

Для всіх хімічних елементів на території впливу Богородчанського газотранспортного вузла, який розташований у центральній частині Івано-Франківської області, виявлені такі спільні риси розподілу:

– для V, Pb, Cu, Co, Zn, Cd (всіх елементів) в основному виявлено по три значні аномальні плями, в Cd дві аномальні плями об'єднані в одну велику;

– всі межі відповідних плям майже співпадають;

– з безпосереднім наближенням до магістральних газопроводів концентрації хімічних речовин в рослинах значно зростають майже від 5 до десяти разів;

– всі великі аномальні плями, перша яка поширена з півночі на захід і до центру території; друга – в центральній частині з простяганням на південь; третя – зі сходу на південний схід. Всі вони поширені з північного-сходу на південний захід.

– незначні аналогічні аномалії хімічних елементів виявлені навколо сс. Ясень, Гвізд, а також на півночі виявлені аномальні значення хімічних речовин поза межами безпосереднього розташування магістральних газопроводів.

Отже, антропогенний вплив суттєво відчутний на екологічному стані лучного різнотрав'я та зменшуючи їх видовий склад. Тому слід враховувати оптимальне розміщення промислових об'єктів, в даному випадку лінійні магістральні газопроводи, компресорні станції, підземне сховище газу, які розміщені в центральній частині Івано-Франківської області, для проекту-

вання нових трас магістральних газопроводів чи інших лінійних об'єктів з мінімальним впливом на біоценози в інших регіонах України. На основі одержаних результатів роботи прогноз можливих негативних забруднень ландшафту важкими металами, які акумулюються в рослинах потім по ланцюгах живлення потрапляють до людини і викликають важкі захворювання.

Література

1 Потравич Л.Д. Богородчанський газотранспортний вузол та екологічний стан флори в зоні його впливу // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2006. – № 1(13). – С. 139-147.

2 Луговые травянистые растения. Биология и охрана: Справочник / Губанов И.А., Киселёва К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. – М.: Агропромиздат, 1990. – 183 с.

3 Лесные травянистые растения. Биология и охрана: Справочник / Алексеев Ю.Е., Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В., Никитина С.В. – М.: Агропромиздат, 1988. – 223 с.

4 Методика екологічної оцінки техногенного впливу на трансформацію ландшафтів / Адаменко О.М., Адаменко Я.О., Міщенко Л.В., Журавель О.М., Пендерезький О.В., Триснюк В.М., Здиянчин А.Б., Зорін Д.О., Зоріна Н.О., Плаксієв Л.В., Луценко А.С., Лободіна З.М., Потравич Л.Д., Приходько М.М., Абушева І.А., Скрипник В.С. // Український географічний журнал. – 2004. – № 2. – С. 22-32.

УДК 551.493.622

СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ПИЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ПРИ ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

Я.М.Семчук, Л.В.Палійчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264
e-mail: public@nuing.edu.ua

Приведены сведения об источниках и интенсивности пылевыведения в карьере. Изложены способы и средства создания нормализованной атмосферы. Предложено использовать для искусственного проветривания карьера вентиляционно-оросительные вентиляционные установки, а также разработаны требования и рекомендации по их использованию.

In the article there has been given the information about the sources of dusting intensity in the open-cast mine. The author has described the ways and methods for creating a normalized atmosphere in the open-cast mine. For the intensive aeration (ventilation) of the open-cast mine, it has been offered to use ventilation ventilatory sprinbler. The requirements and recommendations for their usage have been developed as well.

Мета досліджень — розробка заходів та засобів для створення нормалізованих санітарно-гігієнічних умов на Домбровському кар'єрі.

Актуальність роботи зумовлена інтенсивним виділенням шкідливих домішок в атмосферу кар'єру, підвищенням вмісту пилу, шкідливих газів на окремих робочих місцях та можливими загальнокар'єрними забрудненнями при відробці нижніх горизонтів родовища.

