлені на рис.10.

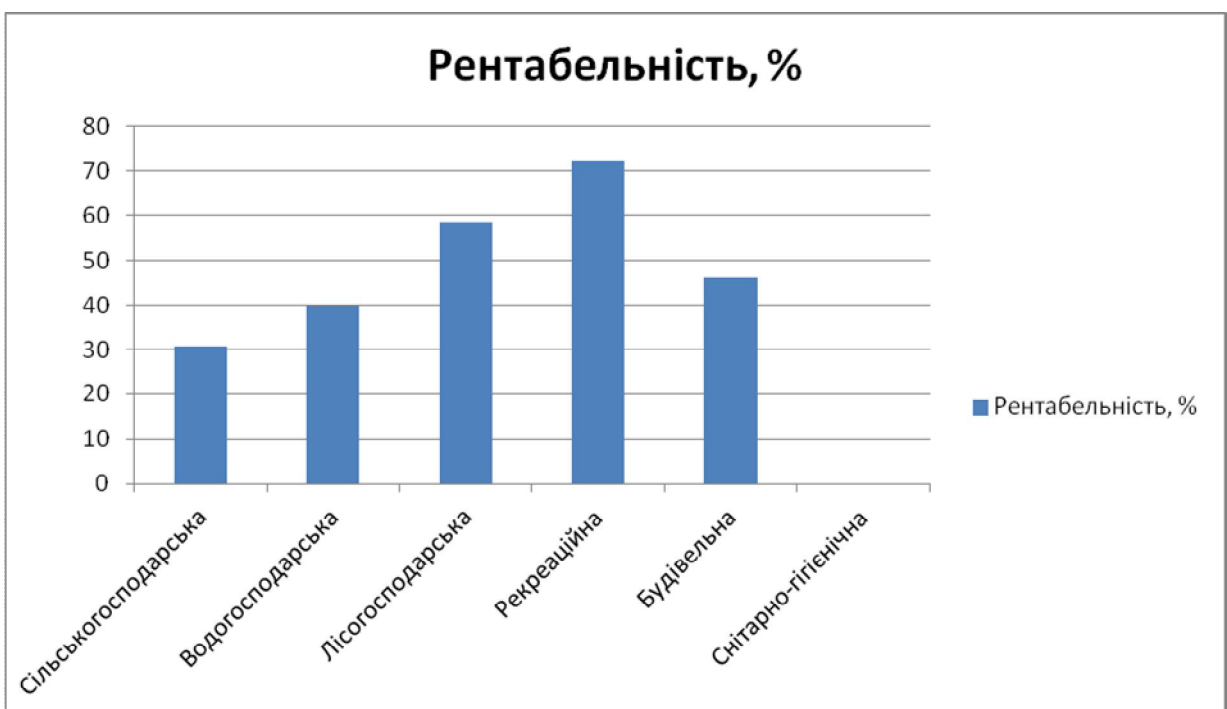


Рисунок 10 - Рентабельність рекультиваційних заходів в залежності від напрямку

Аналіз даної діаграми показує, що санітарно-гігієнічна рекультивація не є рентабельною, оскільки передбачає лише засипку кар'єру сміттям тощо.

Аналіз наукової статті [13] дозволяє зробити висновок, що технологія рекультивації вироблених просторів кар'єрів залежить від їх глибини. Авторами статті запропоновано та описано спосіб формування та рекультивації бортів кар'єру з видобутку будівельних корисних копалин.

Згідно цієї технології, після очищення кар'єрного поля від рослинності знімають шар ґрунту та транспортують його на склад 1, розташований на борту кар'єру 2. Після цього виконують розкривні роботи з розміщенням порід у тимчасових відвалах 3 поза контурами кар'єру на неробочих бортах. Згадані роботи виконуються бульдозерами та скреперами. Після завершення розкривних робіт видобувають корисну копалину у встановлених контурах запасів 4, а потім здійснюють виположення бортів (рис.11).

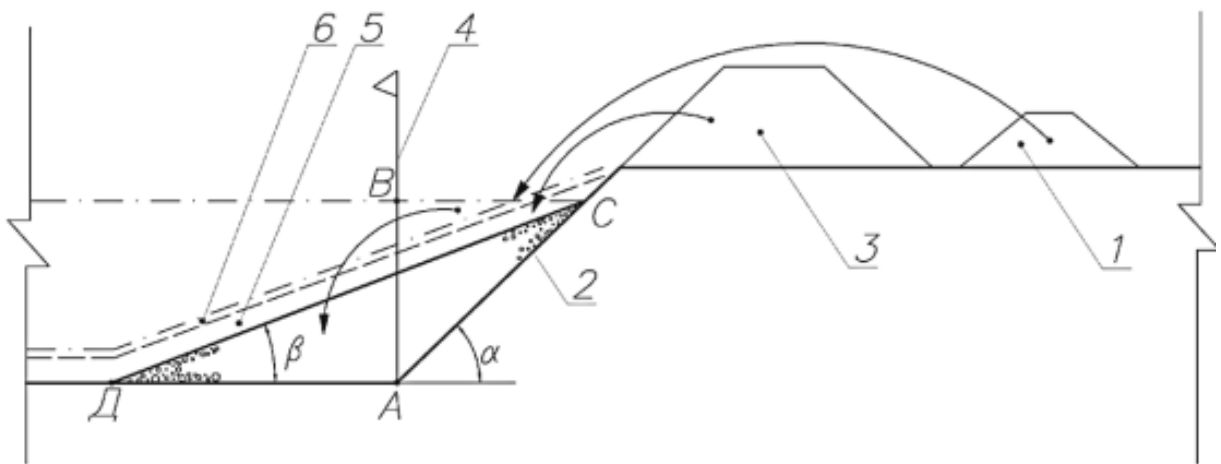


Рисунок 11 - Схема рекультивації бортів неглибоких кар'єрів

Після виположення бортів на них і дно кар'єру наноситься шар розкривних порід 5 з відвалів 3. Завершується рекультивація нанесенням на шар розкривних порід 5 ґрунту 6, взятий зі складу 1. При досить великій тривалості відпрацювання родовища (кілька років) у міру посування фронту робіт та появи неробочих бортів (у багатьох випадках вони з'являються вже в

перший рік розробки) відвали розкривних порід та склади ґрунту на борту кар'єру можуть не створюватися, і всі розкривні породи відразу після виїмки використовуються для виположення бортів та рекультивації. Це, в свою чергу, значно скорочує землеємність гірничих робіт.

Технологію формування екологічно оптимального гірничопромислового ландшафту після завершення відпрацювання кар'єру представлена на рис. 12. Така технологія передбачає виконання декількох етапів [32].

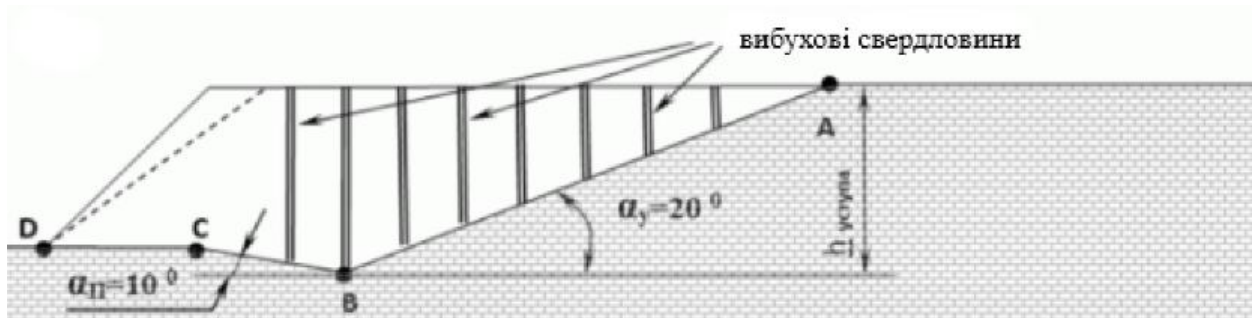


Рисунок 12 - Технологія відпрацювання приконтурного сектора АВСБ

Технологія відпрацювання приконтурного сектора АВСБ може здійснюватися двома способами: безвибуховим безпосередньо екскаватором в залежності від міцності порід, які складають масив; застосування буропідривного способу. При підриванні останнього блоку та його відвантаженні екскаватором проводиться постановка уступу в кінцеве - неробоче положення. Це означає, що добувні роботи на цьому уступі більше не проводитимуться і укіс уступу і міжуступний майданчик готові до нанесення на них техногенної ґрунтової суміші. Як правило при контурний масив оформлюють кутами 18-22 °.

Далі у декілька теплів наносять ґрунтовий шар одним з двох способів (рис.13).

