

УДК 557.574

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ ВИДОБУВАННІ КОРИСНИХ КОПАЛИН (ВІДКРИТИЙ СПОСІБ)

К.В. Гончаревський, В.В. Піковець, О.В. Муштаєв

Придніпровське відділення Міжнародної Академії наук екології, безпеки людини і природи, Придніпровський р-н, вул. Енгельса 160/2, м.Черкаси, ekovon@vnet.com.ua

Запропоновано єдину методичну основу для визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом із застосуванням комплексу гірничо-видобувної техніки і механізмів. *Ключові слова:* викиди, забруднювальні речовини, атмосферне повітря, родовища, корисні копалини.

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в воздушную атмосферу при добыче полезных ископаемых (открытый способ) К.В. Гончаревский, В.В. Пиковець, О.В. Муштаев. Предложена единая методическая основа определения выбросов загрязняющих веществ в воздушную атмосферу при добыче полезных ископаемых открытым способом с применением комплекса горно-добывающей техники и механизмов. *Ключевые слова:* выбросы, загрязняющие вещества, воздушная атмосфера, месторождения, полезные ископаемые.

Method of calculating the emission of pollutants into the air atmosphere during mining (open pit) K.V.Goncharevsky, V.V.Pikovets, O.V.Mushtaev. A common methodological basis for the emission of pollutants into the atmosphere in the development of mineral deposits using open pit mining complex equipment and machinery. *Keywords:* emissions, pollutants, air, deposits minerals.

У сучасній гірничо-видобувній промисловості до 80% продукції (вугілля, руди чорних і кольорових металів, будівельних матеріалів та іншої продукції) видобувається відкритим способом. Створення кар'єрів спричиняє зміни мікроклімату, первинного рельєфу місцевості та гідрографії району. При цьому вдосконалення відкритих гірничих робіт забезпечується за рахунок інтенсифікації всіх промислових процесів (від буріння свердловин і первинного по-

дрібнення, в основному за допомогою вибухових робіт, до навантаження і транспортування гірничої маси), використання все більшої кількості високопродуктивних машин (бурих станків, екскаваторів, навантажувачів), а також залізничного, автомобільного і конвеєрного транспорту. Крім цього, в кар'єрах при розробці скельних порід впроваджуються поточні технології, пов'язані з використанням дробарок, грохотів тощо.

Такий розвиток відкритих гірничих робіт супроводжується різким зростанням кількості викидів в атмосферу різних шкідливих речовин: пилу, отруйних газів, інших хімічних речовин, небезпечних для здоров'я людей, які викликають різноманітні порушення в тваринному і рослинному світі забруднення водою. Інтенсивність запиленості і загазованості атмосфери в кар'єрах і поблизу них залежить від ряду природних, технологічних і технічних факторів. Їх співвідношення визначає рівень концентрації пилу та інших шкідливих речовин в атмосфері відкритих гірничих підприємств. При цьому збільшується число випадків перевищення гранично допустимих концентрацій і створення небезпечних ситуацій.

1. Гірничо-геологічні умови і технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин

Тип родовища, що розробляється, його геологічна і гідрогеологічна характеристика, форма і умови залягання корисних копалин, хімічний склад і фізико-механічні властивості корисної копалини і вміщуючих порід, визначаються в процесі аналізу гірничо-геологічних умов родовища. Необхідність проведення такого аналізу зумовлена тим, що на стадії проектування і при експлуатації залежно від геологічних і гірничотехнічних даних. Підбирають ефективну технологію розробки, відповідне обладнання, класифікують його по групах з урахуванням інтенсивності виділення шкідливих сумішей і пилу при його роботі. За мінералогічним складом гірничих робіт встановлюють

норми вмісту пилу і розробляють профілактичні заходи, спрямовані на попередження підвищеного вмісту шкідливих сумішей і нормалізації, а отже, атмосфери в кар'єрному просторі і за його межами. Гідрогеологічна характеристика родовища містить дані щодо вологості гірничих порід і вірогідності проникнення шкідливих сумішей із ґрунтових вод. Крім того, особливе значення має аналіз гірничо-геологічних умов при розкритті і розробці горючих корисних копалин, схильних до самозаймання і окислення, що спричиняє додаткові виділення в атмосферу токсичних і шкідливих для здоров'я людей газоподібних і твердих сумішей. До специфічної групи віднесені родовища, що містять газоподібні речовини (сірчані руди, озокерит, уранові сполуки і т.п.). Під час їхньої розробки необхідно враховувати можливі виділення шкідливих газоподібних речовин в атмосферу кар'єра і дотримуватися відповідних санітарних норм. Це накладає більш жорсткі вимоги до гірничо-видобувних підприємств.

Склад сумішей і рівень забруднення атмосфери кар'єрів значною мірою залежить від досконалості технологічних процесів розробки корисних копалин і розкривних робіт, розміщення відвалів і складів корисних копалин, екскавації і транспортування гірничої маси.

Найбільш небезпечним щодо виділення шкідливих сумішей є проведення термічних бурових робіт, коли виникає викид не тільки великої кількості пилу, але й газоподібних продуктів горіння, забруднюючих атмосферу кар'єрів і ускладнюючих їх нормалізацію. Але найнесприят-

ливішими для атмосфери кар'єрів технологічним процесом є вибухові роботи, які різко погіршують склад атмосфери за пиловими та газовими критеріями. Небезпечність вибухових робіт посилюється ще й тим, що шкідливі суміші виділяються із видобутої маси гірничих порід не тільки під час вибуху, але й після нього, при навантаженні і транспортуванні.

