

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТРАВ МІСЦЕВОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПИЛОУТВОРЮЮЧИХ ПОВЕРХНЯХ ВІДСИПАНИХ ВІДВАЛІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ КРИВБАСУ

Представлені результати досліджень у рамках нового способу рекультиватії пилоутворюючих поверхонь відвалів розкривних порід кар'єру ПАТ «ІнГЗК», який заснований на використанні депонованих стічних осадів. Визначений склад перспективної травосуміші, використання якої може забезпечити закріплення пилоутворюючих поверхонь за один вегетаційний період.

Проблема та зв'язок з науковими та практичними завданнями. Рекультиватія відсипаних відвалів розкривних порід залізородних кар'єрів являється на сьогоднішній день актуальною проблемою для Кривбасу. Відсипані відвали і карти хвостосховищ займають великі площі та розміщені, як правило, поблизу селітебних зон й сільськогосподарських земель. Відомо, що під дією вітрового навантаження з поверхні гірничих об'єктів здувається величезна кількість дрібнодисперсного мінерального пилу, особливо в сухі періоди літа і безсніжні зими, що з одного боку, небезпечно для здоров'я населення прилеглих житлових районів, а з іншого – знижує родючість угідь. Наприклад, з 1 га поверхонь відвалів пустих порід, представлених сумішшю сланців, окислених і безрудних кварцитів, при швидкості вітру 4,2...9,1 м/с зноситься 0,5...4 т дрібнодисперсного пилу за добу [1]. Щорічне здування пилу з поверхні досягає 1...2 см, що в перерахунку на 1 га складає 200...300 т/рік. Ще гострішою є проблема пиловиділення на відвалах, відсипаних з гірських порід легкого механічного складу, з кожного гектара яких може відноситися до 500 т пилу в рік. При цьому загибель сходів зернових культур настає при відкладенні на сільськогосподарських угіддях шару пилу завтовшки 4...5 см [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Сучасні способи боротьби з пилінням техногенних поверхонь гірничих об'єктів обґрунтовані на використанні водних розчинів хімічних речовин. Наприклад, природного бішофіту ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), органічних хімічних речовин, сульфідного мила, а останнім часом - органічних відходів виробництва крохмалю та інших [4]. Водними розчинами з необхідною концентрацією цих речовин поливають пилоутворюючі поверхні, із заданою витратою на $1m^2$ площі, утворюючи захисні покриття на пилоутворюючих поверхнях у вигляді кірки або плівки, протидіючих пилоутворенню на відвалах. При цьому вартість закріплення $1m^2$ цими речовинами складає від 0,1 до 0,5 грн., залежно від їх питомих витрат.

Отже, вартість закріплення 1 га площі відсипаних відвалів розкривних порід та сухих пляжів хвостосховища складає від 5 до 10 тис. грн., що є занадто дорого. Ці закріплювачі при всіх своїх перевагах мають ще один суттєвий недолік – вони руйнуються з часом, особливо після проливних дощів, тому не знаходять широкого використання.

Значний внесок у розвиток методів боротьби з пилоутворенням поверхонь відвалів пустих порід зробили вчені Інституту проблем природокористування та екології – чл.-кор. НАН України, д. т. н., проф. А.Г. Шапар та його співробітник к. б. н. О.О. Скрипник. Вони запропонували комплекс методів самовідновлення та активизації відновлення рослинного покриву, які засновані на внесенні у якості добрив у протогрунти обеззаражених сухих та вологих мулових осадів, що утворюються при очищенні стічних вод на районних станціях аерації [3]. Проте запропоновані ними технології виготовлення штучних ґрунтів із добавками мулових осадів на спеціально обладнаних пунктах потребують значних витрат на обладнання цих пунктів, характеризуються складністю обслуговування. Також не визначений чіткий сортамент видів рослин, які б добре приживалися на протогрунтах, без добавок мулових осадів.

Як показує аналіз наукових джерел, найпоширенішим способом утворення рослинного покриву на техногенних об'єктах є екстенсивний спосіб господарювання, або простіше кажучи – самозаростання протогрунтів під впливом природних сил і без втручання в цей процес людини, яке може тривати десятиріччями.

