

© О.О. Шустов¹, А.А. Адамчук¹, П.Є. Кравченко¹,
В.В. Симоненко¹, А.О. Шустова¹

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО РЕКУЛЬТИВАЦІЇ МОРОЗІВСЬКОГО БУРОВУГІЛЬНОГО РОЗРІЗУ

© O. Shustov¹, A. Adamchuk¹, P. Kravchenko¹,
V. Symonenko¹, A. Shustova¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR RECLAMATION OF MOROZIVSKYI LIGNITE OPEN PIT MINE

Мета. Обґрунтування параметрів гірничотехнічної рекультивації бортів розрізної та виїзної траншей затопленого Морозівського буровугільного розрізу.

Методика. При вирішенні задач дослідження використані методи аналітичного аналізу, графоаналітичний, інженерних розрахунків, статистичної обробки і порівняльного аналізу даних, які застосовувались для удосконалення технологічних схем гірничотехнічної рекультивації бортів гірничих виробок затопленого Морозівського буровугільного розрізу.

Результати. Визначені основні етапи відновлення земель, які полягають у наступному: вирівнювання укосів розрізної та виїзної траншеї під кутами, що забезпечують їх тривалу стійкість; терасування вирівняних укосів; планування поверхні відвалів; нанесення родючого шару ґрунту зі складу на поверхню терас та проммайданчика. Вперше обґрунтовані параметри гірничотехнічної рекультивації, а саме об'єми виймання та заповнення виробок при виположуванні укосів бортів бульдозерами при роботі "зверху-вниз", ширина транспортної берми, кути укосів уступів, що складають 18–22 градуси та відстань переміщення порід бульдозером.

Наукова новизна. Встановлена залежність об'єму виймання в блоці від середньої площі його перетину. На основі цієї залежності зроблено висновок, що об'єми виймання та площі перетину, в свою чергу, залежать від ширини транспортних бERM, що впливає на відстань перевезення. При цьому ширина транспортного майданчика при роботі автосамоскидів складає не менше 12 м.

Практична значимість. Удосконалена технологічна схема гірничотехнічної рекультивації та наведена послідовність виконання робіт по визначеним бортам буровугільного розрізу, що знаходиться на стадії ліквідації. Наведені технологічні рішення можуть бути використані при реалізації проєктів з ліквідації гірничих підприємств з видобутку бурого вугілля. Розроблені рекомендації щодо послідовності рекультивації будуть корисні у разі відновлення видобутку буровугільної гірничої маси з мінімальним впливом на оточуюче навколишнє середовище.

Ключові слова: буровугільний розріз, гірничотехнічна рекультивація, затоплені гірничі виробки, об'єми порід розкриття, технологічна схема, автосамоскид, бульдозер.

Вступ. Буровугільна промисловість створена в післявоєнний час на базі обладнання спеціальних поставок з Німеччини. Її основним завданням було забезпечення побутовим паливом – брикетами бурого вугілля в сільській місцевості півдня і центральної України. За значний проміжок часу щорічний видобуток

бурого вугілля досягав 12–14 млн тон, а виробництво брикетів становило понад 4 млн тон [1].

Однак в останні роки видобуток бурого вугілля і виробництво брикетів, в зв'язку з погіршенням гірничо-геологічної кон'юнктури в шахтах і кар'єрах, моральним і фізичним старінням обладнання і по ряду інших суб'єктивних і об'єктивних причин скоротилося, а потім і зовсім припинилося. Скасування субсидій на придбання бурого вугілля населенням, зниження платоспроможності сільського населення та газифікація сіл призвели до руйнування ринків збуту бурого вугілля.

Основні підприємства з видобутку та переробки бурого вугілля входили до складу ДХК «Олександріявугілля». Згодом вони були передані в оренду на п'ять років двом партнерським компаніям: ЗАТ «Енерговугілля» та ІВОК «Експлерент». Оренда та кілька років експлуатації не мали позитивного впливу на роботу підприємств з видобутку бурого вугілля [2–3].

В даний час буровугільний комплекс переживає період глибокого занепаду. Буре вугілля не видобувається і не переробляється. Всі буровугільні шахти або більшість бурого вугілля в Олександрійському, Ватутинському, Коростишівському та Новомиргородському районах ліквідовані або наближаються до ліквідації [4–5].

Постановка проблеми дослідження. На місці колишніх великих гірничих підприємств в Олександрійському районі на Кіровоградщині залишилися затоплені виробки Морозівського і Костянтинівського буровугільних розрізів [1–2]. Отже необхідно вирішити актуальну науково-практичну задачу, що полягає в удосконаленні технологічних рішень та розробці схем гірничотехнічної рекультивациі робочого борту та виїзної траншеї Морозівського буровугільного розрізу в умовах обводнення гірничих виробок.

Формулювання мети, задач та методи дослідження. Мета роботи полягає в обґрунтуванні параметрів гірничотехнічної рекультивациі бортів розрізної та виїзної траншеї затопленого Морозівського буровугільного розрізу. Для досягнення поставленої мети були поставлені та вирішені наступні задачі дослідження:

1) Виконати аналіз попередніх напрацювань щодо технологій гірничотехнічної рекультивациі гірничих виробок, що залишилися після відпрацювання кар'єру або ліквідації гірничо-видобувного підприємства.

