

УДК 622.271.4+504.062

ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ФОРМУВАННЯ ПРОТИПИЛОВОГО РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНЯХ ЗОВНІШНІХ ВІДВАЛІВ КРИВБАСУ

Сметана С. М.

(Інститут проблем природокористування та екології
НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна)

Работа посвящена разработке технологических схем по формированию противопылевого рельефа на завершающих этапах отвалообразования для повышения экобезопасности вокруг горнорудных предприятий путем уменьшения их запыленности. Создание противопылевых форм рельефа позволяет уменьшить пыление на 70...75 % и соответствующим образом снижает налоговые выплаты за загрязнение атмосферного воздуха.

The article is devoted to the development of technological schemes of anti-dust relief formation at the final stages of mining waste dumping for eco-security improvement around mining enterprises via surface dust desistance. Creation of anti-dust relief forms allows decrease of air dusting contamination and following taxes at the ranges of 70...75 %.

В Україні відомі більше 80 родовищ залізних руд. У Криворізькому залізорудному басейні знаходяться їх основні запаси (70 %). Саме тут у 2005 р. видобувалось більше 80 % від загального видобутку цих корисних копалин в Україні [1]. Разом з рудними районами Запорізької, Кіровоградської і Полтавської областей Криворізький басейн складає велику залізорудну провінцію – "Великий Кривий Ріг" [2]. У Криворізькому басейні знаходиться близько 90 підприємств, які спеціалізуються у галузі чорної металургії. З десяти крупних виробництв країни, що відносяться до

видобувних і таких, що переробляють залізорудну сировину, сім розташовані в Криворізькому регіоні, який забезпечує більше 90 % потреб металургійних підприємств України [3].

Розміщення промислових підприємств Кривбасу пов'язане з сировинною базою та сформовано у вигляді ланцюга вздовж залізородного родовища. Залізні руди залягають потужною товщею простягаючись більше ніж на 160 км вздовж р. Інгулець та р. Саксагань, а кар'єри та відвали, відповідно, супроводжують поклади залізних руд. Загальна площа кар'єрів Кривбасу – 4 тис. га, відвалів – 6,2...8 тис. га, хвостосховищ – 7,5 тис. га, промислових майданчиків – 3 тис. га, шахт – 2 тис. га, зон зрушень – 1,4 тис. га. В них накопичено понад 3 млрд. т відходів збагачення та 3,5 млрд. т розкривних порід. Загальна площа відчужених земель під промислові об'єкти гірничодобувного та переробного комплексів сягає 70 тис. га [4]. В районі міста Кривий Ріг спостерігається значна концентрація потужних підприємств гірничозбагачувальної та металургійної галузі: 9 шахт, 5 гірничозбагачувальних комбінатів, 1 металургійний комплекс з повним циклом виробництва та інші підприємства. У басейні працює 7 кар'єрів, глибина яких досягає 300...500 м; розміщено 27 багатоярусних відвалів – платоподібних терасованих утворень у вигляді насипів висотою 60...100 м з крутизною схилів до 40°, 4 гігантських хвостосховища, в яких зберігаються мільйони метрів кубічних техногенного шламу [5].

Потужний гірничо-металургійний комплекс має відповідний вплив на стан екобезпеки регіону. Так, доля викидів у атмосферу Дніпропетровської області гірничо-металургійними підприємствами складає 71,6 % від загальної кількості забруднювачів [6]. За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища спостерігається постійне підвищення кількості викидів забруднюючих речовин у повітря. Так, у 2010 р. забруднення від стаціонарних джерел в Дніпропетровській області склало 933,1 тис. т, що на 17,8 % більше за показники 2009 р. Найбільший вклад у забруднення атмосфери області внесли гірничодобувні та металургійні підприємства Кривбасу [7].

Криворізький залізородний басейн характеризується надзвичайно високим рівнем техногенного навантаження гірничо-

збагачувальними підприємствами. Щорічно в атмосферу викидається від 275 до 365 тис. т забруднюючих речовин, в т.ч. пилу – 32...57 тис. т, оксидів азоту – 9...10 тис. т, діоксиду сірки – 8...44 тис. т, оксиду вуглецю – 228...277 тис. т. У сукупності щорічно на 1 м² території Кривбасу приходиться 742 кг забруднювачів [5]. За валовими викидами основних забруднювачів (пилу, оксидів азоту) м. Кривий Ріг посідає одне з перших місць в Україні [8].