Навантажувально-розвантажувальні і транспортувальні операції також значною мірою впливають на погіршення складу атмосфери, що очевидно, але особливістю є те, що забруднення атмосфери виникає безпосередньо на робочих місцях і в процесі здійснення технологічних операцій.

Залежно від інтенсивності пилоутворення під час роботи навантажувально-розвантажувального обладнання, виділено дві основні групи, що характеризуються:

- кращими умовами праці (транспортні двальні мости, багаточерпакові і крокуючі екскаватори, сучасна техніка), які забезпечують робітникам мінімальний контакт з пилоутворенням;
- несприятливими умовами праці (механічні лопати, грейдери, скрепери, бульдозери, застаріле обладнання тощо.)

Ступінь забруднення атмосфери кар'єрного простору під час роботи різного технологічного обладнання і транспортних машин визначається не тільки особливостями самого обладнання і механізмів, але й гранулометричним складом, фізико-механічними і хімічними властивостями, а також вологістю самої гірничої маси.

Робота транспортних механізмів має ряд особливостей, пов'язаних з

доставкою і переміщенням пустих порід і корисних копалин. Найбільшу небезпеку являють собою великовантажні автосамоскиди, які виділяють шкідливі газоподібні сполуки в атмосферу і створюють при русі велику кількість пилу; та інші безрельсові транспортні засоби з дизельним приводом (дизелевози, скрепери, бульдозери, дизель-тролейвози та ін.).

При оцінці впливу відкритих розробок на стан атмосфери необхідно також враховувати порядок ведення робіт, взаємне розташування і концентрацію обладнання відносно напрямку повітряних потоків, місце розташування і складання гірничої маси за контурами кар'єрів і розрізів, а також розу вітрів і їх швидкості, кліматичні умови місцевості і мікроклімат кар'єрів. З урахуванням цього слід робити характеристику атмосфери вироблених просторів з тим, щоб правильно відбирати методи інтенсифікації природного і організації штучного повітряного обміну при видобуванні корисних копалин відкритим способом.

2. Етапи виконання робіт

Розрахунок викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря при видобуванні корисних копалин

При розрахунку викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря під час видобування корисних копалин виконуються такі роботи.

1. У картографо-геодезичному фонді одержуються картографічні та геодезичні дані (топографічна карта масштабу 1:25000, 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000 і координати вихідних

пунктів у місцевій системі координат).

2. Одержують інформацію щодо поблизу розташованої метеостанції (роза вітрів, мінімальні та максимальні швидкості вітру по місцях, розподіл штилів по місцях, середньомісячний хід вологості повітря в період року, тривалість періоду з мінусовими температурами, середньомісячні плюсові температури повітря).

3. У гірничо-видобувному підприємстві одержують: плани розвитку гірничих робіт, план поверхні з розташуванням відвалів і їх основні параметри, проект на буропідливні роботи.

4. Одержують проект розробки родовища та геологічний звіт.

5. Враховують хімічний та мінеральний склад гірничих порід і корисних копалин, що розробляються, їхні фізико-механічні і фільтраційні властивості з зазначенням притоком води і складом шкідливих речовин.

6. Визначають координати джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

7. Розраховують викиди забруднюючих речовин в атмосферу відповідно до технології відкритих гірничих робіт та з застосуванням різних комплексів механізмів та обладнання при видобуванні корисних копалин кар'єрах і розрізах.

Порядок визначення геодезичних координат джерел викидів забруднюючих речовин

Роботи з визначення координат виконуються картометричними методами: визначаються за топокартами масштабами 1:5000, 1:10000, 1:25000, створеними, зазвичай, у системі координат СК-42; здійснюється перехід координат із системи СК-42

до системи WGS-84. Якщо використовуються топографічні плани масштабами 1:2000, 1:5000, створені у місцевих або умовних системах координат, то виконується перехід координат точок з місцевої системи до WGS-84. Географічний центр (центроїд) визначається в геодезичній системі координат за формулами:

$$B_0 = \frac{\sum B_i}{n}; L_0 = \frac{\sum L_i}{n} \quad (1)$$

де, B_i , L_i – координати точок вузлів прямокутної сітки площинного об'єкта, n – кількість вузлів у межах контура (рис. 1) B_0 , L_0 – координати (широта та довгота) географічного центру.

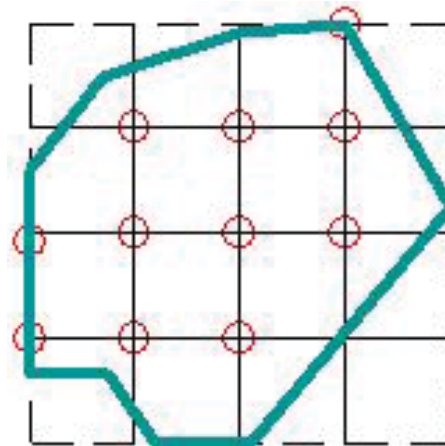


Рис. 1 – Модель однорідного поля у вузлах регулярної сітки

Як виняток, за неможливості застосування картографічних матеріалів (внаслідок невідповідності існуючих картографічних матеріалів стану місцевості), використовують методи наземних зйомок, GPS вимірювань.