2) Дослідити напрямки використання земельних ресурсів буровугільних розрізів та розглянути варіанти рекультивациі порушених територій.

3) Удосконалити технологічну схему гірничотехнічної рекультивациі бортів затопленого буровугільного розрізу.

При вирішенні наведених задач використані методи аналітичного аналізу, графоаналітичний, інженерних розрахунків, статистичної обробки і порівняльного аналізу даних.

Основна частина. Ділянка відкритих гірничих робіт розташована в Олександрійському районі Кіровоградської області (рис. 1). Найближчий великий населений пункт – районний адміністративний центр Олександрії, розташований в

20 км на схід. У безпосередній близькості від кар'єру, на відстані 5 і 12 км, відповідно, знаходяться станції Пантаївка і Користівка. Уздовж південної межі ділянки проходить залізниця Київ-Дніпро і траса Київ-Донецьк [1].



Рис. 1. Ситуаційна карта Морозівського розрізу

Поверхня частини поля ділянки, що залишилася, майже рівна, має незначне підвищення до південної межі. Його відмітки висот знаходяться в межах 180...175 м. Головною водною артерією району є річка Інгулець, яка протікає за 1,5 км на північ від межі розрізу.

Східна ділянка Морозівського родовища, центральна частина якого видобувалася колишнім Морозівським розрізом, розташована в Олександрійському буровугільному районі і приурочена до западини в кристалічному фундаменті. Буре вугілля приурочене до бучацьких відкладень палеогену, що залягає на корі вивітрювання кристалічних порід, представлених первинними каолінами. В основі пласта знаходяться різнозернисті, середньозернисті і дрібнозернисті кварцові піски.

Підземні води в районі Морозівського родовища знаходяться в четвертинних відкладеннях, в осадовому шарі порід неогеново-палеогенового віку, а також у верхній тріщинуватій зоні кристалічних порід фундаменту. За умовами залягання розрізняли водоносні горизонти ґрунтових, пластово-порових і тріщинних вод, для яких характерний як напірний, так і безнапірний режими фільтрації.

Ділянка відкритих робіт розташована у малонаселеному сільськогосподарському районі. Вона не межує з діючими шахтами та розрізами. Шахта «Морозівська», яка розташовувалась біля східної межі ділянки, в торці залишкової

розрізної траншеї давно ліквідована, а її проммайданчик і виходи гірничих виробок засипані відвалами порід розкриву ділянки.

На межі санітарно-захисної зони від східного торця розрізної траншеї розташоване селище Комінтерн, населення якого знаходиться поза зоною впливу відкритих робіт. Тому роботи з ліквідації ділянки не вимагають проведення будь-яких заходів щодо забезпечення безпеки інших підприємств та населення та можуть починатися одразу після погодження проекту ліквідації, його затвердження та виділення фінансування.

Відповідно до діючої нормативної документації головними завданнями технічного етапу рекультивації є виконання робіт із планування горизонтальних площадок і формування рекультиваційного шару ґрунту, достатнього для проведення наступного етапу з біологічної рекультивації поверхні. Планування поверхні повинно забезпечувати організований збір і відведення поверхневого стоку, перешкоджати розвитку ерозійних процесів, запобігати утворенню замкнутих знижень, схильних до заболочування. У якості протиерозійних заходів передбачається засівання трав, посадка чагарників і дерев, облаштування, за необхідності, водовідвідних каналів.

У більшості випадків передбачається екскаваторне відвалоутворення, при якому планування й організація рельєфу є складовою частиною основного технологічного процесу. Технологія формування горизонтальних площадок включає вирівнювання укосів розрізної та виїзної траншеї під кутами, що забезпечують їх тривалу стійкість [2].

При виборі напряму рекультивації порушених земель було враховано технічні умови головного управління Держкомзему у Кіровоградській області, а також такі фактори [1–3]:

- характер техногенного рельєфу порушених площ;
- наявність затоплених частин залишкових розрізної та виїзної траншеї;
- наявність порід малопридатних для біологічної рекультивації;
- наявність складів родючого шару ґрунту.

З метою зменшення об'ємів переміщення гірських порід для виконання робіт з гірничотехнічної рекультивації та відповідно зменшення вартості їх виконання було запропоновано удосконалити технологічні рішення, які полягають у наступному [6–7].

Технологія ведення гірничотехнічної рекультивації передбачає формування уступів з відповідними кутами укосів, виположення їх бульдозерами при роботі "зверху-вниз" під кутом 18–22° для організації лісонасаджень, наявність транспортного майданчика шириною не менше 12 м на гор. +135 м.

Після цього на сплановані майданчики та виположені укоси наноситься ґрунтово-родючий шар порід.

Об'єктами гірничотехнічної рекультивації є: залишкова розрізна та виїзна траншеї (західний борт виїзної траншеї, перетини 1–1 ... 16–16; робочий борт, перетини 17–17 ... 39–39; східний торець (40–40 ... 51–51).

Обсяги бульдозерних робіт залежать від ділянки земель, що рекультивуються, надалі укоси терасуватимуться і передаватимуться під лісонасадження

Виходячи з наявності наданих розрізів, виконані наступні етапи гірничотехнічної рекультивації за пропонованим варіантом з використанням бульдозерів на базі трактора Т-170. При виконанні оптимального вибору рекультивації прийнято наскрізну нумерацію перерізів.