Новизна досліджень полягає в тому, що калійний кар'єр, на відміну від відкритих гірничих розробок інших галузей, має свої геологічні, гірничо-технічні, санітарно-гігієнічні та ландшафтні особливості, внаслідок чого пряме перенесення відомого позитивного досвіду в багатьох випадках є неможливим.

Домбровський кар'єр з видобутку калійних солей Калуш-Голинського родовища розташо-

Таблиця 1 – Рівень запиленості повітря в кар’єрі за відсутності опадів

Місця пилового забруднення	Вміст пилу, мг/м ³	
	від – до	середнє значення
Буріння свердловин верстатами СБМК-5: на робочому місці бурильника з підвітряного боку; вологість пилу – 1,56%	721,8 – 516,0	309,8
Те ж саме, вологість пилу – 0,16%	925,6 – 3231,6	2345,1
На робочому місці бурильника з навітряного боку; вологість пилу – 1,56%	43,1 – 63,6	54,9
Те ж саме, вологість пилу – 0,16%	7,2 – 593,8	128,4
На відстані 10–12,5 м від верстата з підвітряного боку; вологість пилу – 1,56%	70,9 – 198,1	141,4
Те ж саме; вологість пилу – 0,16%	111,1 – 749,7	467,0
Навантаження гірничої маси екскаваторами ЕКГ-4,6: на відстані 20 м з підвітряного боку	1,6 – 54,3	19,1
У кабіні працюючого екскаватора	1,0 – 10,0	4,1
У кабіні БезА3-540А під час навантаження гірничої маси	6,5	–
У кабіні працюючого бульдозера	4,5	–
Транспортування гірничої маси автосамоскидами: на в’їзній траншеї, на відстані 16–20 м з підвітряного боку від дороги	2,6 – 21,9	13,4
Занесення пилу вітром з прикар’єрної території на поступаючому струмені, північний борт	0,9 – 1,7	0,9

ваний на відстані 3 км від м. Калуша (Івано-Франківська обл.).

Експлуатація родовища розпочата з 1967 року, кінець відробки орієнтовано планується на 2016 рік. Загальні експлуатаційні запаси калійних руд родовища на початок проведення гірничих робіт становили близько 84 млн. т, а об’єм покривельних порід в контурі кар’єру — 60 млн. м³ (в тому числі пухкі породи — 27 млн. м³, скальні — 33 млн. м³). За проектом відробка родовища проводилася на двох ділянках: спочатку на Південній, а з 1982 р. — на Північній.

Система розробки — транспортна із зовнішнім відвалоутворенням та паралельним переміщенням покривельних та видобувних робіт. Розпускування руди та скальної покривлі здійснюється буровибуховим способом; навантаження — екскаваторами; транспортування — автосамоскидами [1].

Поступлення шкідливих газів та пилу в чашу відкритих гірничих розробок відбувається як від внутрішніх, так і від зовнішніх джерел.

Внутрішні джерела: бурові верстати, екскаватори, автосамоскиди, бульдозери, масові вибухи, навали підірваної гірничої маси, внутрішньокар’єрні і автодороги, поверхня виступів і берм.

Зовнішні джерела: навколокар’єрна територія (прикар’єрна поверхня та автодороги, зовнішні відвали), промислові об’єкти (калійне та магнієве виробництва, вапняковий завод, фабрика грануляції, дробильний цех).

Склад шкідливих домішок в атмосфері кар’єру залежно від технологічних процесів, геологічних, метеорологічних та інших чинників коливається в широких межах (табл. 1). Значимо, що для умов Домбровського кар’єру ГДК за пилом повинно становити 4 мг/м³.