Найбільшими забруднювачами атмосфери є пил, концентрація якого на території м. Кривий Ріг перевищує ГДК у 2-3 рази, а також діоксид азоту та сірки, концентрації яких мають стійку тенденцію до збільшення [9]. За розрахунками ДПІ "Кривбаспроект" у вітряну погоду за добу з поверхонь Центрального та Інгулецького ГЗК піднімається 4 030 т та 9 030 т пилу відповідно. Радіус випадання часток пилу при розвіванні відвалів вітром сягає 10 км [5].

Пил із зовнішніх відвалів та хвостосховищ є небезпечним та токсичним, оскільки дрібнодисперсні гострі частки розбитих порід викликають силікоз, пневмоконіоз, астму, рак, пневмонії та інші захворювання верхніх та нижніх дихальних шляхів. Пил з більшості техногенних ландшафтів часто містить підвищені концентрації деяких специфічних для родовищ солей, сполук важких металів. Потрапляючи до ґрунтів він забруднює їх, змінює ґрунтові процеси та властивості субстратів. Пізніше це впливає і на розвиток сільськогосподарських культур. Дрібнодисперсний пил у сукупності із газами, що утворюється при масових вибухах у кар'єрах та містить сполуки важких металів, переноситься на відстань до 20 км [10]. За даними Науково-дослідного інституту з проблем Курської магнітної аномалії, з 1 га незакріпленої поверхні хвостосховища при середньорічній швидкості вітру 4 м/с, в залежності від вологості шламів, здувається до 1200 т пилу за рік [11].

Формування високих зовнішніх відвальних масивів активізує процеси вітрової ерозії та призводить до значного запилення навколишніх територій. Виявлено, що з відвалу висотою 20 м видувається шар пилу потужністю у 3,8 см, а з відвалу висотою 100 м – шар пилу у 9,96 см за рік, що збільшує коефіцієнт запилення навколишніх територій (від 1,76 до 21 разу). Інтенсивність виділення пилу відвалів Кривбасу складає 0,62...0,94 мг/с·м², шламосховищ

– 0,7...2,5 мг/с·м². Загальна площа розповсюдження пилу від відвалів Кривбасу складає близько 400 тис. га [12].

Без проведення заходів з перешкоджання пиловиділення, газовиділення та фільтрації небезпечних сполук порушені гірничими роботами території є джерелом небезпечного для людини та навколишнього середовища впливу. Для більшості зазначених проблем були запропоновані рішення, що дозволяють підвищити екологічну безпеку: фільтрування газоподібних викидів [13], зменшення пилових та газових викидів при вибухах у кар'єрах [14], використання пиловловлювального обладнання, гідрозрошення пилових поверхонь [15], створення потужних санітарно-захисних зелених зон навколо підприємств [16], дренажних фільтрувальних систем для очищення скидів [13]. Так, для шламосховищ запропоновані технологічні та технічні рішення зі знепилення відкритих площ, що базуються на нанесенні синтетичних речовин та реагентів, глинистих розчинів з цементом, рідким склом [11]. Передовими є методи зі створення зеленого покриву, який не тільки перешкоджає формуванню пилових буревіїв, але й закріплює поверхні [16, 17]. Для підвищення екологічної безпеки порушених гірничими роботами земель розроблені методичні рекомендації з формування екосистем з подальшим їх використанням у якості елементів екологічної мережі індустріальних регіонів [18-19]. В кар'єрах для попередження утворення пилу розроблені численні технічні методи, що стосуються зменшення утворення пилу при вибухах [15] та провітрювання кар'єрів (однак такі заходи зменшують екологічну безпеку навколишніх територій) [14].

В той же час, залишається невирішеною проблема пиловиділення відвалів Кривбасу, яких нараховується більше сотні. Невелика кількість робіт, присвячена питанням пиловиділення з поверхонь відвалів [20-21], не вирішує питання підвищення екобезпеки при відвальних роботах.

Через значні об'єми відходів гірничодобувних робіт (пусті породи), їх постійний вплив на навколишнє середовище (пиловиділення) та відсутність дієвої системи покращення екобезпеки, порушені гірничими роботами землі характеризуються найвищими рівнями небезпеки для екосистем. Невирішеною науковою про-

блемою є відсутність ефективних заходів (способів, методів) протидії пилінню зовнішніх відвалів, які були б у достатньому ступеню екологічно та економічно доцільними.

Необхідність обґрунтування екологічно та економічно ефективних технологій знепилення поверхонь відвалів обумовлюють актуальність теми дисертаційної роботи. Тому перед дослідженнями була поставлена задача аналізу існуючих технологій відвалоутворення та удосконалення їх завершальних елементів з метою формування протипилових форм рельєфу з використанням наявної (для відповідної технології) техніки.