Підсумковий результат рекультивації бортів відпрацьованого кар'єру схематично наведено на рис. 14. На попередніх етапах всі елементи неробочого борту кар'єру було нанесено техногенну ґрунтову суміш,

наступним етапом є біологічна рекультивація з висадженням чагарників та трав'янистих рослин.

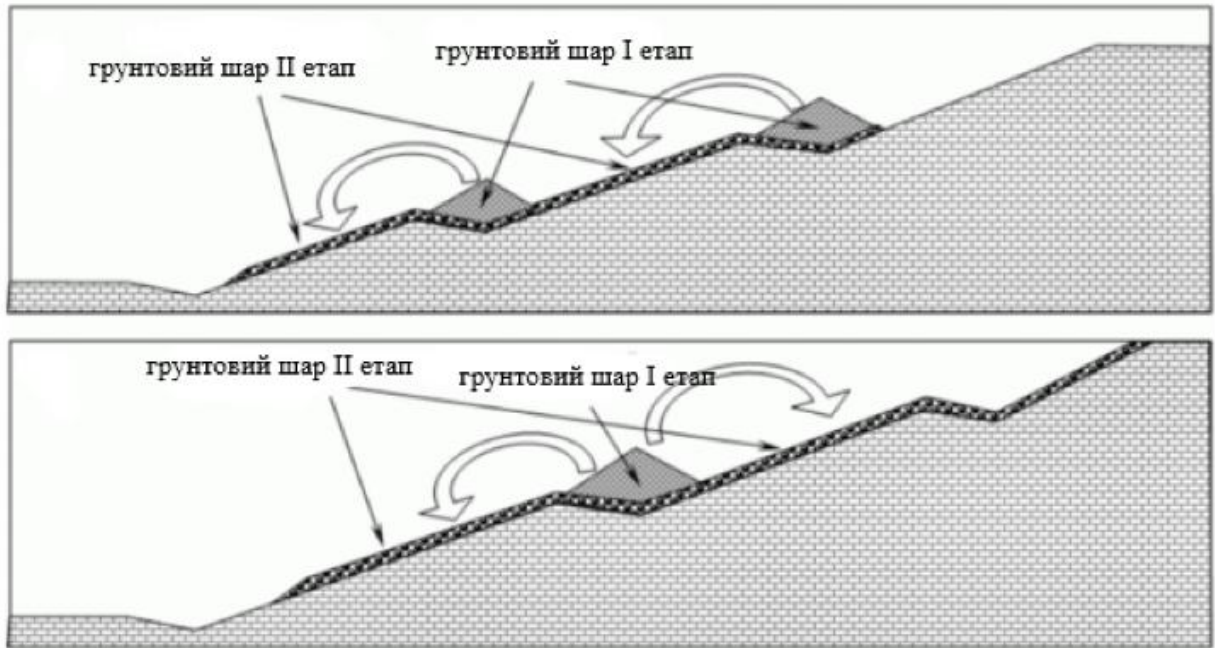


Рисунок 13 - Схема нанесення ґрунтового шару на укоси уступів – «зверху-вниз» (вгорі); схема одночасного нанесення ґрунтового шару на укоси уступів - «зверху-вниз» та «знизу-вгору» (внизу)

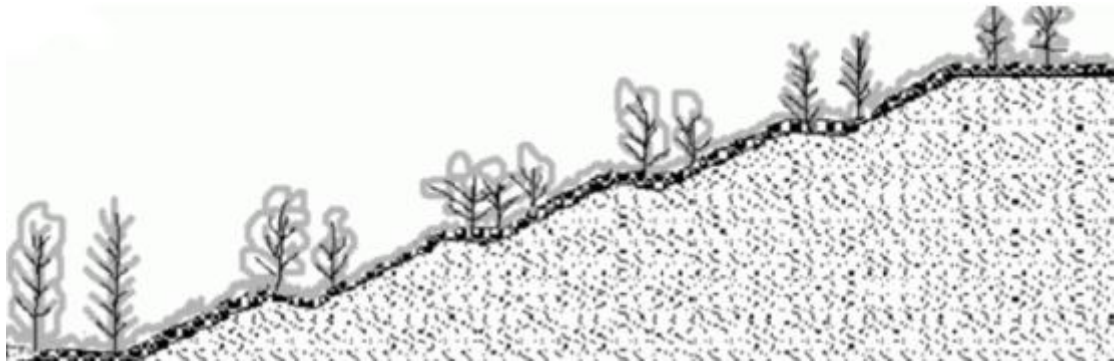


Рисунок 14 - Завершальний етап рекультивації неробочих бортів кар'єрів

Геометричні параметри неробочого борту, оформленого за рекомендаціями [32] разом із нанесеним ґрунтовим шаром, на думку авторів дозволяють створювати гірничопромислові ландшафти з найкращими біоекологічними показниками.

Автори зазначають, що успішна реалізація даної технології можлива при виконанні декількох умов:

1. Кути укосів уступів кар'єру при їх постановці в кінцеве положення незалежно від їх висоти та кількості повинні мати значення 18-22 °.
2. Уступи при формуванні неробочого борту відпрацьованого кар'єру поділяються міжступними майданчиками шириною до 5 м із зворотним 10-градусним ухилом у бік неробочого борту.
3. На укоси уступів, міжступні майданчики, дно кар'єру наносять техногенну ґрунтову суміш потужністю до 0,3 м, приготовану під час гірничо-технічного етапу рекультивації. Ґрунтову суміш готують наступним чином: до ґрунтового шару додають всі ґрунтові продуктивні шари, що становлять ґрунтовий профіль, а також високопродуктивні пухкі четвертинні відкладення, об'єм яких компенсує нестачу гумусо-акумулятивного ґрунтового шару. Знятий ґрунтовий шар разом із четвертинними відкладеннями відвантажують екскаватором та вивозять за межі гірничого відводу й зберігають до початку рекультивації.

Автори [32] констатують, що більшість бортів кар'єрів при постановці в неробочий стан мають кути нахилу 55-60°, що унеможлиблює проведення подальшої рекультивації за запропонованою методикою (рис.15).

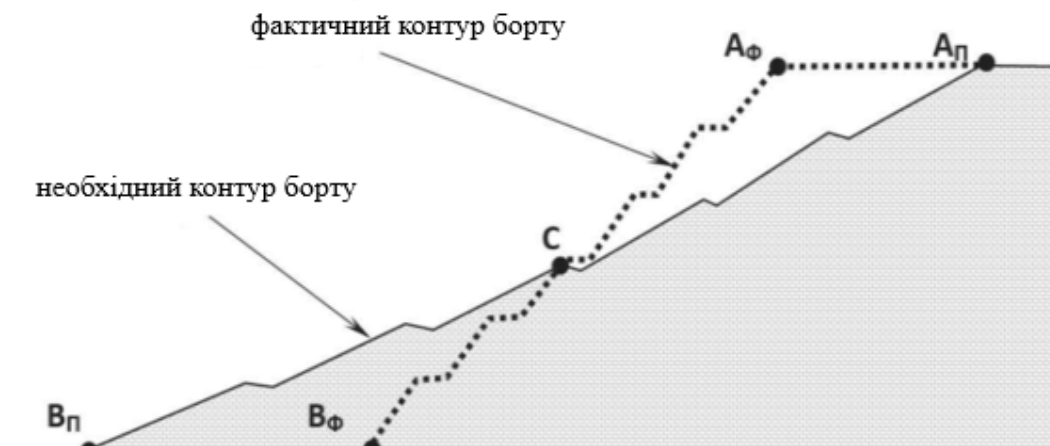


Рисунок 15 – Розбіжності у кутах нахилу бортів кар'єру

Саме тому практична реалізація запропонованої методики рекультивації кар'єрів вимагає перегляду класичних теорій, згідно з якими неробочий борт встановлюється в кінцеве положення під кутом 55-60 ° з бермами безпеки.

Одним з напрямків рекультивації є засипка відпрацьованих кар'єрів, проте вчені ставляться до цієї ідеї неоднозначно. Так, у [4] автори зазначають, що такий напрямок є застарілим, наносить шкоду ґрунтам, водному балансу навколишньої території. Вони наводять приклад засипки кар'єру ЦГЗК розкривною породою, проте характеризують таке рішення нераціональним (рис.16). На їхню думку, пусті породи, якими засипають кар'єр, мають достатньо високий відсоток вмісту залізистих кварцитів, що можуть бути використані повторно.



