

Інститут проблем природокористування та екології НАН України,
м. Дніпропетровськ

ЗМІНИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОБЕЗПЕКИ ЗОВНІШНІХ ВІДВАЛІВ КРИВБАСУ

Вступ. Сьогодні у Криворізькому залізорудному регіоні порушено гірничими роботами більше 46 тис. га земель, з яких рекультивовано лише близько 10 тис. га. Пилоутворення на відвалах, кар'єрах та шламосховищах, порушення гідрогеологічного режиму підземних вод об'єктами гірничого виробництва, зміна поверхневих гідрогеохімічних потоків та інші ефекти спричиняють деградацію природних екосистем. Для більшості проблем гірничих територій, пов'язаних зі зниженням екобезпеки, розроблені та впроваджені технічні заходи зі знепилення, зменшення викидів та скидів забруднюючих речовин тощо. Невирішеною проблемою залишається утворення пилу на зовнішніх відвалах при розробці залізних руд у Кривбасі.

Традиційно, покращення екобезпеки територій зовнішніх відвалів має проводитись шляхом рекультивації поверхонь відвальних породних масивів. Однак, сучасні щорічні обсяги проведення рекультивації у Кривбасі складають менше 1% від кількості порушених гірничими роботами земель. Технології рекультивації не завжди успішні, оскільки розраховані на відновлення порушених земель горизонтальних родовищ корисних копалин. Тому відкриті поверхні зовнішніх відвалів залишаються джерелом негативного впливу на навколишнє середовище через хронічний вплив пилу протягом 20...30 років (строк формування спонтанного заростання рослинності). Значна розповсюдженість зовнішніх відвальних масивів, яких на території Кривбасу нараховується більше сотні (загальна площа близько 8 тис. га), рознесення з них пилу на 6...10 км роблять їх особливо екологічно небезпечними об'єктами.

Під час проведення польових досліджень спонтанного заростання було виявлено, що щільний рослинний покрив значним чином зменшує виділення пилу з поверхні та сприяє осіданню пилу з повітря. В той же час формування зовнішніх відвалів відбувається без врахування необхідності зменшити виділення пилу. Відповідно постало питання необхідності зміни технологій відвалоутворення для створення протипилового рельєфу та формування умов для прискорення спонтанного заростання поверхонь зовнішніх відвалів.

Постановка задачі. Технологічний процес відвалоутворення у Криворізькому залізорудному басейні обумовлений типом залягання покладів корисних копалин (крутопадаючі родовища), при якому значна кількість порід, що не використовується у виробництві, складається у зовнішні відвали. Породні відвали за нормами проектування слід розміщувати на територіях, непридатних для сільськогосподарського використання (по можливості), на периферії підприємств відповідно до правил зонування при розміщенні виробничого комплексу [1]. Відвалоутворення є завершальним етапом технологічного ланцюга проведення розкривних робіт, який характеризується власними технологічними процесами [2]. На гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу найбільшого розповсюдження отримали екскаваторне відвалоутворення при залізничному транспорті (68,7%) та бульдозерне при автомобільному транспорті (31,3%) [3].

Формування екскаваторних та бульдозерних відвалів з проектною висотою 120 м здійснюється 10-30-метровими ярусами, що зазвичай відсипаються відразу по всій площі земельного відводу. Широке розповсюдження даної технологічної схеми формування відвалів у 70-х роках минулого століття пояснюється слабкою стійкістю їх основи. По-

ярусна схема формування відвалів викликала інтенсивне порушення земельних площ (відвали формувались відразу на всю запроєктовану площу). Сьогодні більшість відвалів Кривбасу розвиваються з нарощуванням висоти. Ширина площадок між ярусами у робочому положенні складає 50...200 м, в кінцевому – 20...50 м [3-5].

Існуюча технологія бульдозерного відвалоутворення з доставкою породи на відвали автомобільним транспортом передбачає вивантаження породи, планування відвалів та дорожньо-планувальні роботи. Порода розвантажується під укіс відвалу або на розвантажувальну ділянку. У першому випадку бульдозер зіштовхує залишки породи на брівці під укіс та проводить планування поверхні. У другому – бульдозером переміщується вся порода, а також проводиться планування поверхні (бульдозерний спосіб). При екскаваторному відвалоутворенні з доставкою породи залізничним транспортом у Кривбасі використовують механічні лопати через те, що переважна кількість розкритих порід – тверді та скельні [6].