За чинником створення нормалізованих умов праці в кар’єрі район характеризується як від’ємними, так і додатними значеннями кліматичних параметрів атмосфери. До перших відносяться невеликі швидкості вітру (середньорічна – 3 м/с), значний відсоток повторюваності штилю (середньорічна – 28%), порівняно низька хмарність у нічний час (середньорічна вночі – 6,1 бали), від’ємні градієнти температур ґрунту – повітря у вечірній час, вночі та вранці, що є особливо характерним для холодного періоду року. До других відносяться підвищена відносна вологість повітря (середньорічна – 79%) і значна кількість опадів – 719 мм/рік. Критична відносна вологість повітря, при якій відбувається інтенсивна адсорбція вологи на частинках калійного пилу та їх швидке осадження, пов’язане з цим, для родовища дорівнює 71,6%. Згідно з багаторічними осередненими даними відносна вологість повітря практично нижча від критичної спостерігається тільки протягом денного періоду максимальних температур (12–18 год.) другої половини весни, влітку та у першій половині осені.

Ефективність винесення шкідливих домішок з атмосфери кар’єру вітровими потоками при рециркуляційних схемах повітрообміну та рівному прикар’єрному рельєфі можна обчислити за формулою

$$\eta_p = 0,11U^{0,64} \left(\frac{L_k}{H_k} \right)^{1,12}, \quad (1)$$

де η_p – ефективність винесення шкідливих домішок.

$$\eta_p = \frac{C_n - C_k}{C_n}, \quad (2)$$

Таблиця 2 – Технічна характеристика установок УВУ та УМП-1

Параметри	УВУ	УМП-1
Двигун	Турбореактивний РД-3М-500	Авіаційний гвинт АВ-7Н-161 з дизелем типу ЛМЗ-2404
База	БелАЗ - 540	БелАЗ – 548А
Тип струменя	неізотремичний	ізотермічний
Початкові параметри струменя		
- діаметр, м	1,15	3,6
- швидкість, м/с	310,0	22,6
- витрата, м ³ /с	322	220
- надлишкова температура, °С	327	0
- вертикальний кут витікання, град	±45	±15
Дальнобійність струменя (до перерізу із середньою по площі швидкістю 0,6 м/с), м		
- по осі струменя	200	160
- вертикальна при температурному градієнті 0,0 град./м	320	50
Витрата струменя (в перерізі із середньою по площі швидкістю 0,8 м/с), м ³ /с		
	33000	3500
Витрата води, м ³ /хв		
	0 - 17	0 - 2,4
Об'єм цистерни для води, м ³		
	зовнішнє джерело	30
Габарити (довжина x ширину x висоту), м		
	9 x 4 x 4	10,5 x 3,8 x 4,3
Мобільність		
	пересувна	пересувна
Автономність		
	повна	повна
Завод-виробник		
	–	пермський з-д гірничо-шахтного машинобудування
Калькотримач		
	Казанське проектне бюро машинобудування	–
Вартість, тис. грн.		
	70	60

де: C_n, C_k – відповідно, початкова (при штилі) і кінцева (при вітрі) із швидкістю U фонові концентрації шкідливих домішок; L_k – середня довжина кар'єру по потоку, м; H_k – глибина кар'єру, м; U – середня швидкість у шарі вітрового потоку товщиною h , що бере участь у провітрюванні кар'єру, м/с.

Коли зовнішня границя вільного потоку перетинає дно кар'єру

$$h = 0,48 H_k. \quad (3)$$

Якщо зовнішня границя вільного потоку виходить на навітряний борт кар'єру, то

$$h = \frac{0,358 L_k}{3,74 + ctg \beta}, \text{ м} \quad (4)$$

де β – кут відкосу навітряного борту кар'єру, град.

Значення U знаходиться експериментально або вираховується за формулою

$$U = h^{0,757} (G+1) \times \quad (5)$$

$\times [0,473 - 0,001(\mu_0 + 100) - 0,085 \lg(Z_0 + 1)]$, м/с

де: G – величина геострофічного вітру, м/с; μ_0 – параметр термодинамічної стійкості; Z_0 – параметр шорсткості підшви прикар'єрної поверхні, м.