Рисунок 16 - Засипка кар'єру ЦГЗК

У статті [6] автори навпаки вважають засипку кар'єрів гарним рішенням проблеми відновлення земель після ведення гірничих робіт та

повернення їх у господарство – будівництво, рілля, пасовища. Засипка кар'єрів може відбуватись розкритим породами, відходами збагачення, твердими побутовими відходами. Гарним рішенням автори вважають засипку кар'єрів твердими побутовими відходами, але обводненість кар'єрів не сприяє екологічності такого рішення. Проте рішенням цієї проблеми вбачають попередню підготовки виробленого простору кар'єру перед розміщенням відходів та використання ізоляції відходів від навколишнього середовища.

Засипка кар'єру відбувається в чотири етапи (рис.17):

1. На першому етапі вироблений простір осушається до вимог будівельних норм.
2. На другому етапі відповідно до вимог формування полігонів відбувається формування виробленого простору. Основне у цьому етапі – екранування поверхні майбутнього полігону природними матеріалами з коефіцієнтом фільтрації не більше 10 м/с та товщиною не менше 1 м. Саме тому для використання у якості полігонів побутових відходів є вироблені простори кар'єрів з розробки глин, вапняків, гранітів - ці породи є природним екраном.

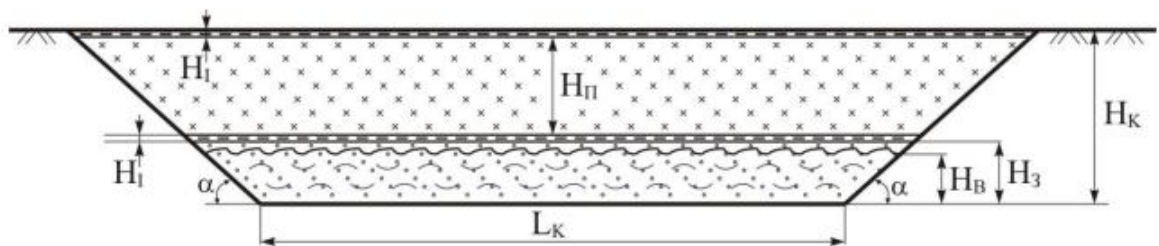


Рисунок 17 - Засипка виробленого простору кар'єру твердими побутовими відходами: $H_{\text{в}}$ – рівень води в кар'єрі; H_3 – висота засипки; H_1 – потужність ізоляційного шару; $H_{\text{п}}$ – висота шару твердих побутових відходів

3. Третій етап – повна засипка виробленого простору відходами.
4. Четвертий етап – формування остаточного захисного шару після зрівнювання поверхні кар'єру з рівнем землі. Верхній шар має

потужність 1-2 м та складається з шарів вапняку, глини та щебеню для протидії фільтрації, дренажу та нейтралізації газів. Після цього все накривається шаром (0,5-1 м) родючої землі.

Утилізувати побутові відходи шляхом рекультивації відпрацьованих кар'єрів запропоновано також у патенті [37]. Автори пропонують об'єднати рекультивацію кар'єрів, яка є вимогою екологічного законодавства України з утилізацією побутових та сільськогосподарських відходів. Сутність запропонованого способу полягає в наступному:

- Дно та укоси виробленого кар'єру викладають гідроізоляційним матеріалом, наприклад глиною.
- На наступному етапі відбувається заповнення кар'єру відходами (промислові, побутові, сільськогосподарські) до відповідної висотної позначки
- На шар відходів укладають шар торфу заввишки 20 см, а потім зернові відходи заввишки 50-80 см, далі - шар звичайного ґрунту заввишки 20-30 см для формування рослинного шару ґрунту. Для прискорення компостування суміш необхідно поливати розчином мінеральних добрив.

Автори вважають, що такий спосіб рекультивації відпрацьованих кар'єрів дозволить в подальшому використовувати цю територію для вирощування сільськогосподарських культур. При цьому є змога утилізувати велику кількість зернових відходів та покращити родючість ґрунту.

Рішенням, яке дозволяє частково нейтралізувати негативні риси засипки кар'єрів є пошарова гірничотехнічна рекультивація, яку запропонували ряд вітчизняних вчених на чолі з М.С.Четвериком [30]. Автори на основі численних досліджень констатують факт, що у більшості випадків засипка відпрацьованого кар'єру залишає рівну поверхню, де колись були балки, і не передбачає відновлення поверхневих стоків для накопичення атмосферних опадів.

Авторами запропоновано технологію пошарової гірничотехнічної та біологічної рекультивації (рис. 18). Сутність даної технології полягає у створенні капілярної системи в шарах потенційно родючих порід кореневою системою рослин. Це дозволяє відновити властивості природного ґрунту. При цьому дана технологія не передбачає живлення водоносних горизонтів поверхових річок та відновлення поверхневих стоків для накопичення атмосферних опадів з подальшим живленням річок.

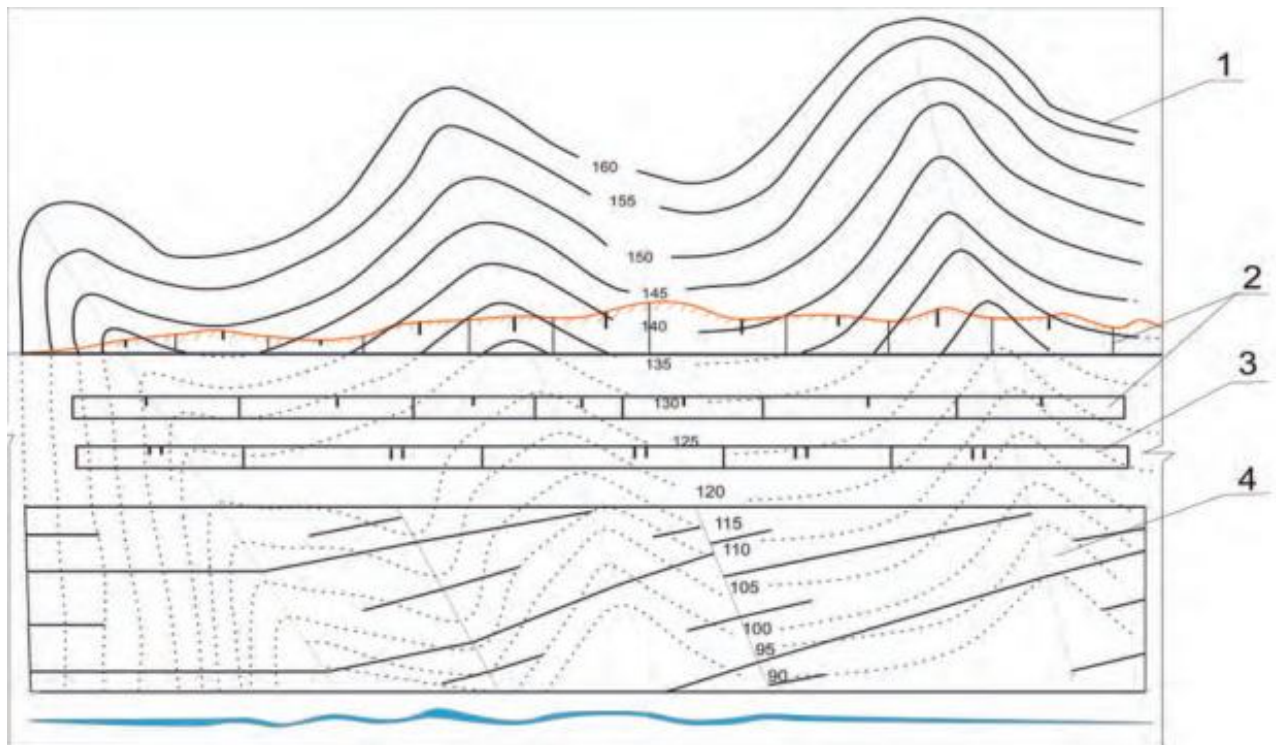


Рисунок 18 - Формування рельєфу, близького до природного при пошаровій гірничотехнічній та біологічній рекультивації: 1 – існуючий рельєф; 2, 3 – розкривні уступи; 4 – відвал розкривних порід із формуванням рельєфу, близького до природного

Враховавши недоліки попередньої технології, автор [31] пропонує технологію пошарової гірничотехнічної та біологічної рекультивації з забезпеченням водообмінних процесів у ландшафтах (рис.19).

Сутність запропонованої методики полягає в наступному: при відпрацюванні горизонтів кар'єрів формується внутрішній відвал з горизонтальними шарами порід для створення капілярної системи. Після

завершення планування поверхні рекультивованої ділянки кар'єру проводиться формування техногенної балки як штучної споруди, яка дозволить відновити рельєф та водообмінні процеси у порушеному природному середовищі. Після чого відбувається етап біологічної рекультивації - для створення структури ґрунтів проводиться посадка злаково-бобових культур у шарах потенційно родючих порід при похилому формуванні шарів з метою живлення водоносних горизонтів поверхневих річок та відновлення поверхневих стоків для забезпечення водообмінних процесів у ландшафтах.