За умов щорічного зростання величини нормативів збору за забруднення атмосферного повітря, і, відповідно, збільшення суми збору за викиди неорганічного пилу, екстенсивний

спосіб господарювання на техногенних об'єктах не має майбутнього. Потрібно впровадження інтенсивних способів закріплення пилоутворюючих поверхонь техногенних об'єктів, які не тільки забезпечують зменшення суми збору пропорційно зменшенню площ, на яких утворюється пил, але й вивільнять гроші, які можна направити на додаткове фінансування екологічних програм на самих підприємствах.

Прогресивні технології, керовані людиною, по створенню рослинного покриву на пилоутворюючих поверхнях, забезпечують надійне закріплення поверхонь ґрунтів за період у 2...3 роки. Стійкий до несприятливих гідрометеорологічних умов рослинний покрив багаторазово зменшує пилоутворення техногенних об'єктів, перешкоджає вітровій та водній ерозії задернованих площ і значно поліпшує стан атмосферного повітря у робочих зонах і на розташованих навколо селітебних територіях.

Постановка завдання. Метою даної статті є дослідження та аналіз механізмів адаптації трав місцевого походження на ґрунтах відвалів розкривних порід Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату (ПАТ «ІНГЗК»).

Для впровадження в практику нових способів рекультивації відвалів необхідно використовувати на гірничотехнічному етапі стандартне гірське устаткування і прості схеми його використання, а на біологічному етапі – прийнятні в сучасних умовах методи підвищення якості ґрунтів, що покривають відвал, недорогий і доступний насінний і посадковий матеріал.

Авторами статті запропонований новий спосіб закріплення пилоутворюючих поверхонь відвалів розкривних порід, який забезпечує підвищення родючості і поліпшення агрофізичних властивостей ґрунтів з подальшим створенням на них стійкого рослинного покриву за один вегетаційний період. Особливістю способу є використання сухих залежаних незаражених мулових осадових стічних вод (ОСВ) у якості добрива ґрунтів на поверхні відвалів.

Викладення матеріалу та результати. Відвали розкривних порід складаються із різних субстратів: кварцитів, сланців, глин, суглинків, вапняків та інших гірських порід. В залежності від складу порід, особливостей мікрорельєфу, експозиції, на відвалах формуються місцезростання з різним зволоженням і умовами для розвитку рослин. Найбільш непридатні умови для зростання рослин утворюються на вершинах відвалів, південних та східних схилах, крутих укосах, засоленних глинах і суглинках, скельних порід.

Субстрати поверхонь відвалів розкривних порід Інгuleцького ГЗК у цілому віднесені до перспективних при використанні їх у якості ґрунтоутворюючих. Цей висновок зроблений на підставі аналізу властивостей розкривних порід, із яких складаються відвали: електропровідність водної витяжки з розкривних порід вказує на відсутність засолення (табл. 3); розкривні породи не фітотоксичні; вміст важких металів у складі розкривних порід (табл. 1) менший ніж в середньому по Кривбасу. Відомості про валовий вміст хімічних складників (табл. 2) і рухомих (водорозчинних) форм (табл. 3) свідчать про те, що розкривні породи мають достатню кількість фосфору і кальцію, тобто рослини на субстратах цих порід відносно забезпечені цими важливими поживними елементами [5].

Таблиця 1

Валовий вміст важких металів в розкривних породах відвалів ІНГЗК, мг/кг

Тип розкривних порід	Pb (ГДК-38)	Cd (ГДК-3)	Zn (ГДК-100)	Mn (ГДК-1500)	Cu (ГДК-55)	Cr (ГДК-100)	Ni (ГДК-85)
Глини	12,0	2,8	1,0	522,0	32,0	<0,1	40,0
Суглинки	13,0	<0,1	61,5	312,0	10,0	<0,1	17,0
Сланці	10,0	<0,1	100,0	200,0	32,0	100,0	68,0
Вапняки	12,0	<0,1	19,6	200,0	5,7	<0,1	10,0
Кварцити	15,0	<0,1	8,5	112,0	4,0	<0,1	17,0