Значення G, μ_0, Z_0 для визначення періодів року беруться з даних гідрометцентру.

У формулі (1), коли $\eta_p = 0$, відсутнє природне динамічне провітрювання кар'єру, при $\eta \rightarrow 1$, здійснюється повне винесення шкідливих домішок.

Мінімальна критична швидкість вітру, що забезпечує ефективний загальнокар'єрний повітрообмін при рівному прикар'єрному рельєфі,

$$U_p = \frac{31,465 (C_n - 0,3 C_{ГДК})}{C_n^{1,56} \left(\frac{L_k}{H_k} \right)^{1,75}}, \text{ м/с} \quad (6)$$

де $C_{ГДК}$ – гранично-допустима концентрація.

За необхідності повного очищення атмосфери кар'єру, а також коли значення є невідомим, умовно приймається $C_k = 0$, тобто $\eta_p \rightarrow 1$, тоді

$$U_p = \frac{31,465}{\left(\frac{L_k}{H_k} \right)^{1,75}}, \text{ м/с}. \quad (7)$$

При стійкому стані атмосфери (вертикальний градієнт температури менший від $0,01$ град/м і $U < U_p$ треба призупиняти проведення технологічних операцій в кар'єрі, пов'язаних з інтенсивним виділенням шкідливих речовин або здійснювати штучне загальнокар'єрне провітрювання.

При неефективності природного провітрювання кар'єру, а також для гідрозрошування підірваної маси, розсіювання та стримування пилогазових хмар масових вибухів можна використати вентиляційно-зрошувальну вентиляторну установку УМП-1 і універсальну вентиляторну установку УВУ (табл. 2) [2].

Залежно від метеорологічних умов, вертикального профілю, масштабу та рівня забрудненості атмосфери кар'єру, його геометричних параметрів на конкретний період обробки, застосовують один з чотирьох рекомендованих способів штучного провітрювання:

а) спосіб перемішування – розрідження забрудненого повітря в об'ємі всього або значної частини кар'єру з доведенням концентрації шкідливих речовин до $0,3$ граничнодопустимої концентрації. Його суть полягає в тому, що під час провітрювання потік установки подається в різні частини забрудненого об'єму з допомогою зміни через $1-5$ хв. горизонтального, а при необхідності вертикального кута витікання.

Спосіб застосовується при незначному короткочасному забрудненні частини кар'єру,

коли воно не менше, ніж у $\left(\frac{C_n}{0,3}\right) C_{ГДК}$ разів від всього об'єму кар'єру. При цьому необхідно враховувати інтенсивність джерел забруднення атмосфери та очікувану тривалість метеорологічних умов, що сприяють накопиченню шкідливих домішок;

б) спосіб винесення – видалення забрудненого повітря з кар'єру – заснований на ежекційних властивостях вільних струменів, застосовується при помірному і сильному забрудненні, коли концентрація шкідливих речовин є вищою від граничнодопустимої в об'ємі всього або значній частині кар'єру.

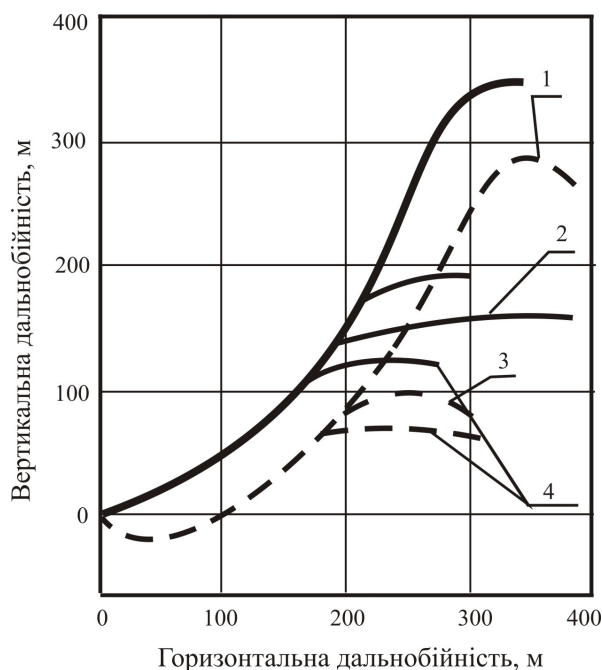
При способі вентиляції “на винос” враховується вертикальний температурний градієнт, профіль, масштаб і ступінь забруднення атмосфери, задається необхідна висота забрудненого повітря H_n ,