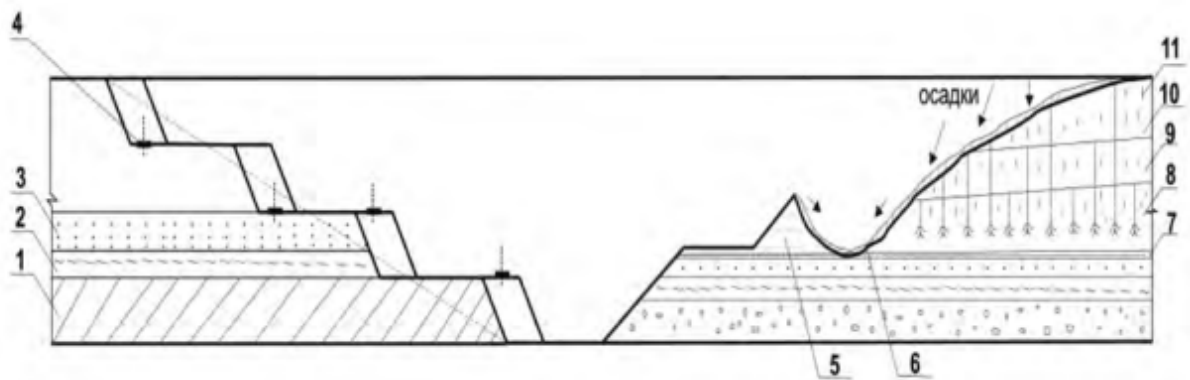


Рисунок 19 - Схема формування відвалу з пошаровою гірничотехнічною та біологічною рекультивацією: 1 – корисна копалина; 2 – водотривка глина; 3 – пісок; 4 – екскаватор гідравлічний; 5 – з'єднання техногенного масиву з природним середовищем; 6 – область формування техногенної балки; 7 – водоносний горизонт; 8, 9, 10 – перший, другий, третій шари посадки рослин відповідно; 11 – капілярна вода

При реалізації даної технологічної схеми сформована техногенна балка виконує роль відвалу, при цьому кошти на рекультивацію окремо не виділяються, оскільки вони входять у собівартість розкривних робіт та процес відвалоутворення. В залежності від напрямку фронту гірничих робіт дана схема може мати свої технологічні особливості та видозмінюватись.

Цікавим є ще одне дослідження у напрямку рекультивації кар'єру засипкою виробленого простору відходами [17]. Авторка в своїй статті

аналізує досвід Ізраїлю та Південної Кореї по створенню полігонів побутових відходів і на його основі пропонує своє рішення. Вона робить висновок, що в цих країнах для розміщення полігонів необхідно додатково відчужувати земельні ділянки, а авторка пропонує реалізовувати ефективну технологію розміщення та утилізації побутових відходів, використовуючи вже відпрацьовані кар'єри.

Авторка зазначає, що як правило, на ділянці розташування відпрацьованого кар'єру спостерігаються ландшафтні зміни, порушується геоморфологія, змінюються гідрологічний та гідрогеологічний режими, відбувається забруднення підземних горизонтів. Райони, в яких є великі поклади щебеню, доломіту, суглинків, глин, самородної сірки, під час розробки родовищ настільки видозмінюються, що відновити природний ландшафт на площах у тисячі гектарів майже неможливо. Тому вона вбачає розміщення відходів у виробленому просторі кар'єрів альтернативним напрямом рекультивації гірничих виробок. Такий підхід дозволяє одночасно вирішити дві актуальні задачі: відновити природний ландшафту та відносно безпечно розмістити відходи. З огляду на те, що обсяг вироблених кар'єрів великий, комунальні та промислові відходи виступають єдиним потенційно значущим матеріальним ресурсом для їх рекультивації.

На рисунку 20 представлена схема технологічного комплексу рекультивації кар'єрів [17]. Технологічний процес будується наступним чином: сміттєвози під'їжджають на розвантажувальний майданчик 8 і звантажують несортвані тверді побутові та будівельні відходи в ємність 9, після цього за допомогою шнека йде їх завантаження у контейнери підвісної канатної дороги 10 і відбувається транспортування в кар'єр 1 для утилізації. Управління канатною дорогою - автоматичне з диспетчерського пункту 11. Також у зону утилізації за допомогою пристрою 7 подається відвальна порода з країв кар'єру. Фільтрат збирається в ємність 2, з якої надалі за допомогою насосної станції 6 і трубопровідної та запірної арматури видаляється і подається знову в кар'єр 1. Для ізоляції кар'єру та вилучення

попадання фільтрату в ґрунтові води та ґрунт дно кар'єру ізолюється високоміцним плівковим матеріалом 3.

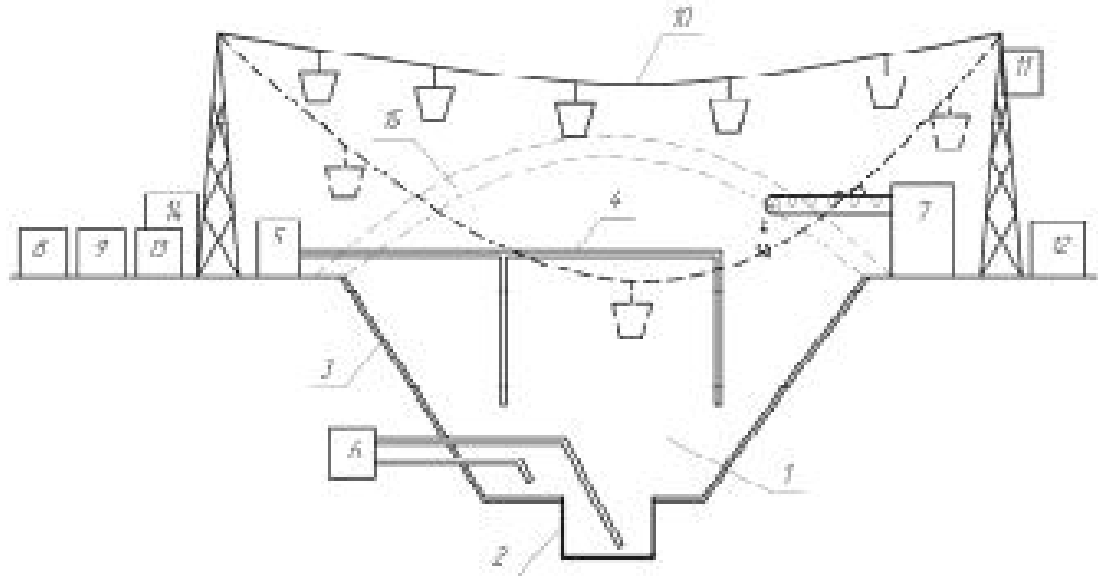


Рисунок 20 - Схема технологічного комплексу рекультивації кар'єрів (опис в тексті)

Гази, що утворюються в процесі утилізації, за допомогою труб 4 відводяться на установку 5 для подальшого використання та вироблення електроенергії. Вуглецевмісні відходи надходять у ємність 13 і на переробку в піролізну піч 14 для вироблення палива на внутрішні потреби, з можливістю подальшого вивантаження продуктів горіння в контейнери підвісної канатної дороги 10. Для забезпечення обслуговування та експлуатації кар'єра передбачено приміщення для обслуговуючого персоналу 12. Рекультивація кар'єру здійснюється шаром родючого ґрунту 15 при досягненні проектного об'єму утилізації відходів.

На думку авторки рішення [17], його реалізація дозволяє забезпечити ліквідацію геометричного тіла кар'єру і перетворення його в природний ландшафт, при цьому досягається скорочення надходження твердих побутових та будівельних відходів на традиційні полігони та запобігання створенню нових полігонів їхнього поховання. Недоліком рішення є відсутність процесу сортування відходів, проте це прискорює процес подачі відходів у кар'єр та їх утилізації. Застосування різних, диференційованих

підходів дозволить вирішити проблему переробки та утилізації різних видів відходів та забезпечити збереження навколишнього природного середовища і здоров'я населення.

Часто розміщення твердих побутових відходів у вироблених просторах кар'єрів сприймається негативно через побоювання щодо їхнього небезпечного впливу на ґрунти та підземні води. У статті [18] наводяться рішення із застосуванням сучасних геосинтетичних матеріалів, які покликані не тільки скоротити витрати та час проведення робіт з гірничо-технічної рекультивації, а й укріпити укоси, ізолювати шламосховища і полігони ТПВ. Геосинтетичні матеріали, які можуть бути використані при гірничо-технічній рекультивації виконуються у вигляді геотекстилю, георешіток, геокомпозитів, геоболонок, геомембран, геоплит, полімерних розчинів, які мають властивість застигати на повітрі. При їхньому виготовленні використовуються поліетилен, полівінілхлорид, полімери, скловолокно з полімерною обробкою, бітум, також глина, льон, джут, кокос (рис.21).