З метою збереження прилеглих земель прийнято рішення гірничі роботи з рекультивації верхнього уступу не проводити. Виположування уступу, розташованого біля водного полотна, не здійснюється у зв'язку з ризиком його обвалення під час виконання бульдозерних робіт (рис. 2, 3).

Західний борт виїзної траншеї.

Перетин 1–1. Транспортний майданчик шириною 12 м розташований на гор. +150 м. Уступ нижче викладений під кутом 19° . Ширина берми безпеки уступу біля води 12 м-коду.

Блок «Торець ... 1–1» Порода з вищележачих уступів за допомогою бульдозера переміщається на відстань 44 м об'ємом 4,3 тис³. Обсяг переміщення порід автотранспортом на блок становить 9,8 тис. м³

Перетин 2–2. Транспортний майданчик шириною 12 м розташований на гор. +141 м. Уступ нижче викладений під кутом 22° . Ширина берми безпеки уступу біля води 37 м.

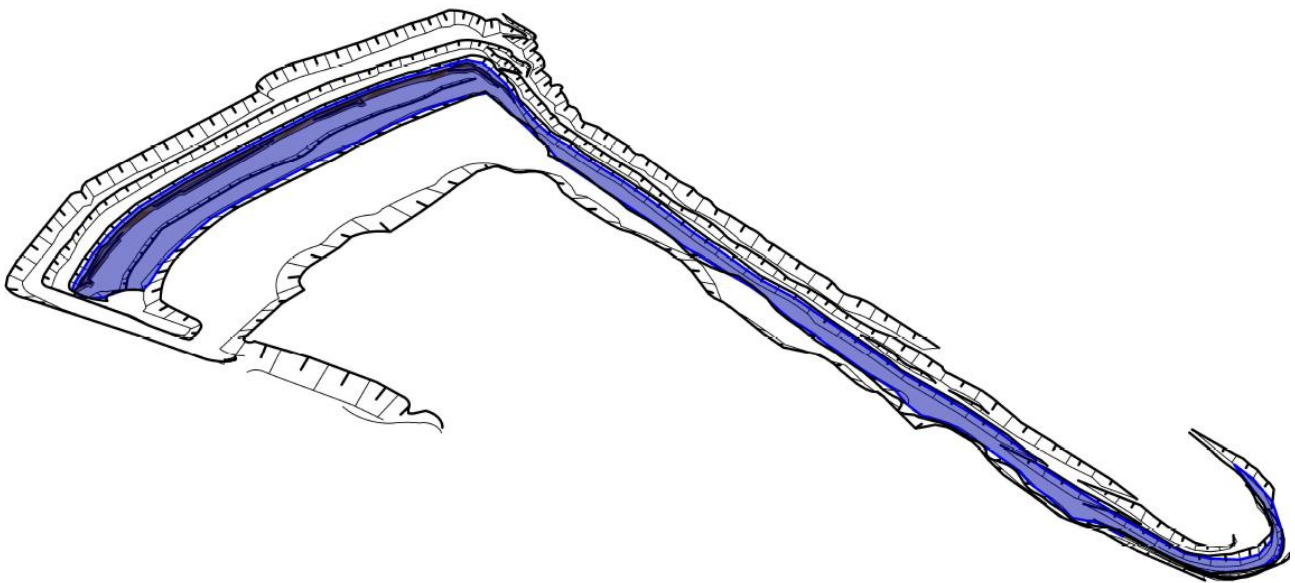


Рис. 2. План гірничих виробок Морозівського розрізу (розрізна і виїзна траншеї затоплені водою)

Блок «1–1 ... 2–2» Порода із вищележачих уступів за допомогою бульдозера переміщається на відстань 40 м об'ємом 8,3 тис. м³. Обсяг переміщення порід автотранспортом на блок становить 13,3 тис. м³.

Робочий борт

Перетин 17–17. Перший транспортний майданчик шириною 12 м розташований на гор. +135 м. Уступ нижче викладений під кутом 18° . Уступ вище – 18° . Ширина берми безпеки уступу біля води 36 м. Другий транспортний майданчик шириною 20 м розташований на гор. +145 м.