Таблиця 1
Географічні координати джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу

№/п. джерела	Широта			Довгота		
	граду-си	міну-ти	се-ку-нди	граду-си	міну-ти	се-ку-нди
	(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
1. ... n_i	1	2	3	4	5	6

Побудова профілів кар'єра на даному етапі розвитку за напрямленням: північ-південь, захід-схід, північний захід, північний схід. Робота виконується за допомогою топографічної кати і сумісного плану гірничих робіт.

Після закінчення розрахунків викидів забруднювальних речовин в атмосферу на топографічну карту наносять нормативну санітарно-захисну зону і розрахункову санітарно-захисну зону.

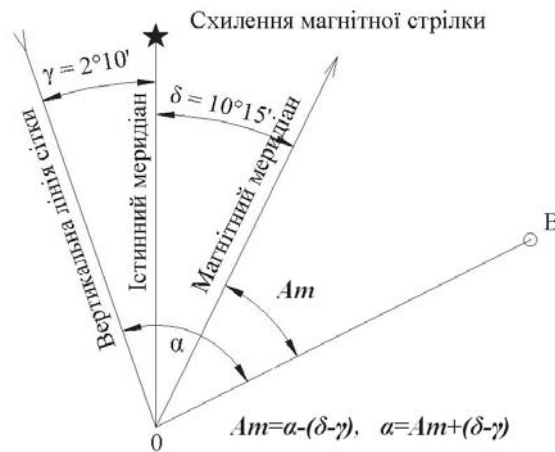


Рис.2 – Схема наближення меридіанів

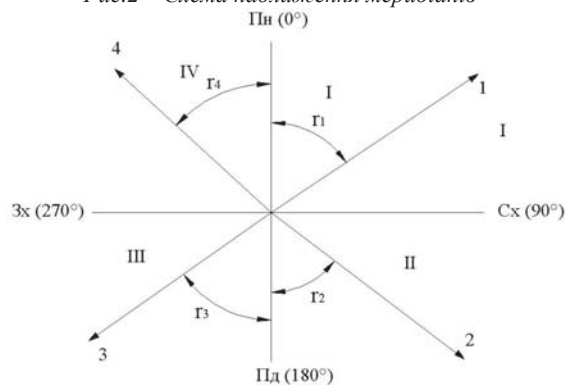


Рис.3 – Румби (I четверть (ПнС) $r_1 = \alpha_1$; II четверть (ПдСх) $r_2 = 180 - \alpha_2$; III четверть (ПдЗх) $r_3 = \alpha_3 - 180$; IV четверть (ПнЗх) $r_4 = 360 - \alpha_4$)

3. Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу

Таблиця 2

Імовірність (%) появи різних значень швидкості вітру

Місяць року	Значення швидкості вітру (м/с)										
	1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20
I	22.0	38.0	19.1	8.3	3.6	2.5	1.7	1.8	2.6	0.4	Менше 0.05
II	23.2	38.0	20.9	8.5	4.5	2.1	1.3	0.5	0.7	0.3	
III	28.0	36.0	19.2	7.5	3.6	2.0	1.2	0.6	0.8	0.7	
IV	24.5	41.1	19.7	7.7	2.7	1.0	1.3	0.7	1.0	0.3	
V	21.9	37.0	22.4	10.1	4.4	1.6	1.0	0.4	1.1	0.1	
VI	21.4	37.8	23.2	9.8	3.3	1.9	1.2	0.4	0.8	0.2	
VII	21.4	38.1	23.5	8.9	3.4	2.5	1.1	0.3	0.6	0.2	
VIII	25.5	37.1	20.3	8.3	3.3	2.6	1.1	0.4	1.1	0.3	
IX	27.6	34.6	21.0	8.4	3.7	1.7	1.1	0.2	1.3	0.4	
X	26.4	31.8	19.4	10.8	4.5	2.4	2.6	0.7	1.3	0.1	
XI	20.4	38.8	23.6	9.2	2.9	1.6	1.7	0.8	0.9	0.1	
XII	18.9	37.9	23.1	8.7	3.7	2.0	1.7	1.0	2.6	0.4	
У середньому за рік	23.0	37	21.5	9.0	3.8	2.1	1.4	0.7	1.2	0.3	

Таблиця 3

Відносна вологість повітря в районі кар'єру

Місяць року	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Вологість, %	86	85	79	74	67	69	71	77	81	84	87	88

У середньому за рік 79%

Таблиця 4

Середня річна і місячна вологість повітря в різні часи доби в районі кар'єру

Час доби	Середня вологість повітря, %												
	по місяцям року												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
1	87	86	84	81	77	79	82	85	88	87	88	88	84
7	87	87	86	82	73	74	77	85	89	89	89	89	84
13	85	82	70	65	58	60	61	65	69	78	85	87	72
19	87	84	71	70	61	63	65	72	79	84	87	88	76