Рисунок 21 - Укладання геотекстилю на дно та укоси відпрацьованого кар'єру з метою подальшої рекультивації

Ще одним напрямком рекультивації є створення рекреаційних ландшафтів на місці відпрацьованих кар'єрів.

В роботі [16] проведено ґрунтовний аналіз можливостей рекультивації у рекреаційному напрямку. Автор поділив відпрацьовані кар'єри на 4 типи та в залежності від типу пропонує декілька напрямків рекреаційної рекультивації (табл. 1).

Таблиця 1

Можливі напрямки рекреаційної рекультивації

Тип відпрацьованого кар'єру	Можливі напрямки рекультивації
Неглибокі кар'єри з пологим заляганням шарів КК	Заповідники, паркові зони, штучні водойми, мототреки, зоопарки, іподроми, агропарки.
Кар'єри середньої глибини	Пляжні зони, навчальні центри для занять водними видами спорту, штучні водойми для дослідницьких цілей та риболовлі.
Глибокі кар'єри з крутоспадним заляганням КК	Заповідники при частковому засипанні кар'єру, створення ділянок для проведення геологічної та мінералогічної практик, створення музею геологічних зразків порід, навчально-дослідні пункти.
Кар'єри по видобутку будівельних КК	Навчальні та екскурсійні маршрути, пішохідні зони, велотреки, сонячні колектори, вітроустановки.

Аналіз таблиці дає змогу зробити висновок про широке різноманіття напрямків рекреаційної рекультивації, які можуть задовольнити смаки та потреби значної кількості населення, особливо якщо вироблені кар'єри розташовуються в межах великих міст та агломерацій.

Автори дослідження [26] також вважають, що рекреаційна рекультивація є доволі перспективною, оскільки є універсальною. Відновлення земель для сільського господарства не завжди можливе через низьку цінність земель, водогосподарська та лісогосподарська рекультивація мають свої обмеження. На прикладі «Іршанського гірничо-збагачувального комбінату», де частково вже проведено рекультивацію окремих ділянок

автори доводять, що кращим рішенням є рекреаційна рекультивация. Дослідження вже рекультивованих ділянок показали невисокий лісорослинний потенціал. Водогосподарській рекультивации перешкоджає підвищена кислотність води у водних об'єктах, що обумовлено особливостями геологічної будови території.

В якості альтернативи автори бачать рекреаційну рекультивацию шляхом створення зони відпочинку у вигляді лісопаркової зони (дерева, чагарники, газони та квіти). Створення штучних водойм відіграє естетичної ролі, що є актуальним для урбанізованих територій та сприятиме розвитку місцевого туризму. Таке рішення дозволить зменшити витрати на ліквідацію кар'єру та принести користь суспільству та природі.

Близько 15 років тому вченими ІГТМ ім.Полякова НАНУ [16] було розроблено проєкт рекультивации Кадиківського кар'єру Балаклавського РУ по видобутку флюсових вапняків (рис.22).



Рисунок 22 - Затоплений Кадиківський кар'єр Балаклавського РУ

Передбачалось кар'єрний простір ще тоді незатопленого кар'єру за висотою умовно поділити на чотири зони. У першій згорі зоні планувалось розмістити автостоянку, готельний комплекс, спортивну інфраструктуру.

Нижче - провести під земні камери-галереї музею виноробства Криму та Молдови, побудувати теплиці, оранжереї з екзотичними рослинами та квітами, сонячно-вітрові та біогазові установки. Ще нижче – спортивний комплекс та парк відпочинку з атракціонами. У нижній зоні – паркову зону з водоймою прісної води, човною станцією, мото- та вело треками. Проте через війну ці плани не було реалізовано, в даний час котлован кар'єру заповнений прісною водою.

Ще одним нереалізованим через складні економічні умови внаслідок війни проєктом стала рекультивация відпрацьованого кар'єру Рибальський у межах міста Дніпро (рис.23).

В його просторі планувалось створити спортивно-розважальний комплекс за кліматичними зонами, з урахуванням особливостей мікроклімату кар'єру: спортивно-навчальний комплекс, фітнес клуб, міні готель, мото- і велотреки, стадіон для авторалі, спортивні майданчики для дітей, тощо. Проєктом передбачено проведення озеленювальних робіт із застосуванням технології пошарової гірничотехнічної та біологічної рекультивации [16].



Рисунок 23 - Відпрацьований гранітний кар'єр Рибальський

Ще одним прикладом проєкту рекультивации виробленого кар'єру по видобутку каоліну у Вінницькій області діляться автори у [36]. Глухівецьке родовище інтенсивно відпрацьовувалось у 70-х - 80-х рр., протягом

наступних декількох десятиріч видобуток каоліну-сирцю значно зменшився і на теперішній час компанія «Quarzwерke» закінчила видобуток корисної копалини каоліну на одній з ділянок родовища. В зв'язку з цим утворився простір для рекультивації (рис. 24).

Було запропоновано декілька варіантів рекультивації відпрацьованої ділянки[36]:

- Поступове затоплення кар'єру, в подальшому його буде необхідно об'єднати кар'єр з річкою.
- Рекреаційний напрям - створення зони відпочинку, пішохідні та велосипедні доріжки, дитячі та спортивні майданчики, торгівельні зони, місця для проведення свят та культурно-масових заходів, у утвореному озері можна розводити рибу та птицю.
- Класична технологія - перед початком розробки кар'єру зняття верхнього ґрунтового та рослинного шару і укладання його в штабель. Після завершення робіт знятий шар ґрунту повертають з місця зберігання та укладають на поверхні виробленого кар'єру, потім висаджують рослини та чагарники.



Рисунок 24 - Глухівецьке родовище каоліну (відпрацьована ділянка)

- Санітарно-гігієнічна рекультивация – заповнення виробленого кар'єру кам'яним сміттям, будівельними відходами та деревиною. При цьому слід забезпечити відповідність утвореного сховища відповідним технічним стандартам.

Проектувальники схиляються до варіанту рекреаційної рекультивации, але на сьогодні цей проєкт так і залишається проєктом (рис.25).



Рисунок 25 - Проєкт парку на місці родовища

Цікавий підхід до рекреаційної рекультивации відпрацьованих родовищ продемонстровано у статті [38]. Автори вбачають її головним завданням відновлення людського капіталу громадян України, що полягає у підтримці здоров'я населення. На їхню думку, створення зон відпочинку на місці відпрацьованих кар'єрів сприятиме ефективному використанні місцевих туристичних ресурсів, стимулюватиме розвиток інфраструктури, створюватиме сприятливі умови для активного відпочинку людей, зміцнення їхнього здоров'я.

ІІІ. ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВИРОБЛЕНИХ ПРОСТОРІВ КАР'ЄРІВ

При дослідженні питання досвіду рекультивації вироблених просторів кар'єрів в Україні спостерігали лише початок формування культури дбайливого ставлення до довкілля, незважаючи на доволі добре прописане законодавство щодо рекультивації порушених земель [3, 19-22]. В даному розділі наведемо приклади практики рекультивації вироблених кар'єрів здебільшого вітчизняних підприємств, оскільки вони працюють зараз у надскладних умовах.

На ресурсі [5] описано досвід рекультивації земель, порушених гірничими роботами, гірничо-металургійної групи компаній МЕТІНВЕСТ. Зазначається, що своєчасне проведення рекультивації є однією з основних вимог екологічного законодавства України, і власник підприємства знає про це, розробляє відповідну проєктну документацію ще до початку робіт.

Прикладом повної засипки кар'єру є повномасштабний проєкт розміщення розкривних порід Глеюватського кар'єру №1 у відпрацьований вже кар'єр №2. Такий підхід дозволяє вирішити дві проблеми (рис.26):

- скорочення площі відчужуваних під відвали земель, тобто підприємство розміщує породу у відпрацьованому кар'єрі, а не створює новий.
- покращується екологічна ситуація в районі розташування кар'єру після завершення етапу біологічної рекультивації поверхні засипаного кар'єру №2.

Роботи з рекультивації проводять на основі проєктів землеустрою, які визначають терміни і етапи проведення робіт. На основі проєктів розробляють кошторисну документацію, яка дає змогу визначитись з необхідними для рекультивації ресурсами.

Проєкти та кошторисна документація розробляються проєктними інститутами і науковими організаціями, що дозволяє залучити профільних

фахівців для якісного планування робіт, забезпечити науковий підхід, а також використання сучасних світових стандартів і досягнень в сфері рекультивації вироблених просторів.