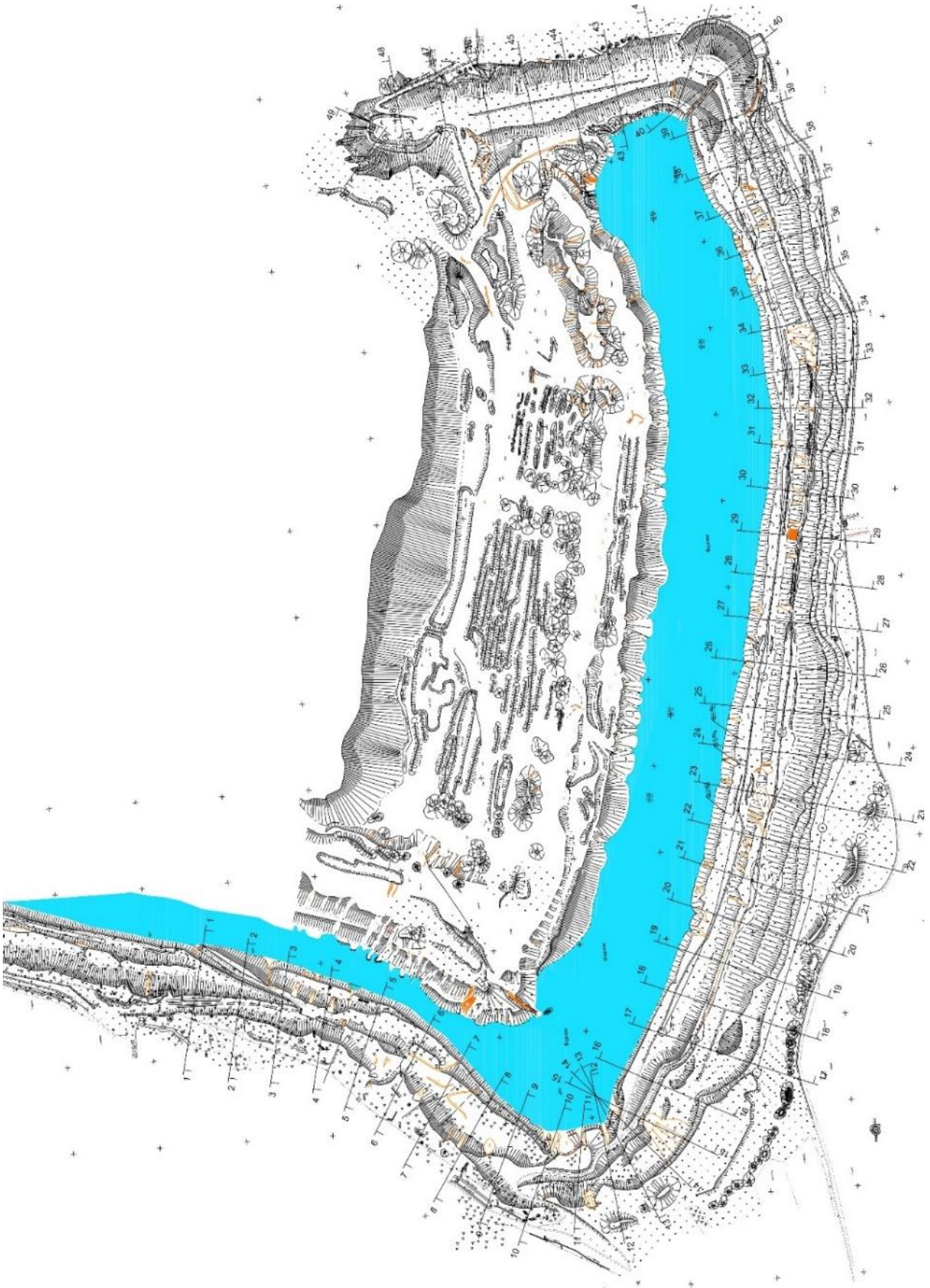


Рис. 3. Ситуаційний план гірничих виробок до проведення гірничотехнічної рекультивації

Блок "16–16 ... 17–17" Порода з вищележачих уступів за допомогою бульдозера переміщається на відстань 47,5 м об'ємом 16,6 тис. м³. Обсяг переміщення порід автотранспортом на блок становить 1,2 тис. м³.

Перетин 18–18. Транспортний майданчик шириною 15 м розташований на гор. +136 м. Уступ нижче викладений під кутом 18°. Уступ вище – 16°. Ширина берми безпеки уступу біля води 42 м.

Далі послідовність виконання робіт для перетинів 19–19...39–39 повторюється. Змінюються при цьому ширина транспортних майданчиків, бERM безпеки та об'єми переміщення бульдозером і автотранспортом.

Етапи проведення гірничотехнічної рекультивації відповідно західного борту виїзної траншеї, робочого борту та східного торця показані на рис. 4–6.