Пиловиділення (пиління, порошіння) територій залежить від багатьох факторів: рельєфу, ступеню агрегації часток ґрунту (субстрату), сили вітру, кількості опадів, часу зберігання, ступеню озеленення та зволоження. В літературі відзначається, що максимальне пиління спостерігається при сильних вітрах на значних за площею рівнинних територіях, складених з рихлого, сухого, не зв'язаного субстрату, на якому відсутній рослинний покрив [22]. Підняття над навколишньою поверхнею також підвищує інтенсивність виділення пилу з території [23]. Яскравим прикладом територій з максимальним пилоутворенням є хвостосховища Кривбасу, території яких не повністю вкриті водою. Відвали на противагу не такі масштабні за розмірами, але більш широко розповсюджені, вище підняті над навколишньою територією (в більшості випадків) та не мають штучного зволоження, що робить їх надзвичайно небезпечними джерелами порошіння.

При відвалоутворенні формується рельєф, що складається зі схилових та рівнинних форм. Відповідно до існуючих технологій відвалоутворення (екскаваторне при залізничному та бульдозерне при автомобільному транспорті) більшість поверхонь представлена рівнинними формами, піднятими над поверхнею. На схилових формах рельєфу також спостерігається пиловиділення. При цьому у технології відвалоутворення не закладаються принципи формування рельєфу, який протидіє би пилінню з поверхонь відвалів.

Аналіз літератури з питань протидії пиловиділенню з поверхонь, занесення снігом та піском дозволяє стверджувати, що нерівні форми рельєфу (пагорбисті або хвилясті) є ефективним засобом боротьби проти рознесення пилу, снігу та піску [24]. Це від-

бувається через те, що нерівності рельєфу зменшують швидкість вітру в приземних товщах. Так, траншеї та вали, розташовані перпендикулярно до вітрового потоку, зменшують пиловиділення на 50 % на відстані у 15-20 разів більшій за глибину траншеї та висоту насипу. Насипи висотою у 3 м зменшують порожіння з хвостосховищ на 50 %, а висотою у 5 м зменшують приземну швидкість вітру на 20...30 %. Формування таких форм рельєфу при відвалоутворенні за існуючими технологіями не передбачається.

Інтенсивність пиління поверхонь залежить від ступеню покриття поверхонь рослинним покривом. В Австралійському державному департаменті навколишнього середовища, зміни клімату та водних ресурсів для визначення ефективності протипилових заходів використовують нелінійну залежність інтенсивності утворення пилу (рівень переносу часток ґрунту) від ступеню покриття поверхні рослинним покривом (рис. 1). Аналогічні залежності (втрати часток ґрунту з поверхні від кількості рослинної біомаси на території або від проективного покриття рослинності) використовують у департаменті сільського господарства США для визначення ефективності заходів боротьби з вітровою ерозією та їх контролю (рис. 1)