Таблиця

5 Число днів з опадами різної інтенсивності

Місяць року	Кількість опадів, мм						
	0,1	0,5	1	5	10	20	30
I	18,9	13,7	10,8	2,2	0,2	0	0
II	16,3	12,1	9,2	1,4	0,2	0,02	0
III	13,3	9,4	7,4	1,5	0,4	0,02	0
IV	12,1	9,7	8,1	2,6	0,6	0,1	0
V	12,2	9,8	8,4	2,9	0,9	0,1	0,01
VI	13,3	10,8	9,6	4,1	1,7	0,4	0,1
VII	13,4	11,1	9,3	4,5	2,1	0,5	0,1

Місяць року	Кількість опадів, мм						
	0,1	0,5	1	5	10	20	30
VIII	15,6	12,8	11,2	5,4	2,6	0,9	0,3
IX	16,3	13	11,1	5,2	2,4	0,6	0,10
X	17,2	13,9	12,1	4,8	1,6	1,0	0,03
XI	17,6	14,3	11,8	4	1,1	0,1	0,01
XII	18,4	14	11,4	3,1	0,5	0,04	0
За рік	185	145	120	42	15	3	0,7

Таблиця 6

Взаємовплив вологості повітря, добового ходу швидкості вітру, повторюваності штилів і температури повітря в районі кар'єру

Оцінювальний параметр	Місяць	Час доби								Місце замірів	
		01	04	07	10	13	16	19	22		
Вологість повітря, %	I	70	69	72	69	66	68	70	71	K	
		69	68	72	70	67	66	72	73	П	
	IV	68	71	72	65	58	54	58	66	K	
		72	74	76	67	61	57	60	67	П	
	VII	35	37	41	32	25	23	22	28	K	
		33	37	38	30	23	21	21	27	П	
	X	51	54	57	50	39	35	42	48	K	
		50	52	53	50	40	37	42	48	П	
	Швидкість вітру, м/с	I	0,9	1,2	1,3	1,5	2	1,6	1,2	1,2	K
			2,9	2,9	2,9	3,3	4	3,5	2,7	2,6	П
IV		2	1,8	1,6	2,1	2,8	2,7	2,6	2,0	K	
		4,7	4,7	3,5	4,1	4,9	5,2	4,9	4,3	П	
VII		1,4	1,2	1,2	1,8	3,1	3,1	3,1	1,9	K	
		2,7	2,8	3,1	3,4	4,4	4,5	4,5	3,0	П	
X		52	54	49	47	27	35	42	50	K	
		28	36	35	27	17	18	31	26	П	
Повторюваність штилів		IV	15	26	23	15	5	6	6	13	K
			12	15	25	7	2	4	5	9	П
	VII	31	37	41	10	1	1	1	20	K	
		17	16	18	6	1	0	3	8	П	
	X	31	38	42	25	2	3	16	30	K	
		7	12	17	10	0	0	8	12	П	
	Температура повітря, °C	I	-9,2	-9,7	-9,7	9,2	6,3	6,6	7,8	8,7	K
			-10	-10,7	-10,6	-8,6	-6,6	-7	-8	-8,6	П
		IV	8,8	8	7,4	10	12,4	13,9	13,1	11,2	K
			8,4	7,5	7,5	10,1	12,2	13,5	12,8	11,9	П
VII		23,2	21,3	20,2	24,7	27,9	29,2	28,9	26	K	
		22,8	21,2	20,2	24,0	28	29,1	28,5	25,4	П	
X		8,9	7,8	7,1	9,6	12,9	14,2	12,4	10	K	
		8,9	8	7,5	9,6	12,7	13,9	12	9	П	

Примітка: K – кар'єр, П – поверхня.

Залежно від конкретних умов відносна вологість в атмосфері кар'єрів може бути вище або нижче, ніж на поверхні. На зміни вологості в кар'єрах впливають застосування води при боротьбі з пилоутворенням в

процесі виїмково-навантажувальних робіт, поливанні автодоріг, наявності відкритих водойм, робота двигуна внутрішнього згорання, пароводяні відходи при термічному і звичайному бурінні свердловин на бортах

кар'єрів і шпурів для дроблення негабаритів, а також добовий хід швидкості вітру, повтореності штилів і температури повітря (табл. 6).

4. Обчислення термічної стратифікації в кар'єрах

Термічний режим кар'єрів і розривів визначається одночасною дією таких факторів, як температурне поле атмосфери і температура поверхні гірничих порід. Головна особливість полягає в тому, що після віддачі тепла від гірничих порід атмосфері дно кар'єру залишається більш теплим, ніж земна поверхня за кар'єром. Термічний режим відкритих розробок можна характеризувати величиною

температурного градієнта на висоті атмосферного шару «поверхня-дно»

$$\Delta t = (t_q - t_n) / H \quad (2)$$

де, t_q , t_n – відповідно температури повітря на дні кар'єру та на поверхні; H – глибина кар'єру;

величина Δt показує, на скільки градусів змінюється температура повітря при опусканні на 100 м в кар'єр від поверхні.

Вертикальна стійкість шару атмосфери визначається співвідношенням різних значень температурного градієнту: γ_v – вертикального температурного; γ_{iz} – ізотермічного, адіабатичного відокремленого для сухого і вологого повітря; γ_{in} – інверсійного, тобто термічною стратифікацією.

