

© Н.М. Максимова¹, Д.С. Пікареня¹, В.В. Кацевич², О.В. Орлінська²,
І.В. Чушкіна², Т.К. Макарова², Г.В. Гапич²

¹ ТОВ "Технічний університет "Метінвест Політехніка", Маріуполь, Україна

² Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

ВПЛИВ ВІДВАЛУ РОЗКРИВНИХ ПОРІД ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ НА ЯКІСТЬ ҐРУНТІВ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

© N. Maksymova¹, D. Pikarenia¹, V. Katsevych², O. Orlinska²,
I. Chushkina², T. Makarova², H. Napich²

¹ Metinvest Polytechnic Technical University LLC, Mariupol, Ukraine

² Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

THE INFLUENCE OF DUMP ROCK OF THE GRANITE QUARRY ON THE QUALITY OF SOILS OF ADJACENT AREAS

Мета. Оцінити вплив складування розкривних порід ТОВ «Рибальський кар'єр» на прилеглих територіях сільськогосподарського призначення зокрема.

Методика досліджень. Для оцінки техногенного впливу складування відходів гірничої промисловості та розроблення кар'єрів на сільськогосподарські угіддя були проведені польові, лабораторні та аналітичні дослідження. За стандартними методиками визначені фізичні параметри ґрунтів з тіла відвалу, прилеглих територій земельного відводу та з сільськогосподарського поля, а саме: вологість та щільність твердої фази ґрунтів відповідно до ДСТУ Б В.2.1-17:2009; біологічна активність ґрунту методом «аплікацій»; біотестування тест-об'єкту за методикою оцінки токсичності ґрунтів за допомогою «Ростового тесту». Відбір зразків з тіла відвалу, біля підніжжя і на сільськогосподарських угіддях виконано відповідно до вимог ДСТУ ISO 10381-2:2004. Розрахунок кількості осадженого пилу на сільськогосподарські угіддя виконано за допомогою аналітичних методів.

Результати досліджень. За різними розрахунковими методами величина пиловиділення від відвалів оцінюється до 4,73 т/рік, в тому числі з південної його частини з урахуванням проявів суфозії та провалів – понад 0,13 т/рік. За даними «Ростового тесту» виявлено «ефект гальмування» в одному з чотирьох зразків ґрунту, відібраних з сільськогосподарських угідь, а також отримано «норму» у двох зразках відібраних у південно-західній частині відвалу, де відбувається інтенсивне самозаростання. Результати оцінки біологічної активності ґрунту методом «аплікацій» показали високу інтенсивність розкладання целюлози, що свідчить про придатність використання ґрунтів для вирощування сільськогосподарської продукції. Не зважаючи на інтенсивне самозаростання західної частини відвалу розкривних порід відбувається періодичне відкриття поверхні ґрунтового насипу за рахунок проявів суфозії і, як наслідок, «п'яного лісу», однією з причин розвитку яких є видобуток корисної копалини відкритим способом. Центральна і північна частини відвалу – діючі. На підставі візуального огляду та результатів аналітичних досліджень виявлено, що лісомеліоративні заходи з мінімізації техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя є досі актуальним рішенням. Загальновідомим прикладом якого є насадження лісосмуги по контуру поля з боку впливу відвалу. Висадження полезахисної лісосмуги пропонується у два ряди, що призведе до зростання показника полезахисної лісистості на 3,5 %.

Наукова новизна. Обґрунтована доцільність провадження сільськогосподарської діяльності на віддалені від місць складування розкривних порід і збільшення санітарно-захисної зони навколо подібних техногенних об'єктів.

Практичне значення. Доцільно передбачати додаткові лісомеліоративні заходи для попередження погіршення якості ґрунтів, зокрема сільськогосподарського призначення, на територіях прилеглих до відвалів розкривних порід з інтенсивними проявами самозарастання за умови інтенсивного розвитку суфозії та провальних явищ.

Ключові слова: відвали розкривних порід, пиління, Рибальське родовище, біоіндекація, екологічна небезпека.

Вступ. Добуток корисних копалин, особливо відкритим способом, та переробка мінеральної сировини вимагає все більше земельних ресурсів за площею відведення, які на довгий час стають непридатними для господарського використання. Наприклад, відвали розкривних порід займають значні площі 31,92 тис. га на території Дніпропетровської області [1]. Дані насипи є одним із визначальних джерел пилоутворення при розробці родовищ відкритим способом. Щоб оцінити вплив пилу в повній мірі необхідно не лише знати його концентрацію та об'єми викидів, а і спрогнозувати його розсіювання, враховуючи метеорологічні умови (температура, швидкість та напрямок руху вітру, вологість та ін.) [2-4]. Такий прогноз дозволить побудувати карту-схему концентрацій пилу, з якої можна зробити висновок про рівні забруднення територій пилом, про дотримання встановлених норм щодо пилу як в межах санітарно-захисної зони, так і поза нею. Однією із найпростіших способів визначення розсіювання є модель Гауса, на основі якої розроблено багато спеціалізованих програм (AERMOD, AUSPLUME, MERCURE, RIMPUFF, Gaussian Dispersion Model Calculator, УПРЗА "ЕКО центр" та інші), а також розрахункові методики, зокрема документ ОНД-86 та інші [4-11]. Методика останнього характеризується найбільшим розрахованим значенням концентрації, відповідним несприятливим метеорологічним умовам, в тому числі небезпечній швидкості вітру [4]. Невідповідність концентрації пилу санітарним нормам та гранично допустимим концентраціям провокує збільшення величини ризику впливу пилу в атмосферному повітрі на здоров'я працівників та населення прилеглих територій [4].

Загальновідомо, що способи боротьби з виділенням пилу від поверхні відвалів поділяють на технологічні, механічні, фізико-хімічні, біологічні та рекультиваційні, а найбільш доцільний спосіб мінімізації пилоутворення з відвалів визначають за основними критеріями: економічні витрати, питома витрата речовини, можливість використання зниження рівня пилу в повітрі, можливість використання в різні пори року [12-18].