Рисунок 26 - Засипка кар'єру №2 Центрального гірничо-збагачувального комбінату МЕТІНВЕСТ

Роботи з гірничо-технічної рекультивації підприємство проводить як власними силами, так за участю спеціалізованих підрядних організацій. Наприклад для рекультивації кар'єру №2 ПрАТ "ЦГЗК" було залучено 21 співробітник, в роботі задіяно 3 бульдозери Komatsu і Caterpillar, 1 екскаватор ємністю ковша 6 куб. м. (рис.27).

Після повної засипки кар'єру планується провести біологічну рекультивацію з висадкою жита-тритикале та очерету звичайного. З 2017 року ЦГЗК успішно реалізує даний проєкт (рис.28).

Практика засипки кар'єру твердими побутовими відходами описана у статті [6]. Мова йде про Чаплинський гранітних кар'єр, розташований у межах м.Дніпро. Об'єм побутових відходів, який буде використаний для заповнення кар'єру становить 3,53 млн.м.куб.



Рисунок 27 - Проведення робіт з рекультивациі кар'єру №2 Центрального гірничо-збагачувального комбінату МЕТІНВЕСТ



Рисунок 28 - Висадка зелених культур на місці засипаного кар'єру

Рекультивация кар'єру дозволить повернути з використання близько 10,3 га землі, яка має високу цінність, оскільки розташована в межах обласного центру. При цьому територія полігону твердих побутових відходів зменшиться на 11,8 га. Тобто державі буде повернуто 22,1 га землі (рис.29).



Рисунок 29 - Чаплинський гранітний кар'єр

Не менш успішним проектом з рекультивациі може похвалитись і інше підприємство МЕТІНВЕСТу – Ігулецький гірничо-збагачувальний комбінат. На місці колишніх гірничих виробок створено ландшафтний заказник місцевого значення «Візирка». Такий спосіб рекультивациі або ж природного відновлення об'єктів є доволі популярним у країнах Європейського Союзу, та має назву “ренатуралізація” [5].

У порівнянні з технологією засипки кар'єрів, тобто стандартної схеми рекультивациі, відмінність даної технології полягає в тому, що вироблений простір кар'єру не засипають, а дозволяють йому заповнитися природними ґрунтовими водами. На наступному етапі розпочинають етап біологічної

рекультивації - поступового відновлення рослинності, перевага надається суто місцевим видам. Практика такої технології показує, що відновлення фауни на таких територіях за невеликих додаткових зусиль відбувається набагато ефективніше.

Кар'єри нині діючого заказника були розкриті в 1970-х роках, проте через втрату під час Другої Світової війни карт шахти "Візирка", розпочатий видобуток довелося згорнути: у 1978 році екскаватор провалився в стару підземну виробку.

За декілька десятиліть відвали заказника заросли деревами, чагарниками, травами, які представлені деревієм звичайним, молочаєм степовим, кострицею валлійською, чистцем прямим, шавлією сухостеповою, полином австрійським, березкою польовою, кульбабою, диким цикорієм. Також тут зростають червонокнижні рослини, наприклад ковила.

Фауна заказника "Візирки" (рис.30) представлена рідкісними видами птахів, які знаходяться під охороною Бернської Конвенції, наприклад яструб великий, лазурівка, вухата сова, дятел великий, щиглик, синиця.



Рисунок 30 - Заказник місцевого значення «Візирка» на місці затопленого кар'єру

Для заказника типові горобці, сірі куріпки, фазани, ворони, сороки, сойки, чорні дрозди та ін. Тварини представлені дикими кабанами, лисицями, ласками, зайцями-русаками, косулями, хом'яками, мишами польовими, їжаками, землерийками, ховрахами.

У 2008 році керівництво підприємства “Інгулецький ГЗК” отримало Державну премію в галузі науки і техніки за створення ландшафтного заказника місцевого значення “Візирка”.

Одна провідних гірничовидобувних компаній України ПрАТ “Веско” також має значний досвід у рекультивації порушених гірничими роботами земель [12]. Підприємство компанії виділяє три основні причини, чому рекультивація важлива:

1. Після проведення рекультиваційних робіт відбувається поповнення земельного фонду землями, які раніше вибули із сільськогосподарського обігу. Це дозволяє покращити умови життя людей у гірничопромислових районах, мінімізувати вплив виробництва на екологію.
2. Виконання вимог екологічного законодавства України, оскільки рекультивація після завершення гірничих робіт закріплена законодавством, зазначається у спецдозволах на користування надрами, а також у проєктах розробки кар'єру.
3. Проведення рекультивації економічно доцільне. Поступово повертаються орендовані земельні площі до власності землекористувачам, зменшується обсяг орендованих підприємством земель, знижуються витрати на їх оренду та утримання.

ПрАТ “Веско” вважає недоцільним здійснювати затоплення кар'єрів підземними ґрунтовими водами, а втім використовує інші напрямки рекультивації: лісогосподарську та сільськогосподарську. В період з 2016 по 2021 роки компанія здійснила сільськогосподарську рекультивацію на площах у 223 га, лісогосподарську - на 268 га. Для використання в сільському господарстві було повернуто 184 га, з них ріллі – 145 га, пасовищ –

39 га. Рекультивація виконується послідовно у три етапи: підготовчий, технічний і біологічний, відповідно до вимог ДСТУ 17.5.1.01.

На етапі гірничотехнічної рекультивації вироблений простір кар'єру засипають розкритими породами і відновлюють природний ландшафт, готуючи землю до наступного етапу – біологічної рекультивації. Якщо ділянка буде застосована в сільському господарстві, то на порушених землях відновлюють польовий ландшафт. Під час лісогосподарської рекультивації висаджують хвойні та листяні дерева. Витрати на рекультивацію в 2020 році становили понад 60 млн гривень, що складало близько 8 % від виробничих витрат.

В статті [11] приведена методика технології гірничотехнічної рекультивації в умовах Нікопольського марганцеворудного басейну. В принципі технологія класична та передбачає виконання наступних етапів: підготовку площі гірничого відводу кар'єру для зберігання чорнозему; виймання чорнозему; транспортування та розміщення чорнозему у тимчасових складах (буртах) або укладання на рекультивовану поверхню відвалу; рекультивація поверхні внутрішнього відвалу за участю потенційнородючих порід (суглинків).

Докладніше етапи технології зображені на рисунках 31-33.

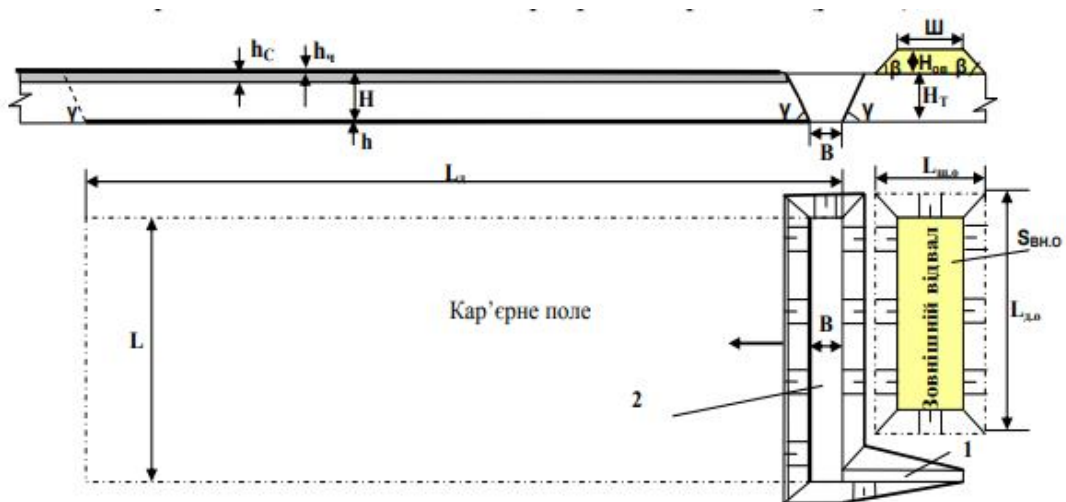


Рисунок 31 - Етап будівництва кар'єру: 1 – капітальна траншея; 2 – розрізна траншея

На етапі будівництва кар'єру за наведеною методикою визначають ширину зовнішнього відвалу, об'єм чорнозему під зовнішній відвал, площу земель під розрізну та капітальну траншеї, об'єм чорнозему, знятого з верхньої площі розрізної та капітальної траншеї.

На етапі відпрацювання родовища визначається розмір площі земель під внутрішній відвал, об'єм чорнозему, що знімається з площі кар'єрного поля, річне посування фронту гірничих робіт, щорічний об'єм чорнозему, що виймається в процесі розробки, тривалість розробки родовища, а також річна площа внутрішнього відвалу, що рекультивується.