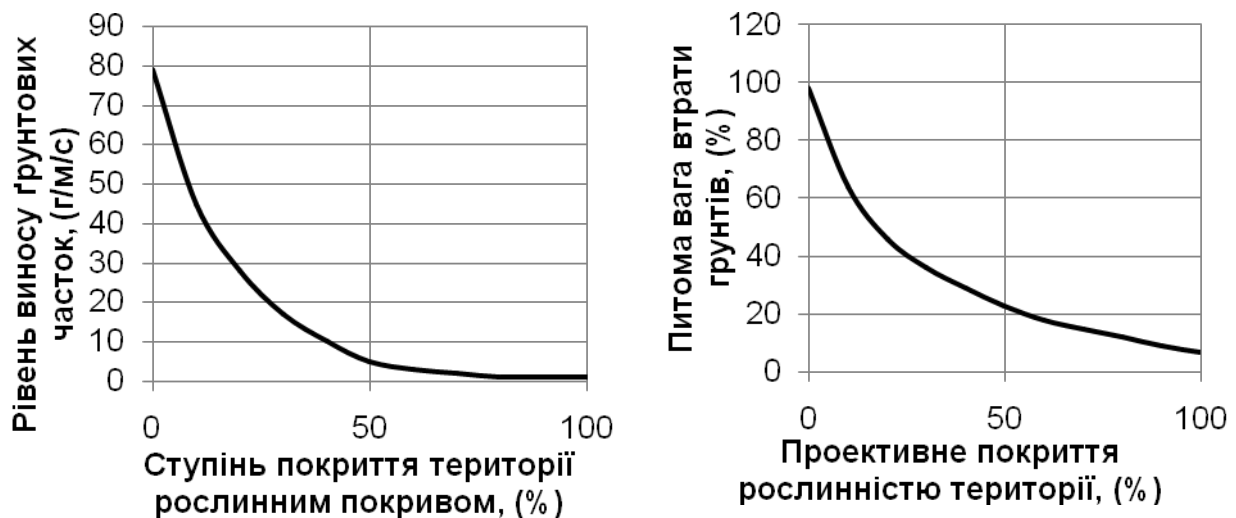


Рис. 1. Залежність інтенсивності утворення пилу (рівень переносу часток ґрунту) від ступеню покриття поверхні рослинним покривом [25-26]

Дієвий метод протидії пиловим буревіям розроблений та впроваджений у сільському господарстві. За рахунок формування лісових полос досягається протипилова ефективність у 50 % на відстані, що дорівнює 20-кратному розміру висоти лісополос. Крім того, спостерігається покращення умов зволоження. Чагарникові полоси зменшують пиління територій на відстані у 3 рази більшій від висоти цих полос. Технології відвалоутворення, що впроваджені у Кривбасі, не враховують потенціалу розвитку рослинного покриву та формування ефективних протипилових деревних та чагарникових насаджень.

Для закріплення пилових поверхонь техногенних ландшафтів пропонувалось покривати території штучними бітумними субстратами, розчинами рідкого скла, хлористого кальцію, латексу, полімерних матеріалів, чорноземами, потенційно родючим шаром та ін. [27]. Кожен з рекомендованих покриттів має свої недоліки. Так, наприклад, покриття з бітуму, скла та солей коштовні та токсичні. Покриття потенційно родючим шаром (чорноземи, суглинки, глини та їх суміші з камінням) також коштовне і не покращує зволоження, та, відповідно, не формує стійких структурних агрегатів у майбутніх ґрунтах. Більшість покриттів розроблені як тимчасовий захід, тому вони ефективні на хвостосховищах, де відбувається періодичне нанесення шару шламу, але не придатні для довготривалого забезпечення екологічної безпеки відвалів пустих порід.

Аналіз форм рельєфу зовнішніх відвалів показав, що найбільш ефективними для зменшення швидкості вітру, та відповідно енергії піднімання пилових часток у повітря, є суцільні бар'єри видовженої форми, направленої перпендикулярно до напрямку пануючих вітрів. Для визначення ефективного зменшення вітрового потоку використано відомі залежності швидкості вітру від висоти над поверхнею території, розповсюдженість пилових часток у просторі за розподілом Вейбула, що закладені у програму Данської промислової повітряної асоціації (Wind Shade Calculator). Зазначена програма дозволяє визначити швидкість вітру для кожної точки простору за перешкодою [28]. Для умов змінних вітрів пропонується використовувати конусоподібні насипи розташовані у шаховому порядку.