Слід відзначити, що на відвалах розкривних порід формуються спонтанно рослинні угруповання, найчастіше утворюючи своєрідні рідколісся, які через декілька років після початку формування набувають риси природних рослинних фітоценозів. Вторинні екосистеми екранують поверхню порушеної території, а отже є природним біозахистом від пиловиділення.

Однак, під час оцінки пиловиділення і визначення достатності запобіжних заходів слід звертати увагу на розвиток екзогенних геологічних процесів (ЕГП)

в місцях складування відходів добуток. Наприклад, на відвалах розкривних порід, які відсипаються ТОВ «Рибальський кар'єр» зсувні явища не спостерігаються, які зазвичай досліджуються, але для даної місцевості характерні ознаки суфозії – як на певних ділянках відвалів, так і у безпосередній близькості від них. В межах техногенно навантажених територій відбувається інтенсифікація ЕГП. Це може обумовити періодичне оголення поверхні відвалів та обумовлює відношення пилового переносу мінеральних часток з насипу до прилеглих територій, зокрема погіршуючи якість сільськогосподарських угідь, розташованих в безпосередній близькості до санітарно-захисної зони відвалів.

Вищезазначене свідчить про актуальність дослідження впливу зовнішніх відвалів розкривних порід Рибальського кар'єру на якість ґрунтового покриву прилеглих територій, зокрема сільськогосподарського призначення.

Метою роботи є оцінити техногенний вплив на ґрунтовий покрив та безпечність умов провадження сільськогосподарської діяльності поблизу місць складування розкривних порід.

Постановка задачі і методика дослідження. Адміністративно ТОВ «Рибальський кар'єр» знаходиться на території Любимівської сільської ради Дніпропетровської області, біля злиття р. Дніпро та р. Самара, на відстані 500 м на південний захід від селища Рибальське [19]. Найближчими територіями с. Любимівка до місцерозташування відвалів розкривних порід є вул. Халхінгольська, яка знаходиться на відстані 560 м в південно-західному напрямку, вул. Томська – на відстані 700 м на північ. В радіусі 2-4 км від родовища розташовані житлові масиви Придніпровськ, Ігрень, Чаплі м. Дніпро.

Згідно до ДСТУ–Н Б В.1.1–27:2010 «Будівельна кліматологія» територія розташування Рибальського кар'єру відноситься до 2-го кліматичного району. Найближче до Рибальського родовища розташована метеостанція м. Дніпро (аеропорт). Клімат району помірно континентальний, теплий. На мікроклімат сильний вплив надає річка Дніпро, підвищується вологість повітря у весняно-осінній період. Швидкість вітру 9-10 м/с, ймовірність перевищення якої для даного району складає 5%. В середньому за рік випадає 525 мм атмосферних опадів, найменше – у березні та жовтні. Досліджувана місцевість страждають від атмосферного забруднення, яке проявляється у запиленості повітря. Долина, в якій розміщується кар'єр, утримує значну частину забруднення, також негативним чинником є низька кількість опадів у певні періоди і затяжні літні посухи [19].

Ґрунтовий покрив біля родовища має зональний характер. Північ території біля кар'єру охоплена смугою чорноземів звичайних глибоких. Родючість ґрунтів вище середнього, що свідчить про великий потенціал земель цих територій. Далі на південь їх змінюють чорноземи звичайні пилувато-середньосуглинкові малогумусні на лесах з ділянками чорноземів звичайних середньогумусних. Бонітет ґрунтів місцевості знижується з півночі на південь. Найвищою родючістю характеризуються чорноземи звичайні середньо гумусні. Родовище займає території, де були розташовані ґрунти високої родючості, які були виведені з господарського обігу внаслідок видобутку корисних копалин.

На територіях прилеглих до Рибальського кар'єру інтенсивно ведеться сільське господарство, а тому дослідження впливу від складування розкритих порід у відвалах на ґрунтовий покрив, зокрема сільськогосподарських угідь є актуальною науково-практичною задачею, яка спрямована на попередження погіршення якості ґрунтів і соціальної напруги в с. Любимівка.

Для оцінки впливу зовнішнього відвалу розкритих порід Рибальського родовища на ґрунтовий покрив прилеглих територій було проведено польові, лабораторні й аналітичні дослідження.

З поверхні відвалів, біля підніжжя та на прилеглих сільськогосподарських угіддях було відібрано 15 проб ґрунтів (рис. 1). У польових умовах проби ґрунту попередньо зважувались, а потім пронумеровані, щільно закриті кришкою бюкси того ж дня були відправлені до лабораторії Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Відбирання, упакування і транспортування зразків ґрунту до лабораторії для подальшого визначення фізичних властивостей ґрунтів проводилося згідно до діючого стандарту ДСТУ Б В.2.1–8–2001 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків».



Рис. 1. Оглядова карта місцезоташування південної частини відвалів розкритих порід ТОВ «Рибальський кар'єр». Умовні позначення: Синя лінія – санітарно-захисна зона навколо підприємства за даними [19]; 1-15 – нумерація відібраних зразків ґрунту; червона лінія – контур тіла відвалу; червоні стрілочки – переважаючий напрямок вітру

В лабораторних умовах визначались наступні фізичні властивості ґрунтів у відповідності до національного стандарту ДСТУ Б В.2.1–17:2009 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей»: природна вологість ґрунту, щільність твердої фази ґрунту пікнометричним методом.

Величини викидів забруднюючих речовин від породних відвалів визначались розрахунково за рекомендаціями [5-7].

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від породних відвалів здійснено за рекомендаціями [5]. Викиди пилу в атмосферу від складування відвалів визначалася як сума викидів пилу при формуванні відвалу розкривної породи та викиду пилу при здуванні з його поверхні.