Досліди показали, що незважаючи на жорсткі умови зростання, високу здатність піонерного заселення техногенних об'єктів мають більше 20 видів бур'янових рослин, які висівають насіння в осінній період, що сприяє активному їх розростанню у весняно-літній період. Насінний матеріал бур'янів відзначається дешевизною, так як є відходом елеваторів та круп'яних заводів. На перешкоді широкому застосуванню бур'янів стоять жорсткі фітосанітарні правила, які обмежують використання карантинних рослин. На це треба звернути увагу, тому що поряд з техногенними об'єктами ПАТ «ІНГЗК» знаходяться селітебні зони,

сілськогосподарські угіддя, приватні садиби, дачі. Не всі бур'янові рослини підпадають під заборону згідно фітосанітарних правил. Проте неможливо досягти селективного вилучення насіння окремих заборонених видів бур'янів з відходів елеваторів без застосування додаткових технічних засобів [5].

Таблиця 2

Валовий хімічний склад розкривних порід відвалів ІНГЗК, %										
Типи розкривних порід	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P ₂ O ₅
Магнетити:										
силікатні кварцити	44,85	2,85	1,46	2,56	19,90	21,87	0,18	0,80	0,370	0,067
некондиційні, малорудні, безрудні роговики	47,35	4,01	1,22	3,66	-	8,38	-	-	0,211	0,077
Окислені залізисті кварцити	47,86	1,04	0,23	0,17	48,78	1,15	сл.	сл.	0,015	0,014
Сланці хлоритоамфіболові	49,9	6,92	2,0	4,28	15,59	15,90	-	-	0,540	-
Сланці аркозофілітові	58,9	11,76	7,91	3,38	5,51	11,59	3,31	1,68	-	-
Сланці талькові	44,2	7,45	2,6	23,19	4,2	7,7	0,11	0,48	0,24	0,03
Граніти	69,7	14,83	2,57	1,14	0,79	2,46	3,25	3,56	-	-
Мігматити	67,0	13,0	2,3	2,0	5,94		6,67		0,173	-
Амфіболіти	45,8	13,4	4,3	6,8	7,8	13,2	2,92	1,43	0,330	-
Суглинки	56,4	6,82	6,56	1,58	3,0	0,39	0,8	1,38	0,04	-
Глини	24,6	5,48	25,56	7,92	2,42	0,52	0,62		-	-
Вапняки	4,34	1,21	36,0	0,87	1,0	0,06	0,46		-	-

Таблиця 3

Хімічний аналіз водних витяжок з розкривних порід відвалів ІНГЗК		Середнє значення
Хімічні елементи		
Водневий показник (pH)	од.	7,9
Бікарбонати (HCO ₃ ⁻)	мг/дм ³	69,54
Кальцій (Ca ²⁺)	мг/дм ³	62,52
Магній (Mg ²⁺)	мг/дм ³	26,88
Натрій і калій (Na ⁺ + K ⁺)	мг/дм ³	44,2
Залізо (Fe ⁺)	мг/дм ³	0,051
Марганець (Mg ⁴⁺)	мг/дм ³	0,05
Хлориди (Cl ⁻)	мг/дм ³	10
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	248,6
Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	5,06
Ортофосфати (PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	0,158
Нітрити (NO ₂ ⁻)	мг/дм ³	0,165
Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	2,924
Мідь (Cu ²⁺)	мг/дм ³	0,049
Свинець (Pb ⁴⁺)	мг/дм ³	0,006
Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³	0,039
Сухий залишок	%	0,416
Електропровідність	мксм	10

Розглянуті інші види рослин, які можуть бути використані для дернування поверхонь відпрацьованих відвалів. Встановлено, що на поверхнях техногенних об'єктів можуть приживатися кормові багатолітні злакові та бобові рослини, особливо, якщо попередньо збагатити

бідні субстрати (протогрунти) органічними речовинами, які входять до обеззаражених мулових осадів очисних споруд. Внесення у протогрунти відвалів і сухих пляжів хвостосховищ знезаражених мулових осадів очисних споруд істотно збільшує можливості формування стійкого рослинного покриву, який перешкоджає пилоутворенню. Середній вміст важливих для рослин речовин в сухому залишку мулових осадів складає: Nзаг.-2...7%; P₂O₅ – 1,5...7%; K₂O - 0,15...0,35%; гуміфіковані органічні речовини - 50...70 %. Після внесення мулових осадів відбувається підвищення вмісту гумусу і головних поживних елементів – азоту, фосфору, калію, а також поліпшуються водно-фізичні властивості ґрунту. В Україні встановлені наступні гранично допустимі концентрації (ГДК) важких металів в осадах стічних вод, дозволених до утилізації у якості добрива, мг/кг (табл. № 4).