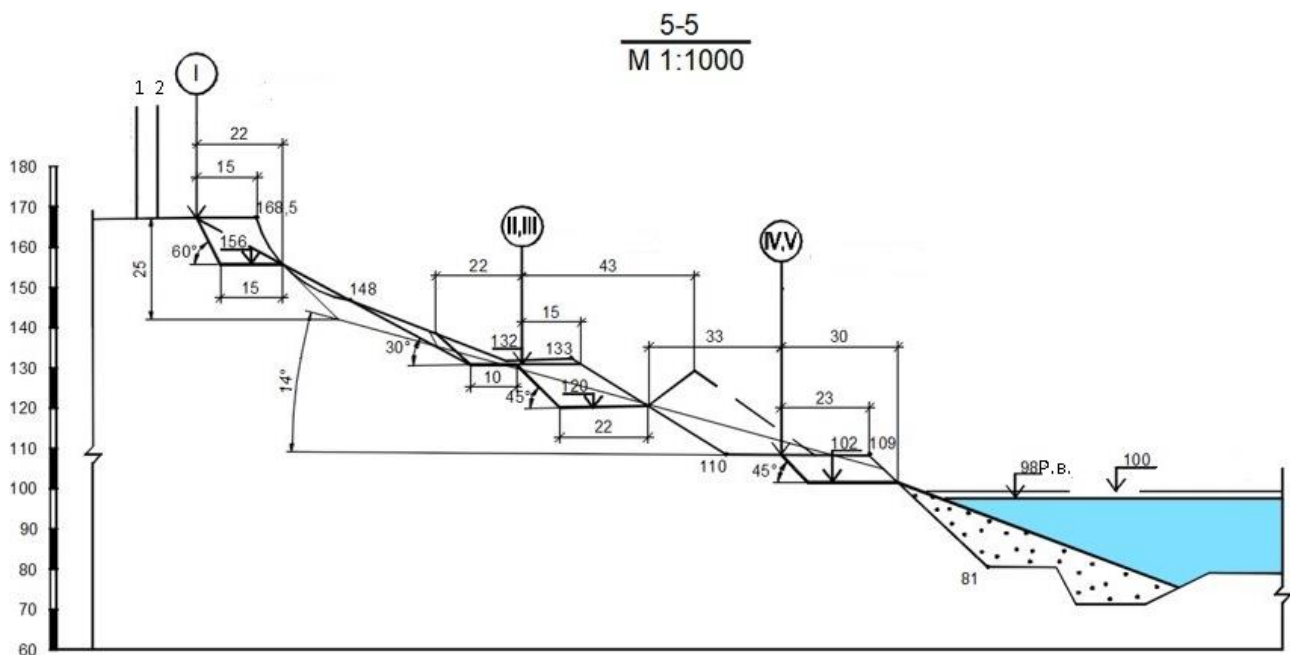


Рис. 4. Схема гірничотехнічної рекультивації західного борту виїзної траншеї:
1 – вісь дороги, 2 – вісь каналу, I, II, III – ЕШ 6/45, IV, V – ЕШ 11/70

Східний торець.

Перетин 40–40. Перший транспортний майданчик шириною 27 м розташований на гор. +159 м. Уступ нижче викладений під кутом 19°. Другий транспортний майданчик шириною 28 м розташований на гор. +132,5 м. Уступ нижче викладений під кутом 18°. Третій транспортний майданчик шириною 28 м розташований на гор. +127,5 м. Уступ нижче викладений під кутом 14°. Ширина берми безпеки уступу біля води 16 м.

Блок "39–39...40–40" Порода з вищележачих уступів за допомогою бульдозера переміщається на відстань 19,5 м об'ємом 6 тис. м³. Обсяг переміщення порід автотранспортом на блок становить 0,19 тис. м³.

Перетин 41–41. Транспортний майданчик шириною 51 м розташований на гор. +133 м. Уступ нижче викладений під кутом 22°. Уступ вище – 18°. Ширина берми безпеки уступу біля води 15 м.