Кількість твердих частинок, що виділяються при формуванні відвалу, розраховується за формулою [5]:

$$M_0^{\Phi} = K_0 \cdot K_1 \cdot q_{\Phi}^0 \cdot \Pi(1 - \eta_0^1) \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік} \quad (1)$$

де, K_0 – коефіцієнт, що приймається відповідно вологості досліджуваного матеріалу, $K_0 = 0,1$ при вологості понад 10% за табл. 3.4 [5]; K_1 – коефіцієнт, який враховує швидкість вітру, $K_1 = 1,2$ при швидкості вітру 2-5 м/с за табл. 3.5 [5]; q_{Φ}^0 – питома виділення твердих частинок з 1 м³ породи, яка подається у відвал, г/м³, $q_{\Phi}^0 = 5,6$ за табл. 3.6 [5]; Π – кількість породи, яка подається у відвал, м³/рік; η_0^1 – ефективність застосованих засобів пилопригнічення.

Розрахунок кількості твердих частинок, що здувається з поверхні породного відвалу, визначається за формулою [5]:

$$M_{0,т}^c = 86,4 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q^c \cdot S_0 \cdot K_m(365 - T_c)(1 - \mu^1), \text{ т/рік} \quad (2)$$

де, K_2 – коефіцієнт, що враховує ефективність здування твердих частинок, дорівнює: 1,0 – для діючих відвалів, 0,1 – при припиненні експлуатації відвалу понад 3 років до повного озеленення; S_0 – площа поверхні відвалу, яка пилить, м²; $q^c = 0,1 \cdot 10^{-6}$ – питома здування твердих частинок з поверхні відвалу, кг/м²·с; $K_m = 0,1$ – коефіцієнт подрібнення гірської маси; T_c – річна кількість днів з стійким сніговим покривом.

Сумою викидів твердих частинок в атмосферу від відвалів розкривних порід ТОВ «Рибальський кар'єр» є сума кількості твердих частинок [5]:

$$M_0^{\Phi} + M_0^c \quad (3)$$

З метою підвищення достовірності аналітичних розрахунків оцінка пилоутворення від відвалу розкривних порід була виконана за аналогічною методикою [7]. Для розрахунку величини пилоутворення розкривних порід відвалу було використано формулу:

$$P_{xp} = 0,11 \cdot 8,64 \cdot 10^{-2} \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot q \cdot F_{nl} \cdot (1 - \eta) \cdot (T - T_d - T_c), \text{ т/рік}, \quad (4)$$

де, P_{xp} – валовий викид шкідливих речовин (пилу) у процесі зберігання матеріалу, т/рік; K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла

від зовнішніх впливів, умов пилоутворення (взятий з табл. 3 [7]). Для складів, сховищ, відкритих з 4-х сторін $K_4 = 1$; K_5 – коефіцієнт, що враховує вологу матеріалу, визначається відповідно до даних табл. 4 [7]. Під вологістю матеріалу розуміється вологість його пилової та дрібнозернистої фракції. Для умов досліджуваного відвалу $K_5 = 0,01$; K_6 – коефіцієнт, що враховує профіль поверхні матеріалу, що складається, визначається відношенням:

$$K_6 = F_{max}/F_{пл}, \quad (5)$$

де, F_{max} – фактична площа матеріалу; $F_{пл}$ – фактична площа поверхні матеріалу, що складається, при максимальному заповненні складу, m^2 . Визначається головним технологом підприємства на основі характеристик матеріалу; $F_{пл}$ – поверхня пиління в плані, m^2 . Визначається головним технологом за генпланом підприємства. Для досліджуваних відвалів $K_6 = 0,3$ за рахунок самозарастання приблизно 70 % площі відвалів; K_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу, взятий у відповідності до табл. 5 [7]. Для порід відвалу розкритих порід $K_7 = 1$; q – максимальна питома здуваємість, $г/(m^2 \cdot c)$, що визначається за формулою:

$$q = av^b, \quad \text{мг}/(m^2 \cdot c) \quad (6)$$

де, v – швидкість вітру, m/c ; a та b – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу складованого матеріалу (табл. 8 [7]). Для досліджуваного відвалу $a = 0,0137$, $b = 2,328$; η – ефективність засобів пиловловлення, частка одиниці (якщо вони застосовуються); T – кількість днів з вітром; T_c – кількість днів з стійким сніжним покривом; $T_d = 2T^\circ_d$ (год.)/24 – кількість днів з дощем, де T°_d (год.) – сумарна тривалість опадів у вигляді дощу опадів у вигляді дощу за досліджуваний період, год.

Оцінка токсичності ґрунтів методом «Ростового тесту» та біологічної активності ґрунтів методом аплікацій [20-22] визначались біологічні показники ґрунтів: целюлозолітична активність ґрунту та токсичність ґрунтового покриву.

Суть ростового тесту полягає у змінах показників індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних зразках ґрунту [20]. Ця методика дозволяє оцінити не тільки пригноблюючу дію різних забруднювачів на рослини, але і визначити наявність стимулюючого ефекту для ділянок ґрунтового покриву.

Для оцінки біологічного показника токсичності ґрунтів було обрано розповсюджену культуру для ростового тесту редис «Молнія 1» [20].

Пророшування тест-культур було проведено у чашках Петрі. У чашках Петрі поверх аркушу фільтрувального паперу рівномірно було розподілено ґрунт, який попередньо було висушено та подрібнено. Контрольним субстратом був ґрунт, відібраний на полі, що розташоване поблизу відвалу. Маса ґрунту зрошувалась кип'яченою водою питної якості. На ґрунт у кожену чашку Петрі було висаджено по 10 насінин індикаторної рослини. Експеримент тривав 120 год.