Таблиця 4

Головними обмежуючими чинниками при створенні стійкого рослинного покриву на

Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Hg	Co	Mn
30	2500	1500	200	750	750	15	100	2000

поверхні відвалів гірських порід ПАТ «ІнГЗК» є забезпечення рослин достатньою кількістю вологи у літні місяці та необхідність додаткових джерел надходження у ґрунт поживних елементів, передусім - азоту (табл. 3). Також відомо, що протогрунти поверхонь відвалів розкритих порід ПАТ «ІнГЗК» добре конденсують вологу з повітря, що обумовлено переважанням кварцитів в їх мінералогічному складі. Але показники пористості і коефіцієнт фільтрації розкритих порід, особливо глин і суглинків, істотно менший ніж у природних аналогів – чорноземів або глинистих сланців. Не сприяє однорідності водного балансу протоґрунтів відвалів наявність великоуламкових компонентів у вигляді каменів і брил, а також щебеню у суміші з суглинками. За подібних умов поверхні відвалів не можуть забезпечити поглинання всіх атмосферних опадів і втрачають їх частину з поверхневим стоком. Внесення у протогрунти відвалів і сухих пляжів хвостосховища знезаражених мулових осадів очисних споруд істотно збільшує можливості формування стійкого рослинного покриву, який перешкоджає пилоутворенню. Органічна речовина мулових осадів сприяє агрегуванню поверхні ґрунтів і зниженню темпів розвитку вітрової ерозії. Внесення мулових осадів значно збільшує ємність поглинання атмосферної вологи та осадків, зменшує їх випаровування, і таким чином виправляє водний баланс протоґрунтів та перешкоджає водній ерозії поверхні техногенних об'єктів.

Основною перевагою лежалих ОСВ є знезараження на відкритому повітрі завдяки тривалому впливу сонячного випромінювання, високих і низьких температур та інших факторів, про що свідчить (табл. 5) відсутність яєць гельмінтів і низький індекс БГКП (при нормі - 10000 КОЕ/дм³) в ОСВ [5].

Таблиця 5

Показники якості добрив ОСВ							
Вологість, %	Вміст органічної речовини на суху речовину, %	Зміст фракції крупніше 50 мм, %	рН	Вміст поживних речовин на сухий продукт, %		Наявність життєздатних яєць гельмінтів, шт./кг	Індекс БГКП, КОЕ/дм ³
				N	P ₂ O ₅		
22,4	17,5	<2	6,1	2,76	0,84	не виявлено	<900

Крім того, великий вміст азоту і фосфору дозволяє говорити про високу цінність даних ОСВ як добрива для ґрунтів відвалів ПАТ «ІнГЗК», які практично повністю позбавлені цих найважливіших для рослин поживних елементів. На користь ОСВ є також низький вміст органіки, що пройшла мінералізацію за час зберігання на відкритих мулових майданчиках. Враховуючи величезні запаси органічної речовини у осадах, підживлені цими добривами протогрунти будуть надовго забезпечені мінеральним азотом. Оптимальний вміст органічної речовини у ґрунтах слід вважати 10...20 %. Треба уникати використання мулових осадів з вмістом органіки 30% і більше, коли надлишки нітратів у ґрунті починають негативно відбиватися на рослинах.

Валовий вміст важких металів у розкритих породах відвалів ПАТ «ІнГЗК» (див. табл. 1) менший за фонові показники природних ґрунтів Криворіжжя. Тому без загрози навколишньому середовищу на ці породи можна вносити знезаражені мулові осади очисних споруд, навіть якщо в них будуть спостерігатися перевищення ГДК по окремим видам важких металів, так як завдя-

ки міграції розчинних форм важких металів відбудеться усереднення ГДК мулових осадів та розкривних порід з наближенням останніх до фонових значень. Отже, внесення у протогрунти органічної речовини мулових осадів очисних споруд забезпечує найбільш прискорений розвиток рослинного покриву за рахунок підкормки цінними поживними речовинами та сприянню формуванню запасів вологи в сухі літні місяця.