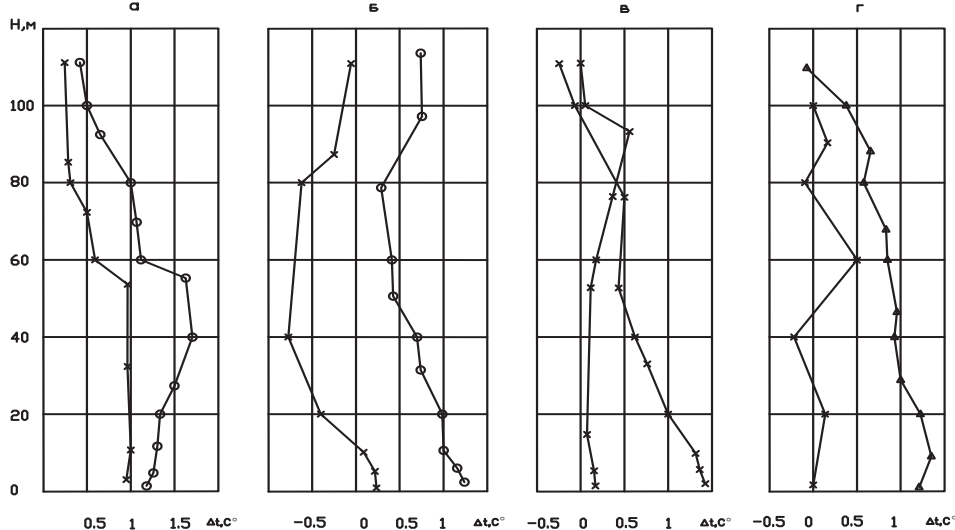


Рис.4 – Основні типи інверсій в кар'єрах (а – приземна; б – поверхнева; в – припіднята; г – шарова; H – глибина кар'єру; Δt – температурний градієнт)

Можливі три види термічної стратифікації атмосфери кар'єру:

- нестійка, коли $\gamma_v > \gamma_a$;
- байдужа при $\gamma_v = \gamma_a$;
- стійка, коли $\gamma_v < \gamma_a$.

Термічний фактор, головним чином, з вітровим шаром визначає конвективну схему.

Для визначення швидкості конвективного потоку, що рухається по

борту, можна використати аналітичну формулу із теорії Л. Прандтля:

$$u = 0.5\varepsilon \sqrt{q \sin \alpha (H - Z) \left(\frac{T_{\Pi}}{T_{\Pi\Pi}} - 1 \right)} \quad (3)$$

де, u – швидкість потоку на довільній глибині;

q – прискорення вільного падіння;

ε – коефіцієнт загальмованості руху потоку через вплив уступів (для високогірних кар'єрів $\varepsilon=0.5/0.6$);

α – кут відкосу борту кар'єру;

H – глибина кар'єру;

Z – глибина довільної точки;

T_{Π} – температура порід дна кар'єру;

$T_{\Pi\Pi}$ – температура повітря на поверхні.

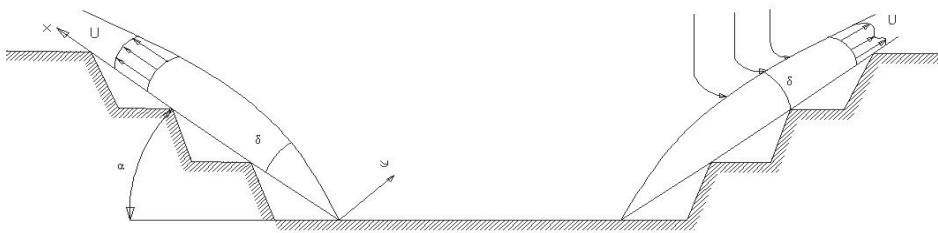


Рис. 5 – Конвективні потоки, що рухаються по борту кар'єру

5. Визначення розрахункової швидкості вітру на верхній бровці кар'єра

Розрахункова швидкість вітру на верхній бровці підвітряного борту кар'єра u_p з урахуванням послаблення повітряного потоку залежно від закритого горизонту нерівності рельєфу визначається за формулою:

$$u_p = u_0 (1 - p), \quad (4)$$

де, u_0 – швидкість вітру, характерна для даного району (визначається за даними метеостанції);

p – коефіцієнт, що характеризує ступінь послабленості напору повітряного потоку залежно від співвідношення H_1/L_1

H_1 – перевищення нерівностей рельєфу над початковою позначкою кар'єру;

L_1 – відстань від верхньої бровки кар'єру до нерівностей рельєфу.

5.1. Послаблення напору повітряного потоку залежно від відношення H_1/L_1 і закритості горизонту

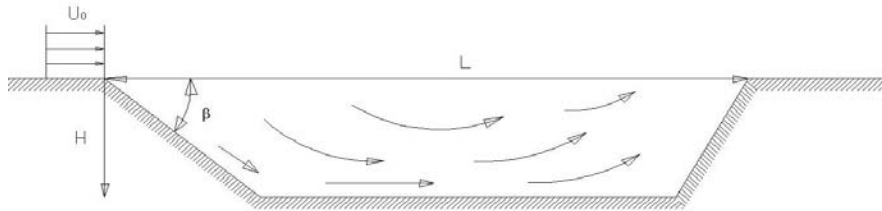
Таблиця 7

Послаблення напору повітряного потоку в залежності відношення

H_1/L_1 і закритості горизонту, градусів	H_1/L_1	p
0	0	0
5	0,09	0,1
10	0,18	0,2
15	0,27	0,3
>15	0,3	