Оцінка біологічної активності ґрунту виконувалась методом «аплікацій», який дозволяє дослідити вплив антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив, зокрема сільськогосподарських угідь, у відповідності до рекомендацій [21]. Показником родючості ґрунтів є його біологічна активність, яка характеризує

якісний і кількісний склад мікроорганізмів, що знаходяться у ґрунті, активність ферментів, а також здатність забезпечувати рослини елементами живлення [21].

Аплікаційний метод дослідження ґрунтів, дозволяє оцінити консціляційний вплив антропогенного фактору на навколишнє природне середовище, простежити стан живого складу ґрунтів на певному відрізку часу. Визначення целюлозолітичної активності ґрунтів методом аплікації дає цінну інформацію про активність ґрунтового комплексу.

Чистий фільтрувальний папір було прошито шовковими нитками з обох сторін чистою лляною тканиною. На одну ділянку було підготовлено по два полотна, обшитих заздалегідь тканиною.

Починаючи з поверхні, лопатою були пророблені вертикальні щілини в ґрунті на глибину 10 см і вставлені підготовлені полотна.

У польовому журналі, до початку і під час дослідження, було виконано наступні записи: було зважено початкову масу полотна, час закладки, кількість їх на одній пробній площі.

Так як зміна фітоценозу відбувається досить швидко, тому щоб виявити всі полотна, закопані в ґрунт, перш ніж почати проводити модельний експеримент, було виявлено і встановлено орієнтири, а також були встановлені кілочки.

Ляні полотна було розкладено біля всіх точок відбору зразків. Після закінчення експерименту полотна обережно були витягнуті з ґрунту, поміщені в поліетиленовий мішок і відправлено до лабораторії. У лабораторії тканину було висушено, відчищено від ґрунту і продуктів напіврозпаду і зважено. За інтенсивністю порушення полотна оцінювалась целюлозолітична активність ґрунтів. Шкала інтенсивності порушення полотна целюлози наступна: < 10 % порушення – дуже слабка, 10–30 % – слабка, 30–50 – середня, 50–80 – сильна, > 80 – дуже сильна [21].

На основі оцінки інтенсивності порушення целюлози полотна на різних ділянках можна оцінити ступінь забрудненості сільськогосподарських територій під дією техногенного об'єкту.

Основні результати. Результати лабораторних досліджень з визначення фізичних властивостей ґрунтів з тіла відвалів, біля підніжжя та сільськогосподарських угідь необхідні для подальших розрахунків пиловиділення з поверхні щойно відсипаного та вже лежалоного відвалів розкривних порід (табл. 1).

Аналітичні дослідження процесів дефляції поверхні відвалів розкривних порід Рибальського родовища виконано з урахування метеорологічних умов ділянки. Метеорологічні дані відповідають зйомці кожні три години протягом доби продовж 2018 р. Вони були отримані на сайті погоди gr5.ua [23], а результати розрахунків представлено на рис. 2 і в таблиці 2. Аналіз метеорологічних даних показав, що при зберіганні розкривних порід у відвалах, за рахунок здування пилових частинок з його поверхні, в атмосферне повітря буде потрапляти пил неорганічний (суспендовані частинки, недиференційовані за складом), переніс якого переважно відбувається в напрямку с. Любимівка та сільськогосподарські угіддя (див. рис. 1).

Таблиця 1

Параметри фізичних властивостей ґрунту

№ зразка	Місцерозташування точки відбору проби ґрунту	Вологість w , %	Щільність твердої фази ґрунту, ρ , г/см ³
1	Тіло відвалу	22,72	2,47
2	Підніжжя відвалу	24,62	2,43
3	Сільськогосподарські угіддя	28,20	2,55
4	Сільськогосподарські угіддя	30,80	2,61
5	Тіло відвалу	24,52	2,52
6	Підніжжя відвалу	24,20	2,53
7	Сільськогосподарські угіддя	28,20	2,44
8	Сільськогосподарські угіддя	29,15	2,82
9	Тіло відвалу	23,77	3,55
10	Тіло відвалу	22,99	3,56
11	Тіло відвалу	24,03	3,65
12	Тіло відвалу	27,42	3,69
13	Тіло відвалу	25,97	3,64
14	Підніжжя відвалу	29,64	3,62
15	Підніжжя відвалу	26,73	3,54

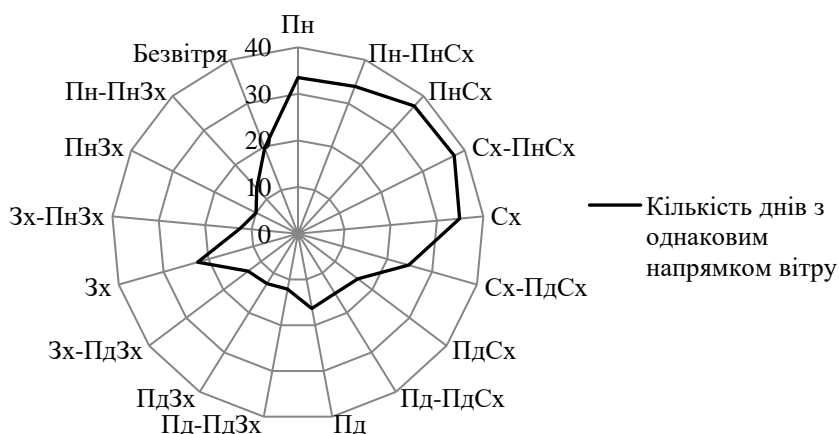


Рис. 2. Діаграма розповсюдження вітрів за напрямками світу. Позначення сторін світу наведено у табл. 2.

Результати аналітичних досліджень процесів дефляції поверхні відвалів розкривних порід Рибальського родовища зведені в табл. 3. Відзначимо, що за рекомендаціями [7] вважається, що з поверхні відвалів пиловиділення відсутнє при вологості понад 20 % (див. табл. 1). Тому під час визначення кількості днів дефляції з поверхні техногенного насипу враховано час на підсихання його поверхні, задля чого додана доба після кожного прояву опадів: $T - T_d - T_c = 365 - 134 \cdot 2 = 97$.