$$H_n = H_k - h_{уст} + h_{np}, \quad (8)$$

де: $h_{уст}$ – висота розміщення вентиляторної установки відносно дна кар'єру, м; h_{np} – висота відносно прикар'єрної території, на яку треба винести забруднене повітря з метою його розрідження та не потрапляння в кар'єр, м.

На основі практичних даних $h_{np} \geq 50$ м, H_n повинна бути меншою за максимальну висоту підйому струменя вентиляційної установки при даних метеорологічних умовах H_n .

Максимальна висота підйому, а також горизонтальна дальнобійність струменя установки УБУ, визначається з рис. 1.



1, 2, 3, 4 – траєкторія струменя при температурних градієнтах відповідно $0,0; 0,02; 0,04; 0,06$ °C/м

Рисунок 1 – Графік для визначення горизонтальної та вертикальної дальнобійності струменя пароповітряної суміші (траєкторія струменя при куті витікання -15°)

в) комбінований спосіб – одночасне або послідовне застосування способів перемішування та винесення при повільному і тривалому накопиченні шкідливих домішок в атмосфері кар'єру;

г) спосіб пилогазопридушування та загальнокар'єрного провітрювання – придушування шкідливих домішок шляхом обробки забрудненого об'єму повітря теплими масами пароповітряного струменя як без, так із подальшим його винесенням за межі кар'єру. Використання пароповітряних сумішей дозволяє придушувати в атмосфері кар'єру до 90% пилу, до 40% оксиду азоту і до 100% таких шкідливих речовини як альдегіди.

Спосіб є універсальним, його рекомендують для застосування в першу чергу для умов сильного і тривалого забруднення, великих від'ємних вертикальних градієнтів температури і штилю в атмосфері над кар'єром та коли гостро стоїть питання, пов'язане з охороною навколишнього середовища.

Розхід води при створенні пароповітряних струменів установкою УВУ під час її роботи в режимі $0,8$ номіналу становить 1 м³/хв.

Час подачі теплих мас пароповітряного струменя УВУ у забруднений об'єм повітря та перемішування для його винесення на задану висоту

$$\tau = 5,85 \cdot 10^7 P_3 (0,01 - \gamma)^{0,844} H_n^{0,744} \times \left[235,74 f^{-1,749} + 2,85 \cdot 10^{-8} (50 + t_3)^{451} + 1 \right], \text{ хв.} \quad (9)$$

де: P_3 – кількість забрудненого повітря, кг;

γ – вертикальний градієнт температури, град/м, який існує в даний момент;

f_3, t_3 – відповідно відносна вологість (%) і температура (°C) забрудненого повітря.