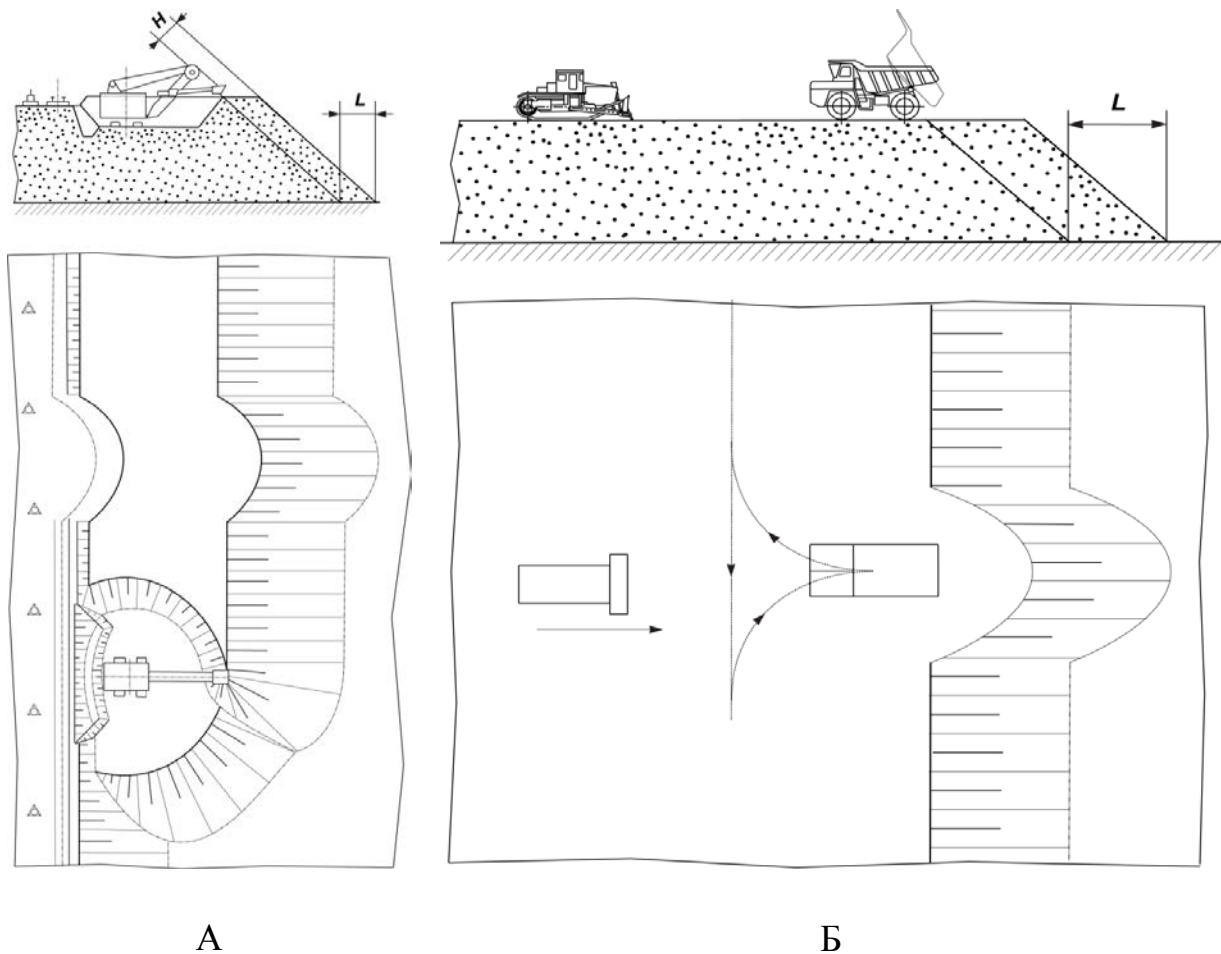
Протипилова ефективність форм рельєфу залежить від їх висоти над навколишньою територією (відносна висота) та розташування по відношенню до переважаючих вітрів. При розрахунках необхідних протипилових форм рельєфу на зовнішніх відвалах слід враховувати їх топографічні особливості (видовжені, конусоподібні форми). Для підвищення екобезпеки процесів відвалоутворення слід визначити доцільність удосконалення схем формування зовнішніх відвалів пустих порід для створення цільового протипилового рельєфу. Пропонується змінити технології відвалоутворення, що використовуються у Кривбасі та додати до них етап фінального формування рельєфу. Для вдосконалення технологій відвалоутворення нами визначені основні параметри формування протипилових форм рельєфу на поверхнях зовнішніх відвалів на етапі завершального формування рельєфу (табл. 1).

Таблиця 1
Основні параметри формування протипилових форм рельєфу на зовнішніх відвалах Кривбасу

| Висота валів / конусних насипів, м | Максимальна ширина між валами для досягнення 50 % протипилового ефекту, м | Максимальна ширина між валами для досягнення 90 % протипилового ефекту, м | Максимальна ширина між конусними насипами для досягнення 90 % протипилового ефекту, м |
|------------------------------------|---|---|---|
| 1 | 15 | 5 | 3 |
| 5 | 75 | 25 | 15 |
| 10 | 150 | 50 | 30 |
| 15 | 225 | 75 | 45 |

Висота протипилових форм (див. табл. 1) визначається за необхідною протипиловою ефективністю, що слід забезпечити для умов зовнішніх відвалів піднятих над навколишньою територією (збільшена швидкість вітрів), за різних напрямків вітрів та технічних параметрів наявної гірничої техніки.

Технологічні схеми формування протипилових форм рельєфу відрізняються в залежності від умов зовнішнього відвалу. Так, на укосах відвалу можливі дві основні схеми формування протипилових валів на завершальному етапі відвалоутворення (рис. 2).



А – при відвалоутворенні з використанням залізничного транспорту та екскаваторів, Б – при відвалоутворенні з використанням автотранспорту та бульдозерів.