Таблиця 2

Вітрова характеристика району досліджень за даними метеостанції міста м. Дніпро (аеропорт) за 2018 року [23]

Напрямки вітру за сторонами світу	Позначення на діаграмі	Кількість днів з однаковим напрямком вітру	Середня швидкість вітру
Північ	Пн	33,5	3,8
Північ-північний схід	Пн-ПнСх	33,875	4,3
Північний схід	ПнСх	37,125	5,1
Схід-північний схід	Сх-ПнСх	37,5	5,4
Схід	Сх	34,875	5
Схід-південний схід	Сх-ПдСх	24,75	4,7
Південний схід	ПдСх	16,125	3,7
Південь-південний схід	Пд-ПдСх	15,125	3,7
Південь	Пд	16,375	3,4
Південь-південний захід	Пд-ПдЗх	12,125	3,4
Південний захід	ПдЗх	12,625	3,7
Захід-південний захід	Зх-ПдЗх	13,375	4
Захід	Зх	22,375	3,5
Захід-північний захід	Зх-ПнЗх	12,375	4,5
Північний захід	ПнЗх	10	4,9
Північ-північний захід	Пн-ПнЗх	13,125	4,1
Штиль, безвітря	Безвітря	19,75	0
Підсумок		365	3,95

Розрахунки показують, що відвали становлять загрозу забруднення атмосфери та, як наслідок, прилеглих територій. Загальним напрямком переносу пилу показаний на рис. 1. За результатами розрахунків отримано, що річна кількість пилу, яка утворюється від складування розкритих порід у відвалах та забруднює оточуюче середовище, становить 4,73 т/рік, в т.ч. з південної його частини з урахуванням проявів суфозії та провалів – понад 0,13 т/рік.

Для підтвердження розрахункових даних виконаний ряд польових і лабораторних досліджень з біоіндикації стану ґрунтового покриву в межах досліджуваної ділянки (рис. 1).

Результати оцінки токсичності ґрунтів за допомогою «Ростового тесту» досліджень показали, що пророщування індикаторної рослини – редису «Молнія 1» на пробах ґрунтів, відібраних з різних ділянок, а саме з тіла відвалу, біля підніжжя та на полі, відображає норму, наявність ефекту стимулювання та гальмування росту редису у різних місцях і свідчить переважно про придатність складу ґрунтів до вирощування різних видів рослин як на тілі відвалі, так і сільськогосподарської продукції на прилеглих угіддях поруч (див. рис. 1, табл. 4).

Таблиця 3

Результати розрахунків максимальної річної величини (кг) переносу (здуву) пилу з відвальних поверхонь

Параметр	Для точкового джерела (умовно прийнятий прояв ЕГП)	Для південної частини відвалів	Для відвалів
Кількість твердих частинок, що виділяються при формуванні відвалу, розраховано за формулою (1) [5]			$21,71 \cdot 10^{-6}$ т/рік
Кількість твердих частинок, що здувається з поверхні породного відвалу, розраховано за формулою (2) [5]	$10,80 \cdot 10^{-6}$ т/рік	0,51056 т/рік	4,7275 т/рік
Сума викидів твердих частинок в атмосферу визначена за формулою (3) [5]	$10,80 \cdot 10^{-6}$ т/рік	для південної частини відвалу, з одним проявом ЕГП: 0,51057 т/рік	4,72752 т/рік
Величина пилоутворення розрахована за формулою (4) [7]	$0,00028 \cdot 10^{-3}$ т/рік	0,13348 т/рік	0,25708 т/рік

Таблиця 4

Оцінка інтенсивності проростання індикаторної рослини

№ зразка	Метод біотестування редисом звичайним		№ зразка	Метод біотестування редисом звичайним	
	Відсоток рослин, що проросли, %	Тест реакція		Відсоток рослин, що проросли, %	Тест реакція
1	40	ефект гальмування	9	40	ефект гальмування
2	40	ефект гальмування	10	40	ефект гальмування
3	30	ефект гальмування	11	70	норма
4	40	ефект гальмування	12	60	норма
5	80	норма	13	80	ефект стимулювання
6	60	норма	14	80	ефект стимулювання
7	50	норма	15	70	ефект стимулювання
8	30	ефект гальмування			

Для визначення біологічної активності ґрунтів методом «аплікацій» виконані польові та лабораторні дослідження з оцінки інтенсивності руйнування целюлози мікроорганізмами методом «аплікацій» [20], результати яких представлено у табл. 5 (див. рис. 1).

Таблиця 5

Інтенсивність порушення целюлози

№	Середні значення зразків, досліджених у лабораторних умовах			Середні значення зразків, досліджених у польових умовах		
	Різниця між вихідною та остаточною масою, %	Оцінка інтенсивності порушення целюлози, %	Шкала оцінки	Різниця між вихідною та остаточною масою, %	Оцінка інтенсивності порушення целюлози, %	Шкала оцінки
1	9,92	<10	дуже слабка	8,71	<10	дуже слабка
2	9,43	<10	дуже слабка	12,31	10-50	слабка
3	55,26	>50	сильна	58,12	>50	сильна
4	51,12	>50	сильна	51,42	>50	сильна
5	0,82	<10	дуже слабка	1,03	<10	дуже слабка
6	5,08	<10	дуже слабка	4,85	<10	дуже слабка
7	56,66	>50	сильна	51,15	>50	сильна
8	51,46	>50	сильна	61,12	>50	сильна
9	9,43	<10	дуже слабка	8,66	<10	дуже слабка
10	7,04	<10	дуже слабка	7,62	<10	дуже слабка
11	52,47	>50	сильна	54,32	>50	сильна
12	61,16	>50	сильна	59,03	>50	сильна
13	8,13	<10	дуже слабка	7,39	<10	дуже слабка
14	9,38	<10	дуже слабка	9,62	<10	дуже слабка
15	7,14	<10	дуже слабка	7,81	<10	дуже слабка

Результати досліджень целюлозолітичної активності ґрунту в лабораторних та польових умовах показали добру збіжність (див. табл. 5).