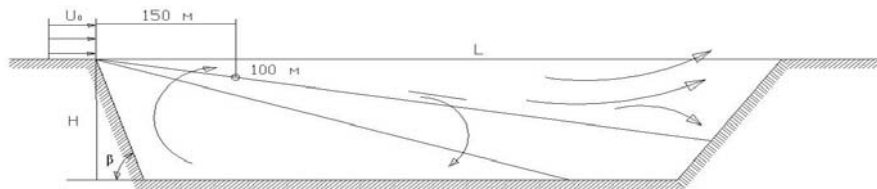
5.2. Визначення схеми провітрювання в кар'єрах

Структура повітряних потоків у кар'єрному просторі залежить від схеми природного провітрювання: прямоточна (а), рециркуляційна (б), рециркуляційно-прямоточна (в), прямоточно-рециркуляційна (г)).



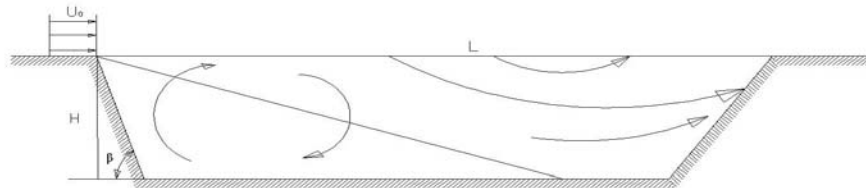
а)

Рис. 6 – Структура повітряних потоків при прямоточній схемі провітрювання кар'єрного простору



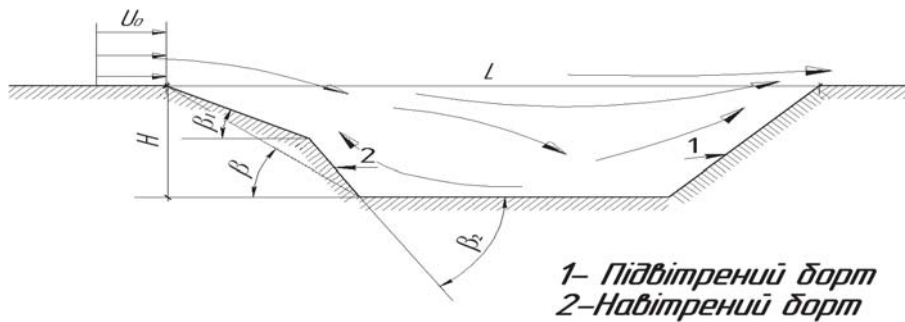
б)

Рис. 7 – Структура повітряних потоків при рециркуляційній схемі провітрювання кар'єрного простору



в)

Рис. 8 – Структура повітряних потоків при рециркуляційно-прямоточній схемі провітрювання кар'єрного простору



г)

Рис. 9 – Структура повітряних потоків при прямоточно-рециркуляційній схемі провітрювання кар'єрного простору

Параметри кар'єру, які визначають вітрову схему його провітрювання Таблиця 8

Параметри кар'єру	Схема провітрювання
При будь-яких L та H , але при $\beta \leq 15^0$ і рівномірному відпрацюванню уступів підвітряного борту	Прямоточна
При $L/H \leq 5 \div 6$, при $\beta > 15^0$	Рециркуляційна
При $L/H > 8 \div 10$, при $\beta > 15^0$	Рециркуляційно - прямоточна
При будь-яких L та H , але при $\beta > 15^0$, $\beta_1 \leq 15^0$ і $\beta_2 > 15^0$	Прямоточно - рециркуляційна

Примітка: L – довжина кар'єру; H – глибина кар'єру; β , β_1 , β_2 – відповідно кути відкосів підвітряного борту кар'єру.

Показник температурної інверсії (γ , $^{\circ}\text{C}/100\text{м}$) < 0

Перед детальним розрахунком провітрювання кар'єру необхідно визначити величину

$$\gamma = 0,028p_0 + 0,096/T_0 - 0,087u_0 - 18,324 \quad (5)$$

де, p_0 – атмосферний тиск;
 T_0 – температура повітря;
 u_0 – швидкість вітру.

Якщо $\gamma < 0$, то спостерігається інверсійний стан атмосфери, за якого рух повітря в кар'єрі припиняється.

Якщо $\gamma > 0$, то спостерігається ізотермічна нестійкість стану атмосфери.

В атмосфері кар'єрів і розрізів, особливо глибоких, поряд з основними компонентами (азот, кисень і вуглекислий газ), притаманними атмосфері будь-якого місцевості та будь-якому виробничому об'єкту, присутній ряд сумішей представле-

них собою (оксиди азоту, оксид вуглецю, оксид вуглеводу, сірководень, сірчаний газ), деякі альдегіди (акролеїн і формальдегід).

Зміни в складі атмосфери кар'єрів і розрізів, поряд з функціонуванням гірничого технологічного обладнання і проведенням вибухових робіт, залежать значною мірою від мікроклімату кар'єрних просторів, тобто від стану приземного, прикордонного шару повітря, що визначає умови накопичення і виносу сумішей з робочої зони. Основними елементами мікроклімату кар'єрів є швидкість руху повітряних потоків у кар'єрі в цілому і в робочій зоні, температурний режим, вологість повітря.