Рис. 2. Схеми формування протипилових валів на схилах зовнішніх відвалів

Для визначення ефективної відстані між валовими формами рельєфу пропонується використовувати формулу В.Т. Федюшина (1) удосконалену нами для використання на зовнішніх відвалах.

$$L = KH \sin \alpha, \quad (1)$$

де L – ефективна відстань впливу бар'єру (вітрова тінь), м;
 K – коефіцієнт впливу рельєфних форм на вітрові потоки (5-15 для валів на поверхні відвалу);
 H – висота рельєфних форм, м;

α – кут зустрічі напрямку переважаючих вітрів з бар'єром, (0-90°).

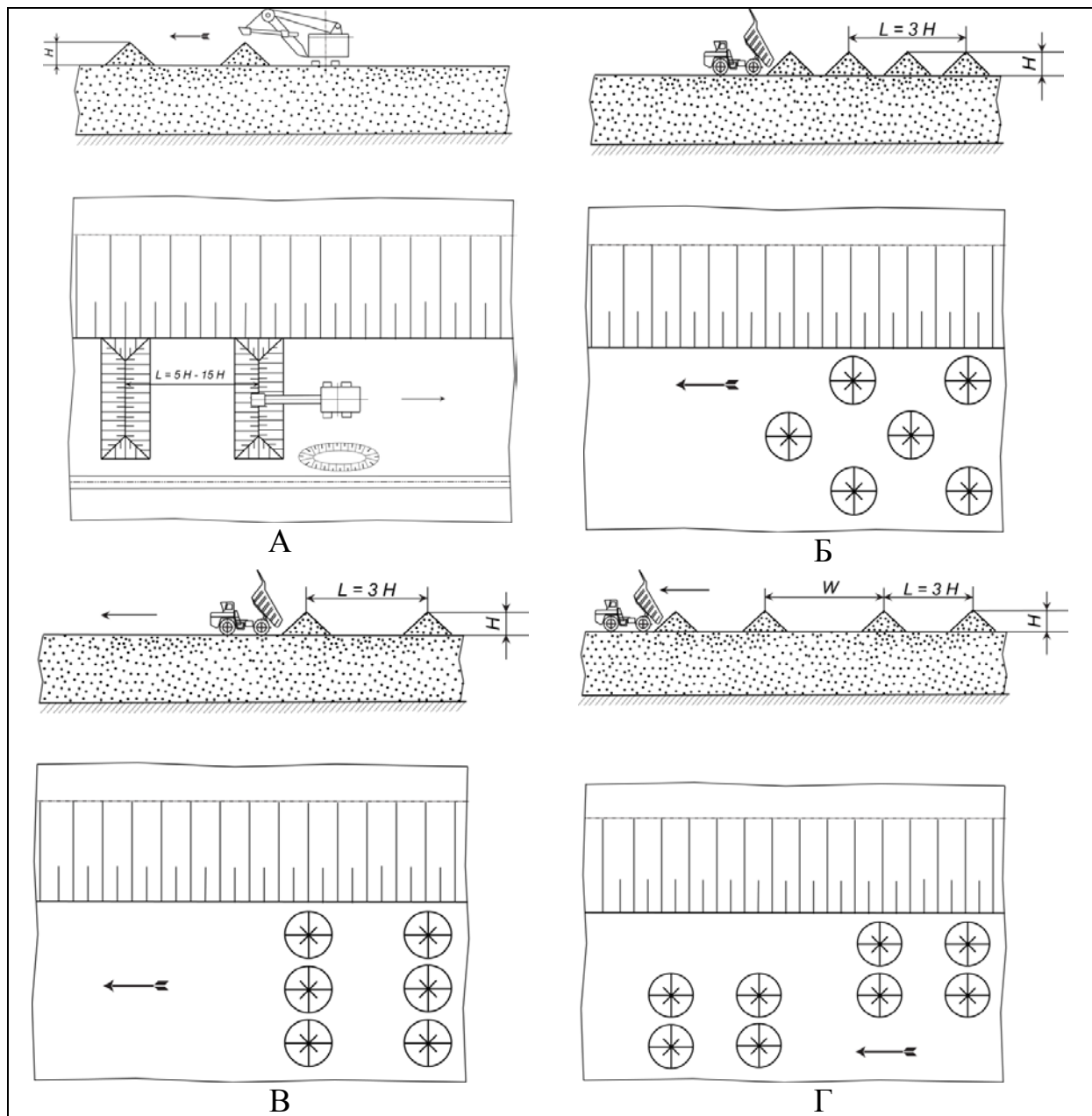
Використання формули (1) дозволяє рекомендувати ефективні протипилові бар'єри шляхом створення форм рельєфу при складуванні пустих порід у зовнішні відвали. Ця формула також дозволяє оцінити ефективність запропонованих заходів (ступінь покриття території протипиловим захистом) та відповідним чином провести зонування території відвалів.