За шкалою інтенсивності розкладання целюлози отримуємо показник реального стану ґрунтового мікробіологічного складення і параметру токсичності для кожної досліджуваної ділянки. Вважається [20], що мала кількість мікробіологічних утворень свідчить про наявність сильного забруднення ґрунтового покриву тощо. Низькі показники мікробіологічного складення характерні для ґрунтів, що розташовані на поверхні відвалу (зразки № 1-3, 5-6, 9-10, 13-15). Відзначимо, що у зразках № 4, 7-8, 11-12, відібраних з поверхні сільськогосподарських угідь, виявлена масова наявність мікробіологічних організмів у ґрунтах, що свідчить про придатність використання ґрунтів для вирощування сільськогосподарської продукції.

За результатами отриманих розрахунків для зменшення пилового навантаження на прилеглі території від тіла відвалу розкритих порід Рибальського ро-

довища запропоновано розмістити полезахисні лісосмуги у двох перпендикулярних напрямках між собою відповідно до місце розташування відвалів. Площа полезахисних лісосмуг на території сільськогосподарського угіддя повинна складати не менше 4 % від площі польового контуру [24].

Відстань між лісосмугами зазвичай обирається з врахуванням дальності дії пиловиділення з поверхні відвалу розкривних порід, наприклад, – 10 м. Для ефективності захисного контуру полезахисну лісосмугу слід висаджувати у два ряди та більше з наступними видами деревино-чагарникової рослинності: 1-й ряд – тополь канадський, липа; 2-й ряд – робінія псевдоакація, ясен, клен татарський. Висадження напівпродувної конструкції полезахисної лісосмуги надасть можливість зменшення забруднення сільськогосподарського угіддя за рахунок пилоосадження на листяному покриві дерев пилу. Слід відзначити, що на сьогодні рівень полезахисної лісистості занижкий.

Загальну площу поля S_n та лісосмуг S_l визначаємо за формулою:

$$S = S_n + S_l = 2,454 + 2,21 = 2,675 \text{ км}^2 \quad (7)$$

Користуючись формулою В.І. Коптева, визначаємо захищеність полів Z , %, лісосмугами:

$$Z = \frac{100 \cdot DH \cdot L \cdot K}{S} = \frac{100 \cdot 7 \cdot 1855 \cdot 0,9}{2,675} = 51\% \quad (8)$$

де, D – діяльність ефективного впливу лісових смуг, що виражається у висотах (H) смуг (≈ 7); L – загальна протяжність виміряна за допомогою «Google Maps» (довжина смуг), м; K – середньозважений коефіцієнт конструкції смуг (щільна – 1,0; ажурна – 0,9; продувна – 0,8); S – загальна площа орних земель та лісових смуг, км².

Полезахисна лісистість – L (відсоткове відношення площі полезахисних смуг і захищеної площі) зі заданою захищеністю полів (Z , %), шириною ($Ш$, м), висотою (H , м) та конструкцією лісової смуги розраховується за наступною формулою (12):

$$L = \frac{ZШ}{DKH} = \frac{51 \cdot 3,5}{7 \cdot 0,9 \cdot 8} = 3,5\% \quad (9)$$

Насадження полезахисної лісосмуги буде сприяти посиленню позитивного впливу на урожайність сільськогосподарських культур, що вирощуються на цих землях.

Висновки. Аналіз науково-технічної літератури показав, що питання складування відходів видобутку у відвали розглядається у звітах з оцінки впливу на довкілля планової діяльності (ОВД) з урахуванням площі земельного відводу, об'ємів накопичення та технології відсіпки розкривних порід, а також зазначаються стисло заходи подальшої їх консервації і рекультивації, однак суттєвим недоліком структури звітів з ОВД є не повне розкриття питань впливу зовнішніх відвалів розкривних порід на прилеглі території, використання ґрунтів для інших потреб та етапу рекультивації. Основним джерелом пиловиділення під час добутку корисної копалини відкритим способом є кар'єр, а вплив відвалів розкривних

порід на якість повітря та ґрунтовий покрив прилеглих територій, зазвичай у звітах з ОВД, досліджується недостатньо, оскільки недостатньо уваги приділяється розвитку таких екзогенних геологічних процесів, як суфозія та провали.

Відходи видобутку, які представлені розкривними породами і відносяться до IV класу «мало небезпечні відходи», складуються в обсязі 32,3 тис. м³/рік у зовнішніх відвалах, який умовно можна поділити на північну діючу частину площею 14,0 га та південну частину з інтенсивними проявами самозаростання та розвитку екзогенних геологічних процесів, площею 26,9 га.

За результатами аналітичних досліджень за різними методами визначено, що від південної частини відвалу пиловиділення сягає понад 0,51 т/рік і може переноситись з поривами вітру 9 м/с в південно-східному напрямку, який є переважачим, а отже становить загрозу забруднення сільськогосподарських угідь, що розташовані на відстані ≥ 15 м від південної частини відвалів, а також території с. Любимівка, які знаходяться на віддалені ≥ 200 м на південно-схід.

За даними «Ростового тесту» виявлено «ефект гальмування» в одному з чотирьох зразків ґрунту, відібраних з сільськогосподарських угідь, а також отримано «норму» у двох зразках відібраних у західній частині відвалу, де відбувається інтенсивне самозаростання. Результати оцінки біологічної активності ґрунту методом «аплікацій» показали високу інтенсивність розкладання целюлози, що свідчить про придатність використання ґрунтів для вирощування сільськогосподарської продукції та про сприятливі умови для рекультивації відвалів, перешкоджаючим чинником самозаростання південної частини відвалів є розвиток суфозії та провальні явища, що оголюють денну поверхню техногенного насипу та поновлює пиловиділення.