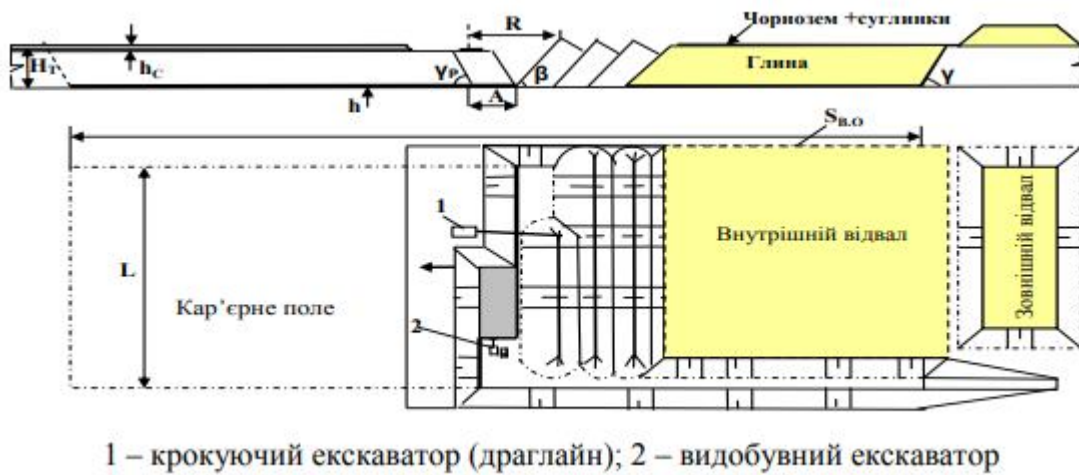


Рисунок 32 - Етап відпрацювання кар'єру

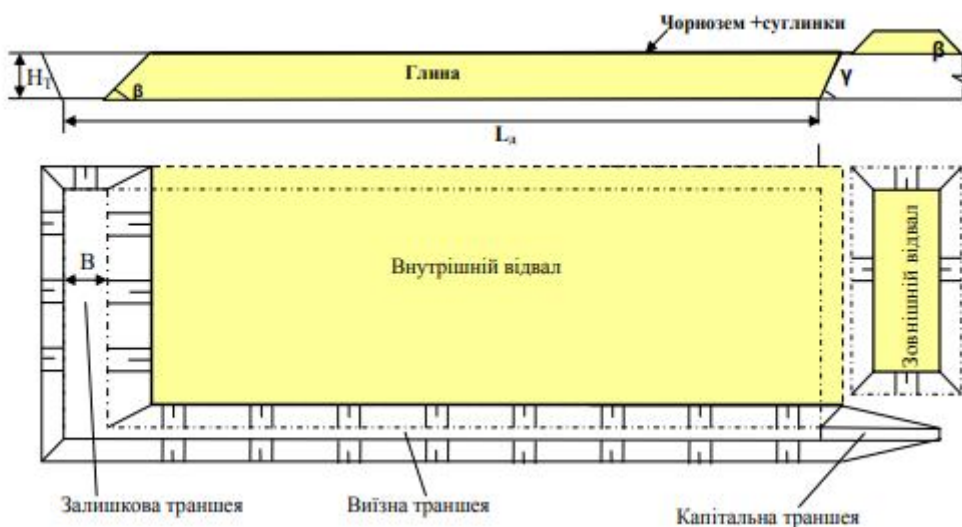


Рисунок 33 - Етап завершення розробки родовища

На етапі завершення відпрацювання родовища визначаються площі під виїзну та залишкові траншеї. Таким чином, рекультивація кар'єру відбувається паралельно з відпрацюванням родовища.

В статті [2] автори діляться досвідом рекультивації та ревіталізації відпрацьованих родовищ сірчаних руд - Язівського та Немирівського, результатом якої є утворення штучного Яворівського озера (рис.34).



Рисунок 34 - Яворівське озеро на місці затопленого сірчаного кар'єру

Ці родовища колись належали до найпотужніших у світі. Але після розпаду СРСР і переходу до ринкової економіки видобуток став нерентабельним. В 1997 році було прийнято рішення про закриття найбільшого в світі сірчаного кар'єру. В результаті ведення гірничих робіт утворилися значні площі непридатних для сільського господарства земель через їх забруднення продуктами переробки сірки.

На основі досвіду рекультивації таких кар'єрів в Польщі кар'єр був затоплений підземними, поверхневими і річковими водами. Максимальна глибина озера - 75 м, в інших місцях від 10 до 60 м, об'єм озера - 198 млн. м³, площа дзеркала води становить 694,2 га, площа озера близько 10 км², довжина берегової лінії – до 12 км.

Наразі Яворівське озеро використовується для відпочинку, риболовлі, спорту, а також є джерелом питної води для навколишніх населених пунктів.

Ще одним прикладом успішної рекультивації відпрацьованого кар'єру марганцевих руд є Олександрівський кар'єр ОГОКу [16]. Було створено зону відпочинку довжиною 1,1 км з водоймою площею - 8,2 га, глибиною до 3,5 м. Рекультиваційні роботи включали наступні етапи: дно кар'єру засипали шаром піску заввишки 4 м. Укоси засипали крупнозернистим піском для формування пляжів. Відвали розкривних порід розрівняли і накрили чорноземом, засіяли травами, здійснили комплекс протиерозійних, дренажних і водовідвідних робіт. Поступово чаша кар'єру заповнювалась прісною водою річки Базавлук. За озером створено лісопаркову зону, встановлено спортивні та дитячі майданчики, кафе, вольєри для тварин та птахів.

У роботі [39] проаналізовано позитивний досвід Німеччини щодо створення під час рекультивації вироблених буровугільних кар'єрів штучних водойм. Автора статті на основі ґрунтового аналізу досвіду водогосподарської рекультивації Німеччини робить висновок, що цей напрям рекультивації відпрацьованих буровугільних кар'єрів в країні є ефективним і дає змогу повернути гірничі відводи відпрацьованих кар'єрів у національногосподарське користування у стислі терміни. При цьому створюється низка задач по регулярній підтримці таких штучно створених водойм.

Через закриття великої кількості кар'єрів з видобутку вугілля у 1990-х р. та поступового припинення відкачування ґрунтових вод, на території площею близько 1100 км² виникли сприятливі умови для створення великих кар'єрних озер. Було надійно укріплені борти кар'єрів, після чого їх було затоплено.

У районі Лейпцига утворились штучні водойми з придатною для купання водою, яка надходила із діючих буровугільних кар'єрів через трубопровідну систему довжиною 74 км протягом 1998–2018 рр. (рис. 35).



Рисунок 35 - Штучні озера поблизу міста Лейпціга (Німеччина).

ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ

Аналіз науково-практичних джерел з теми рекультивації вироблених кар'єрів яскраво дає зрозуміти, що проблема відновлення техногенних ландшафтів, утворених під час видобутку корисних копалин відкритим способом, є дуже гострою.

Після виконання магістерського дослідження можна зробити наступні висновки:

1. В осяжному майбутньому проблема рекультивації вироблених просторів кар'єрів буде тільки поглиблюватись. Це пов'язано із зростаючим населенням світу та збільшенням його потреб у мінеральних ресурсах, які переважно видобуваються відкритим способом.
2. Ефективна технологія рекультивація є досить витратною спеціальною процедурою, і більшість власників та інвесторів гірничих підприємств в нашій країні намагаються її ігнорувати, спотворювати або ж проводити фіктивно. Внаслідок так званої «лжекультивації» поступово кар'єри перетворюються на стихійні звалища. В країнах світу ситуація різна та залежить від суворості екологічного законодавства та його дотримання.
3. Останніми роками (до повномасштабної війни) спостерігався високий інтерес до окремих технологій рекультивації, зокрема рекреаційної. Це пов'язано з тим, що деякі проекти з рекультивації вироблених просторів кар'єрів є рентабельними.
4. Останніми роками в Україні та світі спостерігається посилення норм екологічного законодавства та зростання вимог до власників гірничо-видобувних підприємств щодо питання рекультивації вироблених просторів кар'єрів. В даному випадку залишається актуальним дотримання законодавчих норм.