Формування валів на укосах доцільне за умов постійних вітрів, направлених вздовж схилів. Технологічна схема останньої заходки екскаватору (при залізничному транспорті) при цьому змінюється наступним чином: відсипається нижній підступ за традиційною схемою відвалоутворення, збільшується приямок вивантаження думпкарів (зміщується в бік майбутнього валу), формується нижня частина валу на підступі вивантаженням екскаватору в бік протилежний від приямку, формування верхньої частини валу на зворотному шляху екскаватору до основного фронту, подальше відвалоутворення за традиційною схемою.

При використанні автосамоскидів та бульдозерів формування протипилових валів на укосах можливе після проведення основних заходів з відвалоутворення або безпосередньо на останньому їх етапі. При цьому автосамоскиди вивантажуються безпосередньо навпроти формування протипилового валу на відстані безпечної для транспортувальної техніки. Формування валу при цьому проводиться бульдозерами (зміщення породної маси вниз по схилу).

Формування протипилових насипів на терасах схилів зовнішніх відвалів доцільно проводити після досягнення нижнього ярусу проектної площі (рис. 3). При цьому можливе створення різних за розмірами та контурами форм рельєфу з використанням наявної гірничої техніки (рис. 3).

При використанні залізничного транспорту та екскаваторів протипилові вали формуються на відстані 5...15 висот валів із перевантаженням породи з приямку з поворотом стріли екскаватору на 45°...135° (рис. 3).



А – формування протипилових валів екскаватором; Б – формування протипилових конусоподібних насипів автосамоскидами; В – формування валів з конусоподібних насипів; Г – формування протипилових конусоподібних насипів із залишенням простору для дороги; H – висота протипилових валів; L – відстань між протипиловими формами рельєфу; W – відстань між протипиловими валами для дороги; \leftarrow – напрям основних вітрів.

Рис. 3. Схеми формування протипилових форм рельєфу на терасі відвалу

Використання автосамоскидів дозволяє створювати різноманітний за формою контурів рельєф (див. рис. 3). Формування насипів відбувається за рахунок вивантаження породної маси у шаховому порядку, зі створенням валів, з залишенням простору для дороги тощо.

Створення протипилових форм рельєфу дозволяє зменшити швидкість вітру на поверхні зовнішнього відвалу на 50...90 %, що зменшує винос пилу у атмосферу в середньому з відвалу на 70...75 %. Це призведе до зменшення забруднення навколишніх територій пилом та зменшення виплат підприємством за забруднення навколишнього середовища. Так, з поверхні зовнішнього відвалу у 100 га, за середньої інтенсивності пиління – 1 мг/с² виплати податку за запилення атмосфери (46 грн./т пилу) зменшаться з 1,4 млн. грн. до 430 тис. грн.

За результатами виконаних досліджень з використання та ефективності форм рельєфу для знепилення поверхонь зовнішніх відвалів можуть бути визначені основні висновки та невирішені науково-практичні питання для подальших досліджень.