Для досягнення поставленої мети було проведено ботанічне тестування тільки тих трав, які прижилися на території нашого міста, є доступними і недорогими, наприклад пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevsky), мокриця (*Oniscidea*), люцерна (*Medicago sativa*), спориш (*Polygonum aviculare* L.) і інші види трав. Методологічний вибір найбільш ефективних трав місцевого походження здійснювався за такими критеріями: морозостійкість, посухостійкість, за ґрунтовими особливостями, за строками цвітіння, затратами на посівний матеріал.

Згідно запропонованим технічним рішенням, 2011 року проводилися експериментальні дослідження в лабораторних умовах. Для цього були створені у квітні дві ділянки по 1 м² кожна, перша ділянка створена на основі материнського ґрунту, друга ділянка створена на основі протогрунту з внесенням утилізованих лежалих сухих осадів стічних вод (ОСВ) Інгулецької станції аерації, потім одночасно на цих двох ділянках вирощували вище перераховані трави місцевого походження. Після висівання цих трав їх зростання було без належного догляду, при цьому виконувалися спостереження за зростанням їх біомаси впродовж всього періоду їх вегетації.

Станом на вересень місяць 2011 року трави місцевого походження наростили достатню фітомасу, що підтвердило їх інтродукцію на новому місці зростання. Ці новації дозволяють підвищити ефективність рекультивативної поверхонь відпрацьованих відвалів, а також поліпшити естетичний вигляд гірничо-збагачувальних комбінатів, тому автори рекомендують використовувати вищезгадані трави місцевого походження.

Висновки та пропозиції. 1. На підставі аналітичного огляду технічних засобів закріплення пилоутворюючих поверхонь гірничих об'єктів, а конкретно – поверхонь відсипаних на кінцевому проектному контурі відвалів розкривних порід кар'єру, встановлено, що в теперішній час найбільш доцільним способом закріплення пилоутворюючих поверхонь є спосіб біологічного дернування протогрунтів. 2. Через високі ціни на насіння багатолітніх кормових злакових і бобових трав, які раніше пропонувалися різними авторами для дернування пилоутворюючих поверхонь, автором вперше запропоновано використовувати дешеве і поширене насіння однорічних і багаторічних культурних трав місцевого походження. При вирощуванні цих трав на протогрунтах техногенних об'єктів можна отримати стійкий шар дернини. 3. У випадку, коли протогрунт на пилоутворюючих поверхнях техногенного об'єкту представлений переважно великоуламковою сумішшю скельних та розпушених розкривних порід кар'єру, доцільно на ці поверхні попередньо нанести ґрунтовий шар товщиною 6...8 см із сухих знезаражених мулових осадів, або нанести такий же шар із ґрунтоутворюючих легких суглинків або глин із розкривних порід кар'єру.

Список літератури

1. **Трещевский И.В., Панков Я.В.** Эффективность биологической рекультивации отвалов КМА. Проблема рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука, 1974. – 260 с.
2. ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Землі. Загальні вимоги до рекультивативної земель.
3. Проведення науково-дослідних робіт з обґрунтування можливості використання осадів стічних вод ЗАТ «Наdejда» для відновлення екосистем порушених земель». Звіт НДР № держреєстрації 0108U001813. – Дніпропетровськ: Інститут проблем природокористування та екології НАН України, 2008.
4. Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью. Симпозиум, 3-10 июня 1973 г. София, 1973. – С. 413.
5. Експериментальні роботи з дослідження нових способів зниження або усунення процесів пилоутворення із сухих пляжів хвостосховища, пилоутворюючих поверхонь відпрацьованих відвалів та інших пилоутворюючих поверхонь об'єктів ВАТ «ІнГЗК». Звіт НДР № держреєстрації 01090006136. – КТУ: Кривий Ріг, 2009.

Рукопис подано до редакції 31.03.12