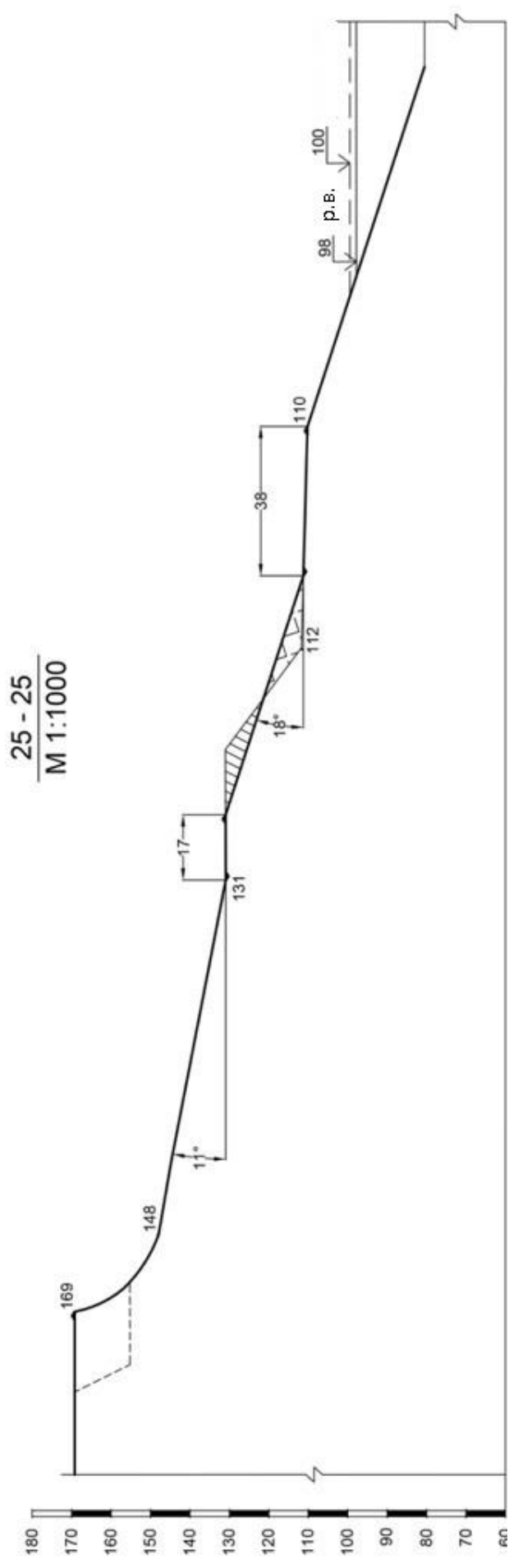


Рис. 5. Схема гірничотехнічної рекультивації робочого борту

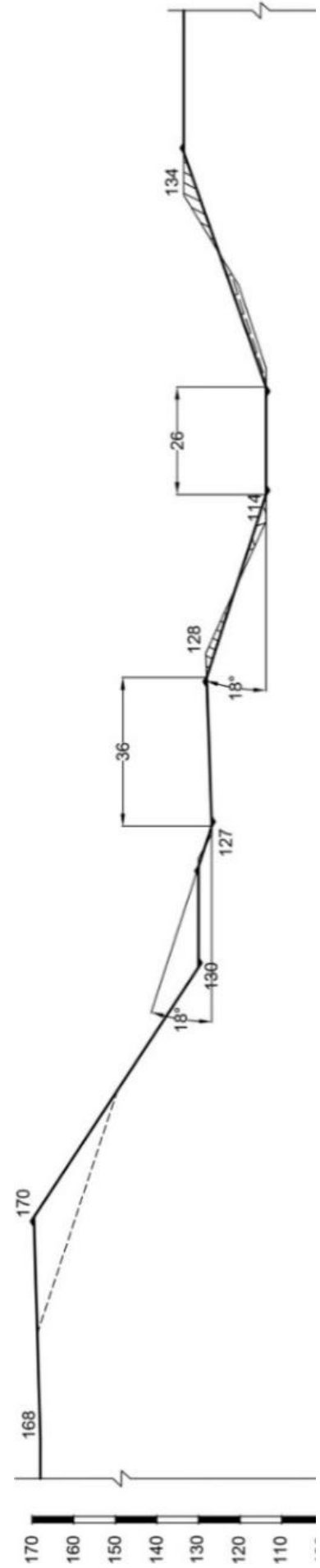


Рис. 6. Схема гірничотехнічної рекультивації східного торця

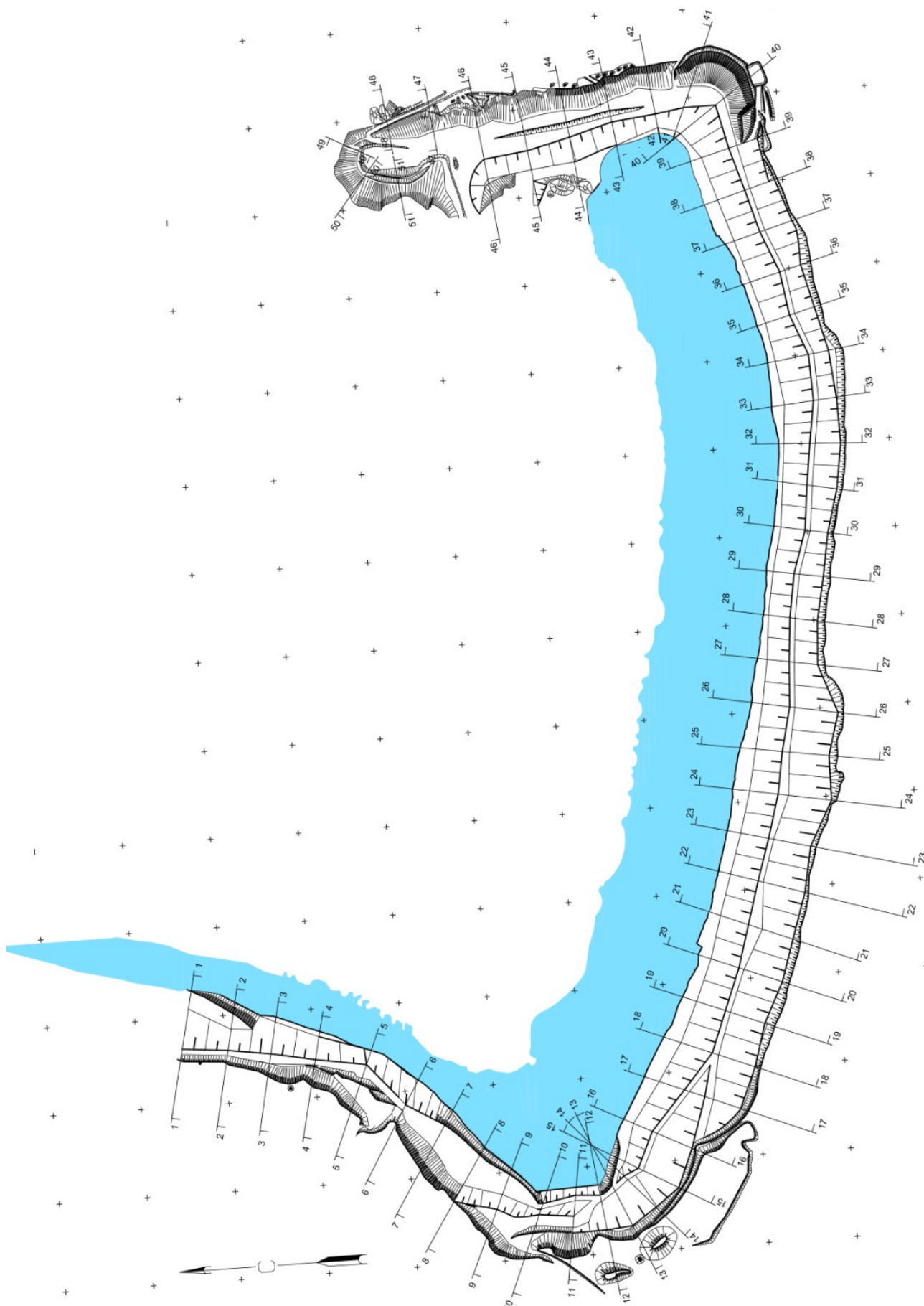


Рис. 7. План гірничих виробок розрізу після проведення гірничотехнічної рекультивації

Блок "40–40...41–41" Порода з вищих уступів за допомогою бульдозера переміщається на відстань 5 м об'ємом 0,32 тис. м³.