Проведений аналіз технологій відвалоутворення, що застосовуються на відвалах гірничих розробок Кривбасу, показав, що при складуванні пустих порід не враховуються можливості формування протипилового рельєфу. Не проводиться застосування і інших протипилових заходів, що базуються на формуванні щільного рослинного покриву та протипилових лісосмуг. Складування пустих порід у зовнішні відвали відбувається без врахування можливостей створення сприятливих умов для формування рослинного покриву, направлено на озеленення територій та/або виконання іншої цільової функції.

Відповідно до проведеного аналізу встановлено, що існує необхідність удосконалення технологій відвалоутворення у напрямку залучення заходів, що перешкоджають пилінню поверхонь відвалів. В першу чергу це мають бути заходи з формування певних рельєфних форм (валів, пагорбів), що проводитимуться безпосередньо в процесі відвалоутворення з використанням наявної (для даної технології) техніки. Для цього необхідно визначити основні параметри форм рельєфу, який має бути створений, та удосконалити завершальні елементи відсипки породи.

Для ефективної довгострокової протидії пилінню поверхонь відвалів слід впровадити технологію знепилення поверхонь за допомогою рослинного покриву, яку можна застосувати як продовження завершального етапу відвалоутворення (під час фінального відсипання пустих порід), так і як окрему технологію (при вже сформованих умовах рельєфу, мікроклімату, гранулометричного складу порід). Для цього необхідно визначити ефективну щільність протипилового рослинного покриву та запропонувати технологічні заходи забезпечення умов прискорення спонтанного заростання.

Результати роботи. Технологічні схеми відвалоутворення при використанні залізничного транспорту складаються з таких основних етапів: транспортування відвальної породи – вивантаження з думпкарів – перевантаження породи екскаваторами у кінцеве положення. При використанні автотранспорту технологічні схеми також виглядають подібно: транспортування відвальної породи – вивантаження з автосамоскидів під укіс – планування поверхні та схилів бульдозерами.

При використанні таких технологічних схем формується рельєф, необхідний для проведення рекультивації – значна кількість (близько 50% площ) вирівняних поверхонь, спонтанне заростання яких триває більше 20...30 років. Підняті над навколишньою територією вирівняні поверхні є ідеальними для розвіювання пилу з інтенсивністю 0,62...0,94 мг/с м². Загальна площа розповсюдження пилу при цьому від відвалів Кривбасу складає близько 400 тис. га [7].

Наші дослідження дозволили встановити, що ефективний протипиловий рельєф складається з форм, що нагадують видовжені вали, розташовані перпендикулярно до напрямку пануючих вітрів. Їх висота та взаємне розташування залежать від висоти зовнішнього відвалу, необхідної ефективності та наявного гірничого обладнання. Для наближе-

ної оцінки рекомендується використовувати формулу В.Т.Федюшина, що враховує висоту перешкоди та кут нахилу переважаючих напрямків вітрів, але вона не враховує впливу різних рельєфних форм на вітрові потоки (вали та конуси) та різниці підняття території над навколишньою місцевістю [8]. Тому нами рекомендована залежність визначення оптимальної відстані формування рельєфних бар'єрів від форми контурів рельєфу, висоти форм рельєфу, висоти відвалу та кута зустрічі переважаючих напрямків вітрів:

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

де L – ефективна відстань формування рельєфних бар'єрів, м; K – коефіцієнт впливу форм рельєфу на вітрові потоки (5 – для валів, 3 – для конусоподібних насипів); H – висота рельєфних форм, м; α – кут зустрічі переважаючих вітрів з бар'єром, (0-90°). Для конусів $\sin \alpha = 1$. Слід зазначити, що конусоподібні насипи є найбільш ефективними при змінних напрямках вітрів.

При цьому висота рельєфних форм залежить від можливостей відвального обладнання (екскаваторів, автосамоскидів) та від висоти відвалу:

$$H = \frac{M}{2} C, \quad (2)$$

де H – висота рельєфних форм, м; M – максимальна висота насипів, що можна створити з використанням наявного обладнання, м; C – коефіцієнт висоти відвалу (при висоті відвалу у 100 м – 1,1; 200 м – 1,2; 300 м – 1,3).