Не зважаючи на інтенсивне формування вторинних екосистеми на порушених територіях відбувається періодичне відкриття денної поверхні техногенного насипу за рахунок інтенсифікації екзогенних геологічних процесів, підтвердженням яких є виявлені під час польового огляду приклади «п'яного лісу». Однією з причин розвитку суфозії та провальних явищ є видобуток корисної копалини відкритим способом.

Отже на підставі візуального огляду та результатів аналітичних досліджень виявлено, що лісомеліоративні заходи з мінімізації техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя є актуальними. Загальновідомим прикладом вирішення яких є насадження лісосмуги по контуру поля з боку впливу відвалу. Висадження полезахисної лісосмуги пропонується у два ряди, що призведе до зростання показника полезахисної лісистості на 3,5 %.

Перелік посилань

1. *Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2018 рік* (2018). Міністерство енергетики та захисту довкілля України.
2. Прокопенко, В.І. (2015). Про критерії оцінювання ефективності збереження земельних ресурсів при відкритій розробці родовищ. *Економічний вісник НГУ*, 2, 183-189.
3. Шувалов, Ю.В., Ильченкова, С.А., Гаспарьян, Н.А., & Бульбашев, А.П. (2004). Снижение пылеобразования и переноса пыли при разрушении горных пород. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 10, 75-78.

4. Тверда, О.Я., Воробйов, В.Д., & Давиденко, Ю.А. (2015). Дослідження процесу розсіювання пилу з відвалу кар'єру в робочій зоні та на прилеглих територіях. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*, 29, 96-103.
5. Полулях, А.Д., Пилов, П.И., Егурнов, А.И., & Полулях, Д.А. (2011). *Практикум по технологическо-экологическому инжинирингу при обогащении полезных ископаемых: учеб. пос.* Днепропетровск: Национальный горный университет
6. Курмазова, Н. А. (2015). Расчет интенсивности пылевыведения на угольном складе разреза «Восточный» Забайкальского края. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*, 6.
7. *Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов.* (2000). Новороссийск: ЗАО «НИПИОТСТРОМ».
8. ОНД-86. Госкомгидромет. *Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.* (1987).
9. Тверда, О. Я., Ткачук, К. К., & Давиденко, Ю. А. (2016). Порівняльний аналіз способів мінімізації пилоутворення з відвалів гранітних кар'єрів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2(10), 40–46.
10. Biliaiev, M. M., Rusakova, T. I., Kalashnikov, I. V., Bondarenko, I. O., & Gunko, E. Y. (2019). Numerical modeling of air pollution from dumps. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 4(82), 7–17.
<https://doi.org/10.15802/stp2019/178855>
11. Alekseenko, A.V., Drebenstedt, C. & Bech, J. (2021) Assessment and abatement of the eco-risk caused by mine spoils in the dry subtropical climate. *Environ Geochem Health*.
<https://doi.org/10.1007/s10653-021-00885-3>
12. Домнічев, М.В., Нестеренко, О.В., Назаренко, В.Н., & Лапшин, О.Є. (2011). Боротьба з пилінням відвалів гірничозбагачувальних комбінатів. *Вісник КТУ*, 29, 118–121.
13. Pavlychenko, A., & Svitlana, K. (2018). Research of the vegetative cover of abandoned coal dumps. *Applied Biotechnology in Mining: Proceedings of the International Conference (Dnipro, April 25-27, 2018)*, 64.
14. Ghose, M. K. (2005). Soil conservation for rehabilitation and revegetation of mine-degraded land. *TIDEE TERI Information Digest on Energy and Environment*, 4(2), 137–150.
15. Garbarino, E., Orveillon, G., Saveyn, H. G. M., Barthe, P., & Eder, P. (2018). *Best Available Techniques (BAT) reference document for the management of waste from extractive industries.* Publications Office of the European Union.
16. Danilov, A., Smirnov, Y., & Korelskiy, D. (2017). Effective methods for reclamation of area sources of dust emission. *Journal of Ecological Engineering*, 18(5), 1–7.
<https://doi.org/10.12911/22998993/74947>
17. Barcelo, J., & Poschenrieder, C. (2003). Phytoremediation: Principles and perspectives. *Contribution to Science*, 2, 333–344.
18. Alekseenko, V. A., Maximovich, N. G., & Alekseenko, A. V. (2017). Geochemical Barriers for Soil Protection in Mining Areas. In *Assessment, Restoration and Reclamation of Mining Influenced Soils* (pp. 255–274). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809588-1.00009-8>
19. *Розробка Рибальського родовища мігматитів. Доповнення до об'єктів № 1102, 7/4-00: робочий проект. ОВНС. ООО «НКЦ «УКРГЕОКОНСАЛТИНГ».* (2016). Кривий Ріг.
20. Горова, А.І., Павличенко, А.В., Борисовська, О.О., Грунтова, В.Ю., & Деменко, О.В. (2014). *Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами на пряму підготовки б.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».* Національний гірничий університет.
21. Фекета, І.Ю. (2015). *Грунтознавство з основами геології. Курс лекцій. ДВНЗ «УжНУ», Природничо-гуманітарний коледж.* Ужгород: вид. «Бреза».

22. Новик, Н.Н., Недря, Г.Д., & Вольфман, Ю.М. (1998). *Биогеофизические и структурно-кинематические исследования в практической геологии (новые технологии)*. Киев: СП «Интертехнодрук».
23. *Архів погоди*. (n.d.) Сайт rp5.ua.
[https://rp5.ua/ Архів погоди в Днепропетровске \(аэропорт\)](https://rp5.ua/Архів_погоди_в_Днепропетровске_(аэропорт))
24. Бідило, М.І., Масленнікова, В.В., & Горбатова, Л.В. (2016). *Прогнозування використання земель: метод. вказівки для виконання лабораторних робіт за темою: “Аналіз та прогнозування використання земельних ресурсів”*. Харків: ХНАУ.