План гірничих виробок після проведення гірничотехнічної рекультивації показаний на рис. 7.

Далі послідовність виконання робіт для перетинів 42–42...51–51 повторюється. Змінюються при цьому ширина транспортних майданчиків, берм безпеки, об'єми переміщення бульдозером і автотранспортом, а також кути виплоджування уступів

Аналіз розрахунків об'ємів виконання робіт з гірничотехнічної рекультивації показав, що сумарний об'єм переміщення гірських порід бульдозером на ділянках 1–1...51–51 становить 411 тис. м³. При цьому загальний об'єм переміщення гірських порід автомобільним транспортом на відстань 450 м в межах рекультивованої площі становить 68,75 тис. м³

На основі виконаних досліджень, встановлено залежність між об'ємами виймання порід у блоці та площею перетину блоку (рис. 8) за перерізами 1–1...10–10.

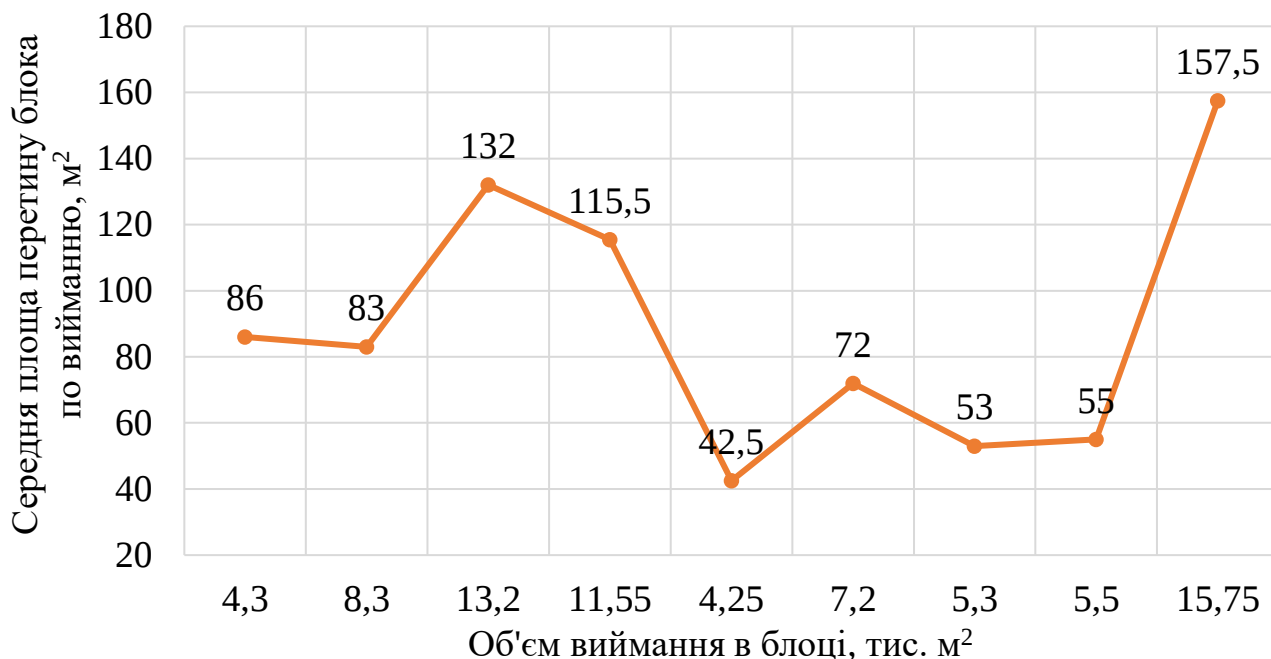


Рис. 8. Графік залежності об'єму виймання в блоці від середньої площі його перетину

Аналізуючи дану залежність, можна зробити висновок, що об'єми виймання та площі перетину, в свою чергу, залежать від ширини транспортних берм, що впливає на відстань перевезення. Відстань між перетинами складає 100 м.

Враховуючи, що за діючої схемою об'єм порід який підлягає рекультивації тільки нижнього та передового уступів складає

$$V_{заг1} = V_n + V_p = 511,65 + 1867,9 = 2379,55 \text{ тис. м}^3$$

А загальний об'єм переміщення порід бульдозером і автосамоскидом за запропонованою схемою становить

$$V_{заг2} = V_б + V_a = 411,0 + 68,75 = 479,75 \text{ тис. м}^3$$

Економія коштів при орієнтовній собівартості гірничотехнічної рекультивації в 65 грн/м³ складе

$$E = (2379,55 - 479,75) \cdot 65 = 123\,487 \text{ тис. грн.}$$

Висновки. Аналіз попередніх досліджень щодо технологій гірничотехнічної рекультивації гірничих виробок в процесі ліквідації гірничого виробництва дозволив визначити основні етапи, які полягають у наступному: вирівнювання укосів розрізної та виїзної траншеї під кутами, що забезпечують їх тривалу стійкість; терасування вирівняних укосів; планування поверхні відвалів; нанесення родючого шару ґрунту зі складу на поверхню терас та промайданчика.