Вимоги при провітрюванні кар'єру установками, що створюють вільні ступені:

- до провітрювання приступають у початковий період забруднення;

- з метою виключення зривання пилу і руйнування струменю, він не повинен торкатися виступів, берм та обладнання;

- струмінь повинен мати напрямок супутний з вітровими потоками або внутрішньокар'єрними повітряними течіями;

- бажано, щоб вся робоча (ежектуюча) частина струменя знаходилася у забрудненому об'ємі;

- при провітрюванні “на винос” для виключення рециркуляції необхідно, щоб забруднене повітря, яке вимивається в надкар'єрний вітровий потік, видувалося за контур кар'єру;

- шкідливі речовини не повинні потрапляти на промислову площадку або до житлових масивів;

- збільшити швидкість вітру у приземному шарі, що дасть змогу інтенсифікувати природний динамічний повітрообмін в кар'єрі. Для цієї мети з випередженням розвитку фронту гірничих робіт на 106–110 м на вільних північних та північно-західних ділянках прикар'єрної території створювати поверхні із зменшеною шорсткістю (з величиною параметру шорсткості 0,5–1,0 см). Операції складаються з бульдозерного планування поверхні, її коткування і обробку сульфатно-бітумною емульсією з витратою 1 л на 1 м³ поверхні. Це дасть змогу збільшити швидкості вітрів, які повторюються 30,6% у 1,16–1,24 рази та інтенсифікувати загальнокар'єрний повітрообмін у 1,10–1,15 рази.

Площа із зменшеною шорсткістю повинна охоплювати весь навітряний бік кар'єру з довжиною по потоку:

$$l_n = 46,8 + 33,5 \lg h, \text{ м.} \quad (10)$$

Ефективність загальнокар'єрного повітрообміну при використанні даної рекомендації визначається залежністю

$$\eta_{ш} = 0,11 U_{ш}^{0,64} \left(\frac{L_k}{H_k} \right)^{1,12}, \quad (11)$$

де $U_{ш}$ – середня швидкість у шарі h при малій швидкості, м/с, розраховується за формулою (5) з урахуванням нового значення Z_0 ;

- збільшити швидкості вітру та інтенсифікувати природне динамічне провітрювання за допомогою створення на північному заході прикар'єрної території за дренажною траншеєю повітрозабору, який являє собою споруду, що складається з крил – вузьких відвалів, розміщених під певним кутом один до одного та шпари

прорану між ними. Параметри повітрозабору: висота крил – по 60 м, довжина – по 600 м, кут між ними – 90°; ширина прорану – 850 м.

Ефективність природного динамічного провітрювання кар'єру при наявності повітрозабору

$$\eta_{\epsilon} = \eta_p \left(1 + b \frac{h_k}{L_k} \right), \quad (12)$$

критична швидкість

$$U_{\epsilon} = \frac{U_{\epsilon}}{\left(1 + \epsilon \frac{h_k}{L_k} \right)^{1,56}}, \text{ м/с.} \quad (13)$$

де:

$$\epsilon = 9,54 \alpha_{\epsilon} - 2,02 \alpha_{\epsilon}^2 - 8,33 \exp \left(-6,25 \frac{p}{B_k} \right) - 5,71;$$

α_{ϵ} – кут між крилами, рад; p – ширина прорану, м; B_k – середня довжина кар'єру перпендикулярна до напрямку потоку, м; h_k – висота крил, м.

Таким чином, створення повітрозабору забезпечить підвищення повітрообміну при вітрах ПнЗ, ПнПнЗ та частково вітрах північних напрямків, що мають річну повторюваність 22,5% або 1,18 рази. Необхідні критичні швидкості вітру вказаних напрямків, що забезпечують повне винесення шкідливих сумішей з кар'єру без їх накопичення, зменшуються в 1,3 рази. Крім того, північне крило кар'єру є перешкодою на шляху розповсюдження шкідливих речовин від зовнішнього джерела, приблизно на 50% та скоротить їх потрапляння в кар'єр.

Література

1. Семчук Я.М., Шкіца Л.Є. Екологічні проблеми при відкритій розробці калійних родовищ на Прикарпатті // *Екотехнологія и ресурсосбережение*. – 2004. – № 2. – С. 52-55.
2. Инструкция по контролю содержания пыли на территориях горнорудной промышленности (рудниках, карьерах, геологоразведочных работах, обогатительных и агломерационных фабриках). – М.: Недра, 1996. – 32 с.