АННОТАЦІЯ

Цель. Оценить влияние складирования вскрышных пород ООО «Рыбацкий карьер» на прилегающие территории, в том числе сельскохозяйственного предназначения.

Методика исследований. Для оценки техногенного воздействия от складирования отходов горной промышленности и разработки карьеров на сельскохозяйственные угодья были проведены полевые, лабораторные и аналитические исследования. По стандартным методикам определены физические параметры грунтов из тела отвала, прилегающих территорий земельного отвала и с сельскохозяйственного поля, а именно: влажность и плотность твердой фазы грунтов в соответствии с национальным стандартом ДСТУ Б В.2.1-17: 2009; биологическая активность почвы методом «аппликаций»; биотестирования тест-объекта по методике оценки токсичности почв с помощью «Ростового теста». Отбор образцов из тела отвала, у его подножия и на сельскохозяйственных угодьях выполнен в соответствии с требованиями ДСТУ ISO 10381-2:2004. Расчет количества осаждаемой пыли на сельскохозяйственные угодья выполнено с помощью аналитических методов.

Результаты исследований. По разным аналитическим методам величина пылевыведения от отвалов оценивается до 4,73 т/год, в том числе от южной его части с учетом проявлений суффозии и провалов – более 0,13 т/год. По данным «Ростового теста» выявлено «эффект торможения» в одном из четырех образцов почвы, отобранных из сельскохозяйственных угодий, а также получено «норму» в двух образцах отобранных в юго-западной части отвала, где происходит интенсивное самозаростание. Результаты оценки биологической активности почвы методом «аппликаций» показали высокую интенсивность разложения целлюлозы, что свидетельствует о пригодности использования почв для выращивания сельскохозяйственной продукции. Несмотря на интенсивное самозаростание западной части отвалов вскрышных пород происходит периодическое открытие поверхности насыпи за счет проявлений суффозии и, как следствие, «пьяного леса», одной из причин развития которых является добыча полезных ископаемых открытым способом. Центральная и северная части отвалов – действующие. На основании визуального осмотра и результатов аналитических исследований выявлено, что лесомелиоративные меры по минимизации техногенной нагрузки на сельскохозяйственные угодья является до сих пор актуальным решением. Общеизвестным примером является насаждение лесополосы по контуру поля со стороны влияния отвалов. Высадка полезащитной лесополосы предлагается в два ряда, что приведет к росту показателя полезащитной лесистости на 3,5%.

Научная новизна. Обоснована целесообразность ведения сельского хозяйства на удалении от мест складирования вскрышных пород и увеличение санитарно-защитной зоны вокруг подобных техногенных объектов.

Практическое значение. Целесообразно предусматривать дополнительные лесомелиоративные меры по предупреждению ухудшения качества почв, в частности сельскохозяйственного предназначения, на территориях, прилегающих к отвалам вскрышных пород с интенсивными

проявлениями самозарастания в условиях интенсивного развития суффозии и провальных явлений.

Ключевые слова: отвалы вскрышных пород, пыление, Рыбальское месторождение, биоиндикация, экологическая опасность.

ABSTRACT

Goal. To assess the impact of storage of overburden by LLC Rybatskiy Karyer on the adjacent territories, including for agricultural purposes.

The research methodology. To assess the technogenic impact from the storage of mining waste and the development of quarries on agricultural land, field, laboratory and analytical studies were carried out. According to standard methods, the physical parameters of soils from the dump body, adjacent land allotment territories and from an agricultural field were determined, namely: moisture and density of the solid phase of soils in accordance with the national standard ДСТУ Б В.2.1-17:2009; biological activity of the soil by the "application" method; biotesting of the test object according to the method of assessing soil toxicity using the "Growth test". Sampling from the dump, at its foot and on agricultural land was carried out in accordance with the requirements of ДСТУ ISO 10381-2:2004. The calculation of the amount of dust deposited on agricultural land was carried out using analytical methods.

Results of the research. According to various analytical methods, the amount of dust release from the dumps is estimated to be 4.73 tons/year, including from its southern part, taking into account the manifestations of suffusion and dips – more than 0.13 tons/year. According to the "Growth test", a "braking effect" was revealed in one of four soil samples taken from agricultural land, and a "norm" was also obtained in two samples taken in the southwestern part of the dump, where intensive spontaneous growth occurs. The results of assessing the biological activity of the soil by the "application" method showed a high rate of cellulose decomposition, which indicates the suitability of using soils for growing agricultural products. Despite the intensive spontaneous growth of the western part of the overburden dumps, the surface of the embankment is periodically opened due to manifestations of suffusion and, as a consequence, the "drunken forest", one of the reasons for the development of which is open-cast mining. The central and northern parts of the dumps are active. Based on visual inspection and the results of analytical studies, it was revealed that forest reclamation measures to minimize the technogenic load on agricultural land are still a relevant solution. A well-known example is the planting of a forest belt along the contour of the field from the side of the influence of dumps. The planting of a shelter belt is proposed in two rows, which increases the useful forest cover by 3.5%.

Scientific novelty. The expediency of farming at a distance from overburden storage sites and an increase in the sanitary protection zone around such man-made objects have been substantiated.

Practical meaning. It is advisable to provide for additional forest reclamation measures to prevent deterioration of soil quality, in particular for agricultural purposes, in areas adjacent to overburden dumps with intensive manifestations of self-overgrowing under conditions of intensive development of suffusion and failure phenomena.

Keywords: *overburden dumps, dusting, Rybalskoe deposit, bioindication, environmental hazard.*