Досліджено напрямки використання земельних ресурсів буровугільних розрізів та розглянуті варіанти рекультивації порушених територій. Це дозволило встановити, що основними напрямками відновлення земель є лісогосподарський, водогосподарський та сільськогосподарський.

З метою зменшення об'ємів переміщення гірських порід для виконання робіт з гірничотехнічної рекультивації та відповідно зменшення вартості їх виконання було запропоновано удосконалити технологічні рішення, які передбачають формування уступів з відповідними кутами укосів, виположення їх бульдозерами при роботі "зверху-вниз" під кутом 18–22° для організації лісонасаджень, наявність транспортного майданчика шириною не менше 12 м на гор. +135 м.

Розраховані об'єми виймання та заповнення виробок за блоками з використанням драглайну, бульдозера та автосамоскида західного борту виїзної траншеї, робочого борту та східного торця. Встановлено, що за запропонованим варіантом гірничотехнічної рекультивації об'єми виконання робіт зменшуються приблизно в чотири рази. При цьому можна досягти орієнтовного загального економічного ефекту в 123,4 млн грн.

Встановлена залежність об'єму виймання в блоці від середньої площі його перетину. На основі цієї залежності зроблено висновок, що об'єми виймання та площі перетину, в свою чергу, залежать від ширини транспортних берм, що впливає на відстань перевезення. Відстань між перетинами складає 100 м.

Перелік посилань

1. Dryzhenko, A.Yu., Shustov, O.O., & Adamchuk, A.A. (2018) Improving the method of open-pit lignite deposit development in Ukraine. *Innovate development of resource-saving technologies for mining. Multi-authored monograph*, 56–79.
2. Shustov, O. O., Bielov, O. P., Perkova, T. I., & Adamchuk, A. A. (2018). Substantiation of the ways to use lignite concerning the integrated development of lignite deposits of Ukraine. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 5–13. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-3/6>
3. Belov, O., Shustov, O., Adamchuk, A., & Hladun, O. (2018). Complex processing of brown coal in Ukraine: history, experience, practice, prospects. *Solid State Phenomena*, 277, 251–268. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.277.251>
4. Радзивіл, А.Я., Гурідов, С.А., Самарін, М.А., Металіді, С.В., & Оксенчук, Р.М. (1987). *Дніпровський буровугільний басейн*. Наукова думка.
5. Радченко, В.В., & Куліш, В.А. (2016). Реабілітація земель у Дніпровському буровугільному басейні. *Форум гірників*, 2, 98–102.

6. Shustov, O., Pavlychenko, A., Bondarenko, A., Bielov, O., Borysovska, O., & Abdiev, A. (2021). Substantiation into parameters of carbon fuel production technology from brown coal. *Materials Science Forum*, 1045, 90–101. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1045.90>
7. Shustov, O.O., Pavlychenko, A.V, Bielov, O.P., Adamchuk, A.A., & Borysovska, O.O. (2021). Calculation of the overburden ratio by the method of financial and mathematical averaged costs. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 30–36. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-5/030>

ABSTRACT

Purpose. Substantiation of the parameters of mining reclamation of the sides of the split and howling trenches of the flooded Morozivskyi lignite open pit mine.

Methods. In solving the problems of the study, methods of analytical analysis, graph analytics, engineering calculations, statistical processing, and comparative analysis of data to improve the technological schemes of mining and technical reclamation of the sides of the mine workings of the flooded Morozivskyi lignite open pit mine were used.

Findings. The main stages of land restoration are defined, which are as follows: alignment of slopes of the cut and exit trench at angles ensuring their long-term stability; terracing of aligned slopes; surface layout of dumps; application of fertile soil layer from the warehouse to the surface of terraces and industrial site. For the first time, parameters of mining reclamation were substantiated, namely, the volumes of excavation and filling of workings when straightening the slopes of the sides with bulldozers during top-down work, the width of the transport berm, the angles of the slopes of ledges, which are 18-22 degrees and the distance of movement of rocks with a bulldozer.

The originality. The dependence of the removal volume in the block on the average area of its intersection is established. Based on this dependence, it is concluded that the removal volumes and the intersection areas, in turn, depend on the width of the transport berms, which affects the transportation distance. At the same time, the width of the transport platform during the operation of dump trucks is at least 12 m.

Practical implementation. The technological scheme of mining and technical reclamation has been improved, and the sequence of work on sure sides of the lignite open pit mine, which is at the liquidation stage, has been shown. These technological solutions can be used in implementing projects to eliminate mining enterprises to extract lignite. The recommendations on the reclamation sequence will be useful in the case of the resumption of lignite rock mining with minimal impact on the environment.

Keywords: lignite open pit mine, mining reclamation, flooded mine workings, stripping rock volumes, technological scheme, dump truck, bulldozer.