1. Для зменшення пиління поверхонь зовнішніх відвалів необхідно змінити завершальний етап технології відвалоутворення для формування протипилових форм рельєфу.
2. Ефективність протипилових форм рельєфу залежить від початкової швидкості вітру, форми контурів насипів, відношення до напрямку пануючих вітрів та відстаней між протипиловими насипами. Основними протипиловими формами рельєфу є валові видовжені форми та конусоподібні насипи, розташовані у шаховому порядку.
3. Формування протипилових форм рельєфу дозволить зменшити пиління та витрати на податок за запилення атмосферного повітря на 70...75 %.
4. Формування протипилових форм рельєфу на зовнішніх відвалах Кривбасу є тимчасовим заходом направленим на зменшення швидкості вітру на поверхнях відвалів та активізацію спонтанного розвитку рослинного покриву. Особливості та параметри розвитку ефективного протипилового рослинного покриву потребують додаткових подальших досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. / [сост. Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин Е.А. и др.] – Киев – Львов: Центр Европы, 2005. – Том 1. Металлические полезные ископаемые – 2005. – 785 с.
2. Штанько Л.А. Горнодобывающие предприятия Украины в 1992 г. / Л.А. Штанько, А.И. Берестенко, Т.Д. Шапоренко – Кривой Рог: НИГРИ, 1993. – 176 с.
3. Гірничий енциклопедичний словник: в 3 т. / [упоряд. В. С. Білецький, В.С. Бойко, О.А. Золотко та ін.] – Донецьк: Східний видавничий дім, 2001-2004. – Т. 3. – 2004. – 752 с.
4. Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення / [Багрій І.Д., Гожик П.Ф., Самоткал Е.В. та ін.]. – К.: Фенікс, 2005. – 216 с.
5. Долгова Т.І. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах / Т.І. Долгова. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 270 с.
6. Шматков Г.Г. Экологические проблемы обеспечения безопасной жизнедеятельности техногенно нагруженных регионов (на примере Днепропетровской области) / Г.Г. Шматков, А.Ф. Оксамытный, И.Н. Николаева // Екологія і природокористування: Зб. наук праць ІППЕ НАН України. – 2009. – Вип. 12. – С. 42-47.
7. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. – Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області, 2010. – 131 с.
8. Горбань Т.В. Рівень захворюваності дітей мешканців м. Кривий Ріг / Горбань Т.В., Гапон В.О. // Довкілля та здоров'я. – 2005. – № 3. – С. 63 – 65.
9. Ситало С.Г. Забруднення довкілля Кривбасу та його вплив на захворюваність населення / С.Г. Ситало // Довкілля та здоров'я. – 2008. – № 4. – С. 31 – 34.
10. Дороненко Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками / Е.П. Дороненко. – М.: Недра, 1979. – 263 с.

11. Гельперин А.М. Техногенные массивы и охрана природных ресурсов: Учебное пособие для вузов: В 2 т. / А.М. Гальперин, В. Ферстер, Х.-Ю. Шеф – М.: Из-во Московского государственного горного университета, 2006. – Т. 1.: Насыпные и намывные массивы. – 391 с.
12. Горно-экологические проблемы разработки Криворожского месторождения железных руд / [Ю.Г. Вилкул, В.А. Корж, В.И. Мулякко и др.] // Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології та раціонального природокористування: Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції. – Кривий Ріг, 2005. – С. 46 – 52.
13. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. – М.: Химия, 1989 – 512 с.
14. Михайлов В.А. Снижение запыленности и загазованности воздуха при открытых горных работах / Михайлов В.А., Бересневич П.В. – К.: Техника, 1975. – 116 с.
15. Ветошкин А.Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 325 с.
16. Медведев В.Т. Инженерная экология / В.Т. Медведев. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
17. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности / Основы энвайронменталистики / Родионов А. И., Клушин В. Н., Систер В. Г. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.
18. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем) / [А.Г. Шапар, О.О. Скрипник, П.І. Копач та ін.] – Дніпропетровськ: Моноліт, 2007. – 270 с.
19. Шапарь А.Г. Перспективы развития экологической сети техногенных территорий / А.Г. Шапарь, О.А. Скрипник, В.Н. Романенко, С.Н. Сметана [та ін.] // Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – Дніпропетровськ, 2006. – Випуск 9. – С. 134 – 144.

20. Алборов И.Д. Влияние отвалов пустой породы и других источников выделения пыли на загрязнение атмосферы и мероприятия по снижению их активности / Алборов И.Д., Сабатков М.М. // Орджоникидзе: СКГМИ, 1988. – 10 с.
21. Тюрский Н.П. Борьба с рудничной пылью / Н.П. Тюрский // Металлургиздат, 1951 – 296 с.
22. Skidmore E.L. Wind erosion control / E.L. Skidmore // *Climatic Change*. – 1986. – № 9. – P. 209 – 218.
23. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г.А. Савицкий // М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 110 с.
24. Рекомендации по борьбе с пылением действующих и отработанных золошлакоотвалов ТЭС РД 153-34.0-02.108-98 / Департамент стратегии развития и научно-технической политики, 2000. – 15 с.
25. Marshall J.K. Drought, land use and soil erosion / J.K. Marshall // *The environmental economic and social significance of drought*. – London: Angus and Robertson, 1973. – p. 55 – 77.
26. Lyon D.J. Wind Erosion and Its Control / D.J. Lyon, J.A. Smith // *NebGuide*. – 2010. – G 1537. – 4 p. (<http://elkhorn.unl.edu/epublic/live/g1537/build/g1537.pdf>).
27. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель: хрестоматия / [Н.В. Лукина, Т.С. Чибрик, М.А. Глазырина, Е.И. Филимонова]. – Уральский государственный университет, 2008. – 256 с.
28. Wind shade calculator // Danish Wind Industry Association (<http://www.windpower.org/en/tour/wres/shelter/index.htm>)