5. Сучасні технології рекультивації вироблених просторів кар'єрів є доволі різноманітні, практикою підтверджено ефективну реалізацію різних напрямків рекультивації.
6. Аналіз науково-практичних джерел щодо проєктів з рекультивації в Україні, на жаль, дозволяє констатувати, що проєктів багато, а їх реалізації – мало.
7. Науково-практичні джерела, в тому числі іноземною мовою, дозволяють ознайомитись з позитивним досвідом рекультивації вироблених просторів за кордоном.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОЖЛИВИХ НАПРЯМКІВ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі вивчення науково-практичних джерел та аналізу стану питання рекультивації вироблених кар'єрів можна рекомендувати наступні напрямки подальших досліджень:

1. Вивчення практичного досвіду різних країн у питаннях відновлення відпрацьованих та занедбаних кар'єрів.
2. Розробка технологій, які дозволять при засипці кар'єрів цілеспрямовано створювати техногенні родовища, які можуть бути за потреби використані в майбутньому.
3. Виходячи зі стану рекультивації кар'єрів в Україні необхідна наукова розробка та практична реалізація загальнодержавної програми по відновленню вироблених просторів занедбаних кар'єрів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Integrated Mine Closure, Good Practice Guide, 2nd Edition, 2018, 138 p
2. Савчук Л.В. Ревіталізація території відпрацьованих Язівського та Немирівського родовищ сірчаних руд / Л.В.Савчук, С.В.Доскіч // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, Том 31 (70) № 4, 2020 – С. 273-278.
3. ДСТУ 7705:2015 Захист довкілля. Рекультивація земель. Терміни та визначення понять.
4. Куленко О. В. Основні проблеми експлуатації та зміни функціонального призначення рекультивованих кар'єрів / О. В. Куленко, Б. О. Хаєцький, О. І. Хороша // Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 10-12 березня 2021 р
5. <https://nadra.info/2021/04/restoration-of-disturbed-lands-how-metinvest-does-it/>
6. Ложніков О.В. Розробка технології гірничотехнічної рекультивації обводнених залишкових вироблених просторів кар'єрів / О.В.Ложніков, Ю.В.Романченко // Геотехнічна механіка. 2014. - №117. – С.34-42
7. Чабаненко М.М. Юридична категорія «рекультивація земель»: сучасні науково-правові підходи до законодавства / М.М.Чабаненко, П.В.Волох, В.Р.Левченко // Юридичний науковий електронний журнал, 2020.- №4. – С.110-114.
8. Панас Р.М. Рекультивація земель: навч. посіб. / Р.М. Панас. – Львів: Новий Світ–2000, 2007. – 224 с.
9. https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/ds/nas_rik/nas_u/nas_rik_u.html
10. Харченко К.С. Принципи ревіталізації відпрацьованих кар'єрів на прикладі м. Кривий Ріг / К.С.Харченко, В.І.Чорна, Н.В.Ворошилова,

- М.Д.Белкіна // Український журнал будівництва та архітектури, № 2 (002), 2021 – С.106-114.
11. Корсунський Г.Я. Дослідження технології гірничотехнічної рекультивації в процесі відкритої розробки пологих родовищ / Г.Я.Корсунський, А.В.Павличенко, О.О.Конопльова // Геотехнічна механіка, 2018. - № 139. - С.195-204.
12. <https://nadra.info/2021/04/restoration-of-disturbed-lands-how-vesco-does-it/>
13. Тальгамер Б.Л. Обоснование технологии формирования и рекультивации бортов неглубоких карьеров / Б.Л. Тальгамер, М.Е.Семёнов // Науки о Земле и недропользование, 2015. – С.74-77.
14. СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Ч. 1. – К. : Міністерство промислової політики України, 2007. – 288 с.
15. Четверик, М.С. Повышение качества нарушенных горными работами земель при проведении горнотехнической и биологической рекультивации / М.С. Четверик, Н.М. Стеценко, Е.А. Ворон// Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ. – 2008. – №92. – С. 28 – 32.
16. Ворон Е.А. Рекреационное направление рекультивации карьеров, расположенных в промышленных зонах / Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов». Выпуск 103, 2012.- С.74-82.
17. Кудинова Г.Э. Инновационные методы защиты окружающей среды путем рекультивации отработанных карьеров твердыми бытовыми отходами / Известия СамНЦ, 2014, Т.16, №1. – С.306-312.
18. Облицов Д.С., Опрышко А.Ю. Современные подходы к горнотехнической рекультивации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. – №10. - С.191-194.

19. Кодекс України «Про надра» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр#Text>)
20. Гірничий Закон України (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14#Text>)
21. Закон України про охорону навколишнього природного середовища (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>)
22. Закон України про охорону земель (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>)
23. Хороша О. І. Аналіз основних факторів впливу та вимог при формуванні рекреаційних просторів на рекультивованих територіях / О.І.Хороша, А.С.Субін-Кожевнікова, О.В. Куленко// Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 2021. - № 2. - С. 73–80.
24. Веремеєнко С. І. Екологічний стан земель порушених територій Житомирської області / С.І. Веремеєнко, Л.Д. Саврасих // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету, 2016. - № 2(1). - С. 25–31.
25. Екологія гірничого виробництва: Навчальний посібник / М.Т. Бакка, І.Л. Гуменик, В.С. Редчиць - Житомир: ЖДТУ, 2004. - 307 с.
26. Давидова І.В. Перспективи рекреаційної рекультивації земель, порушених внаслідок видобутку ільменіту / І.В. Давидова, О.М.Шомко // Екологічні науки, 2024 - № 1(52), Том 1. - С.114-119.
27. Дриженко А. Ю. Восстановление земель при горных разработках / А. Ю. Дриженко. –М.: Недра, 1985. – 240 с.
28. Ащеулова О. В. Рекультивация земель при відкритій розробці родовищ з використанням чорноземів тривалого зберігання / О. В. Ащеулова, О. В. Зберовський // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 2. – С. 92–95.
29. Славиковский, О.В. Горнотехническая рекультивация недр – направление обеспечения техногенной безопасности горнодобывающих

- регионов / О.В. Славиковский, Ю.О. Славиковская // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – № 6. – С. 34-39.
30. Исследование формирования техногенных и нарушенных горными работами геологических сред и обоснование направлений создания их определенных свойств при рекультивации: отчет о НИР (заключ.): Ш-51-09 / ИГТМ НАН Украины; рук. Четверик М.С.; исполн.: Бубнова Е.А. и др. – Днепропетровск, 2012. – 143 с.
31. Малеев Е.В. Направления развития горных работ по восстановлению ландшафта нарушенных территорий при открытой разработке горизонтальных месторождений / Е.В. Малеев // Metallургическая и горнорудная промышленность, 2017. - № 7. – С.63-70.
32. Технологии формирования горнопромышленных ландшафтов в отработанных щебеночных карьерах с учетом экологических целей / И.В. Зеньков и др. // Экология и промышленность, 2014. - № 1. - С. 42–46.
33. Пат. № 37621 UA, МПК E21C41/26 (2006.01), E21C41/32 (2006.01). Спосіб заповнення виробленого простору кар'єру / В.І. Горбатов, А.І. Богданець, В.І. Симоненко, А.Ю. Дриженко, В.А. Айзенберг, В.Г. Тельнов; заявник і патентовласник Національний гірничий університет. – 200003128; заявл. 03.03.2000; опубл. 15.05.2001, Бюл. №4. – 3 с.: іл. 3.
34. Пат. № 70030 UA, МПК B09B1/00, B09B3/00, E21F15/08 (2006.01). Спосіб рекультивації відпрацьованого кар'єру / О.В. Гвоздевич, М.І. Павлюк, Ю.В. Стефаник, Г.В. Шведенко; заявник і патентовласник Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України. – u 20031212170, заявл. 23.12.2003; опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3. – 3 с.: іл.
35. Головчак В.Ф. Стан гірничопромислових комплексів Калуш-Голинського родовища калійних солей та заходи для їх екологічної оптимізації / В.Ф. Головчак // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, – 2010, №2. – С.4-13.
36. Хаєцький Б. О. Тенденції відновлення та використання території рекультивованих кар'єрів / Б. О. Хаєцький, О. В. Куленко, О. І. Хороша //

Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 10-12 березня 2021 р.

37. Пат. № 122944 UA, МПК (2017.01). Спосіб рекультивації відпрацьованих кар'єрів / І.С.Борщак, В.В.Градовий, І.В.Хом'як; заявник і патентовласник І.С.Борщак. – и 201710235, заявл. 23.10.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
38. Коротун О.П. Рекультивація порушених земель як спосіб підвищення рекреаційного потенціалу Рівненської області / О.П.Коротун // Екологічні проблеми. Інтелект ХХІ, 2019. - №4. – С.117-122.
39. Башуцька У. Б. Водогосподарська рекультивація порушених добуванням бурого вугілля земель Німеччини. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 3. С. 66–70.
40. Федонюк В.В. Порівняльний економічний аналіз проведення рекультивації різних видів на порушених землях / В.В.Федонюк, В.О.Волянський, М.А.Федлюк // Актуальні проблеми економіки №9(183), 2016. – С.203-212.
41. Прокопенко В.І., Фененко В.І., Кириченко О.О. Технологія і економіка гірничого землекористування. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – 270 с.