Згідно з польовими експериментальними випробуваннями, що проводились на території відвалу №3 ВАТ «Інгулецький ГЗК» протягом 2006...2010 рр. вив явлено, що інтенсивність виділення пилу поверхнею, покритою рослинністю, описується формулою (3).

$$I_{n\hat{a}} = I_0 86,13e^{-4,8\text{III}}, \quad (3)$$

де $I_{n\hat{a}}$ – інтенсивність виділення пилу з площ відвалу із спонтанним заростанням, мг/с м²; I_0 – інтенсивність виділення пилу з відкритих поверхонь відвалу, мг/с м²; $86,13e^{-4,8\text{III}}$ – коефіцієнт виділення пилу з територій, покритих рослинністю; III – ступінь покриття територій рослинним покривом, %.

Відповідно до вказаних залежностей технологічні схеми відвалоутворення мають доповнитись етапом фінального рельєфотворення, коли при завершальному відсіпанні на поверхні відвалу формуються валові або конусоподібні насипи, параметри яких залежать від напрямку вітру, висоти відвалу, застосованого обладнання та необхідної протипилової ефективності. При використанні екскаваторів та залізничних думпкарів можливі схеми формування валів та конусоподібних насипів як екскаваторами так і думпкарами, що проводяться після досягнення відвалу проектних параметрів. При використанні автосамоскидів виключається необхідність планування поверхні бульдозерами, найбільш ефективним при цьому є формування конусоподібних насипів у шаховому порядку при складуванні завершального шару порід. Використання протипилових форм рельєфу дозволяє досягти зменшення пиління на 90% (на тих площах, де вони створені).

Прискорення розвитку спонтанного заростання пропонується проводити шляхом дистанційного внесення (за допомогою гідромонітору) активізаційних сумішей з води, насіння рослин та осадів стічних вод. При цьому виявлено, що вдало підібрана суміш насіння рослин та сприятливий рельєф (чергування западин та валів) дозволяють сформувати щільний рослинний покрив із проективним покриттям у 60%, що зменшує виділення пилу на таких площах на 94%. Кумулятивний загальний ефект зменшення пиління зовнішніх відвалів при формуванні протипилового рельєфу та рослинного покриття (на тих площах де це можливо) може сягати 70...75%.

Висновки. Максимальний протипиловий ефект до 70...75% на поверхнях зовнішніх відвалів досягається комбінованим впливом рельєфних форм та рослинним покривом, що формується на завершальних технологічних етапах відвалоутворення.

Удосконалення технологій відвалоутворення для зменшення пилоутворення полягає у формуванні протипилових форм рельєфу, що реалізується створенням протипилових валів та конусоподібних насипів на завершальному етапі формування відвальних поверхонь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 1. Гірничі роботи. Ліквідація гірничодобувних підприємств. Техніко-економічна оцінка та показники. СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007 / Голярчук М.Г., Квітка В.І., Воробйов А.І., Куроченко В.М., Нусінов В.Я., Пижик М.М., Римарчук Б.І., Шапар А.Г. – Кривий Ріг: «Мінерал», 2007. – 279с.
2. Томаков П.И. Технология, механизация и организация открытых горных работ / П.И.Томаков, И.К.Наумов – М.: Недра, 1978. – 193с.
3. Просандеев Н.И. Исследование параметров отвалов глубоких карьеров: дис. ... канд. техн. наук / Просандеев Н.И. – Днепропетровск, 1961. – 186с.
4. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Часть I. Технология, механизация и автоматизация производственных процессов на открытых горных работах: учебник для вузов / [М.Г.Новожилов, Ф.И.Кучерявый, В.С.Хохряков и др.]. – М.: Недра, 1971. – 512с.
5. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Часть II. Технология и комплексная механизация открытых разработок: учебник для вузов / [М.Г.Новожилов, Ф.И.Кучерявый, В.С.Хохряков и др.]. – М.: Недра, 1971. – 552с.
6. Открытые горные работы: справочник / [К.Н.Трубецкой, М.Г.Потапов, К.Е.Виницкий и др.]. – М.: Горное бюро, 1994. – 590с.
7. Горно-экологические проблемы разработки Криворожского месторождения железных руд / Ю.Г.Вилкул, В.А. Корж, В.И.Мулявко [и др.] // Проблемы фундаментальной і прикладної екології, екологічної геології та раціонального природокористування: матеріали Другої міжнар. наук.-практ. конф.. – Кривий Ріг, 2005. – С.46-52.
8. Федюшин В.Т. О повышении эффективности снегозащитного озеленения дорог / В.Т.Федюшин // Информационный листок. – 1971. – №7. Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог в Казахстане. – Алма-Ата: Министерство автомобильных дорог Казахской ССР, 1973. – 306с.