5.3. Визначення інтенсивності забруднення атмосфери в кар'єрах

Забруднювачами атмосфери в кар'єрах є:

- точкові джерела (бурові станки, екскаватори, дробарки та ін.);
- об'ємні (пило-газові хмари після вибуху);
- лінійні (автодороги, конвеєрні стрічки, газовиділення із пластів);
- розподілені (поверхня бортів кар'єрів, ділянки ерозії ґрунтів)

Для одиничного джерела інтенсивність (г/с) виділення сумішей в атмосферу кар'єрів чи розрізів визначається за формулою:

$$q_c = V_{\Pi} C_e \quad (6)$$

де, V_{Π} – середній дебіт повітря із організованих джерел викидів (бурові станки, двигуни внутрішнього згоряння та ін.) $\text{м}^3/\text{с}$;

C_g – середня концентрація пилу і отруйних газів, парів що викидаються в повітря, г/м³

Загальна характеристика пило-газоутворень при здійсненні технологічних операцій в кар'єрах і розрізах наведена в табл. 13 без урахування інтенсивності викидів і застосовується при проектуванні (валові викиди).

6. Визначення пилових викидів в атмосферу кар'єру

Мінералогічний склад пилу звичайно близький до мінералогічного складу підірваних гірничих порід.

Хімічний склад пилу також близький до хімічного складу порід, але окремі частки можуть бути занесені з інших джерел (термічні бурові роботи, ДВС і від вибухових роботах). Отруйний пил утримує свинець, ртуть, хром, марганець та інші токсичні елементи. До неотруйного пилу відноситься кварцовий (небезпечний по силікозу), вугільний.

Дисперсійний склад пилу визначається природними і техніко-технологічними факторами і відрізняється за розміром пилових частинок, що накопичуються в атмосфері відкритої розробки. Форма пилових часток визначає швидкість їх осідання і залежить від способу руйнування порід. Істинна цілісність окремо взятої частки пилу дорівнює вихідній.

Властивості змочування пилу водою оцінюється по красвому куту, введеному в розрахунки змочування акад. П.А. Ребиндером.

Таблиця 9

Склад вільного SiO₂ в деяких породах

Порода	Склад SiO ₂ , %
Вивержені породи	
Граніт	25-65
Пегматити	21,5-40
Кварцові порфірити	26-52
Кварцові діорити	20-47
Апліти	20-35
Гранодіорити	14-24
Кварцити	14-21
Габро	5-8
Діабази	2-3
Піроксиніти	1-2
Метаморфічні породи	
Кварцити	57-92
Дасоспиліти	45-70
Гнейси	27-64
Амфіболіти	12-64
Скарни	30-50
Слюдяні сланці	25-56
Роговики(гранітові)	20-24
Осадкові породи	
Піщаники	33-76
Вапняки	15-37
Звичайні вапняки	0,2-8
Боксити	0,5-1
Бентоніти	3-7

Таблиця 10

Щільність часток пилу деяких порід

Вихідні породи	Щільність пилу, кг/м ³	Вихідні породи	Щільність пилу, кг/м ³
Азбест	2100-2800	Залізна руда	3500-4500
Апатит	3150-3410	Кварц	2500-2800
Базальт	2600-3000	Оксид свинцю	7000
Глина	1600-1900	Вугілля	1000-16000
Доломіт	3200		

Таблиця 11

Значення кращого кута для оцінки змочування пилу деяких порід

Порода	Кращий кут, градус	Порода	Кращий кут, градус
Кварц	0-10	Антимоніт	24
Малахіт	17	Галеніт	47
Вольфраміт	29	Сфалерит	46
Пірит	26-33	Смітсоніт	47
Халькопірит	46-47	Молибденіт	60

Таблиця 12

ГДК для різного пилу, присутнього в атмосфері різноманітних зон кар'єрів і розрізів

Вид пилу	ГДК мг/м ³
Пил із вмістом SiO ₂ більше 70%	1
Пил із вмістом SiO ₂ 10-70%	2
Азбестовий пил (більше 10% азбесту)	2
Силікатний пил (талк, оливін) зі складом вільної SiO ₂ менше 10%	4
Пил бариту, апатиту, фосфориту зі складом вільної SiO ₂ менше 10%	5
Вугільний пил і вугільно-породний пил зі складом SiO ₂ більш 10%	2
Вугільний пил, складом менше 10% SiO ₂	4
Пил глини і мінералів, без вмісту вільної SiO ₂	6
Вугільний пил без SiO ₂	10
Пил свинцю і свинцевих неорганічних сполук	0,01
Марганцевий пил	0,3
Пил з оксидом алюмінію у вигляді аерозолі дезінтеграції (глинозем, корунд)	6
Пил з оксидом заліза та оксидами марганцю до 3%	6

Вид пилу	ГДК мг/м ³
Пил з оксидом заліза із примішками фтористих і марганцевих сполук до 6%	4
Магnezитовий пил	10
Пил зі складом хромистих речовин (хроматів, біхроматів, хромового ангідриду)	0,01
Уран (розчинні сполуки)	0,015
Уран (нерозчинні сполуки)	0,075

Таблиця 13

Загальна характеристика джерел пило-газових утворень в кар'єрах і розрізах

Процес або джерела	Суміші	Зареєстровані концентрації в нормах ГДК ₃ мг/м ³	Характер забруднення атмосфери
Вибухові роботи	СО, N ₂ O ₅	5-10	місцеве, загальне
Буріння:			
обертів	Пил	25-100	
зануреними перфораторами	Пил	17-150	місцеве, загальне
термічне перфораторне	Пил	12-15, 24	місцеве, загальне
Робота бульдозерів	Альдегіди, пил	25-575	місцеве
	Альдегіди, пил	3-5, 20	місцеве, загальне
Екскаваторні роботи	Альдегіди, пил	5-85	місцеве
	Альдегіди, пил	5-15	місцеве, загальне
Робота навантажувальних машин	Альдегіди, пил	3-5, 5-25	місцеве, загальне
Транспорт: залізничний	Альдегіди	1-100	
автомобільний	Альдегіди	4-25	місцеве
	Альдегіди, пил	25-100	
конвеєрний скрепери	Пил	100-130	місцеве
Робота каменерізних машин, дробильних установок, грохотів	Пил	130	місцеве, загальне
		4-3	
		3-5 до 10	місцеве, загальне
			місцеве

Процес або джерела	Суміші	Зареєстровані концентрації в нормах ГДК, мг/м ³	Характер забруднення атмосфери
Подріблення негабаритів: механічне термічне за допомогою ВР Пожежі Виділення газів із гірничих порід і ґрунтових вод Вивітрювання порід Процеси окислення Внесення сумішей від зовнішніх відвалів, фабрик, зовнішніх доріг	Пил Пил Пил СО, SO ₂ H ₂ S, R _n Вуглев одні Пил СО Пил, гази, пари	3-5 5-7 1-30 2-4 до 10	місцеве, загальне місцеве місцеве місцеве, загальне місцеве, загальне місцеве, загальне місцеве місцеве місцеве, загальне

Інтенсивність газовиділень від джерел, пов'язаних з роботою обладнання, наведено в табл. 16

Наведені дані є узагальнюючими для значної кількості гірничо-видобувних підприємств. Вони змінюються від кліматичних і гірничо-

геологічних умов конкретного підприємства, а також від пори року.

Таблиця 14

Інтенсивність пилоутворення, г/с на гранітному кар'єрі залежно від пори року

Обладнання	Літо	Зима	Весна-осінь
Екскаватор ЕКГ-4.6	250-300	220-240	210-220
Автосамоскид БелАЗ-548	120-180	240	12-50
Бульдозери	40-90	-	15-45
Бурові станки СБС	40-60	10-20	25-35
		30-40	

Таблиця 15

Інтенсивність пилоутворення від основних технологічних об'єктів кар'єра

Період року	Запиленість атмосфери, г/м ³ , на об'єктах проведення технологічних процесів		
	Буріння	Екскавація гірничої маси	Транспортування гірничої маси автосамоскидом
Зима	0,08-0,11	0,03-0,075	-
Весна-осінь	0,06-0,09	0,03-0,06	0-0,015
Літо	0,11-0,135	0,055-0,1	0,03-0,045

Таблиця 16

Інтенсивність виділення пилу при роботі обладнання в кар'єрі

Процеси	Характеристика об'єкта	Інтенсивність виділення, г/с
Рудні кар'єри		
Транспортування гірничої маси автомобілями БелАЗ-540	Щебенево-гравійна дорога (вологість $p=1\div 2\%$)	3-12
	Волога дорога ($p=5\div 6\%$)	0,3
Навантаження гірничої маси екскаваторами:	Суха руда, кварцити ($p=1\div 2\%$)	до 0,5
	Волога руда, кварцити ($p=6\div 7\%$)	

Процеси	Характеристика об'єкта	Інтенсивність виділення, г/с
ЕКГ-4	Суха руда, кварцити ($p=1\div 2\%$)	0,12
ЕКГ-8	Волога руда, кварцити ($p=6\div 7\%$)	0,8
Роторним	Суха порода (аргіліти, алевроліти, вапняки, $p=3\div 4\%$)	0,2
Буріння вибухових свердловин:		до 2000
Шарошечне з циклонним пиловловлювачем	Скельні породи	0,11-0,12
Пневмоударне з пиловловлювачем	Скельні породи	до 0,03
Вогневими станками	Скельні породи	10,5
СБО-2 без очистки	Скельні породи	0,22
СБО-2 з очисткою	Скельні породи	
Буріння негабаритів з промивкою водою	Суха гірнична маса ($p=1\div 3\%$)	до 0,19
Бульдозерна зачистка робочих майданчиків		до 0,25
Подрібнення без пиловловлювання:	Кварцити ($p=6\div 7\%$)	0,08
Рудна дробарка (320т/год)	Вапняки ($p=8\div 9\%$)	0,3
Породна дробарка (1340т/год)		
Вугільні розрізи		
Навантаження вугілля ЕКГ-4 на конвеєр	($p=8\div 10\%$)	0,42
Укладання породи екскаватором ЕКГ-4 на зовнішньому відвалі	Аргіліти, алевроліти ($p=8\div 10\%$)	0,8
Навантаження породи екскаватором ЕКГ-8 в вагони	($p=6\div 7\%$)	
Переєкскавація перегорівши відвальних мас екскаватором ЕКГ-4		6,9
Розвантаження думпкарів на зовнішньому відвалі	($p=10\div 12\%$)	0,24

7. Визначення пило-газових виділень при масових вибухах

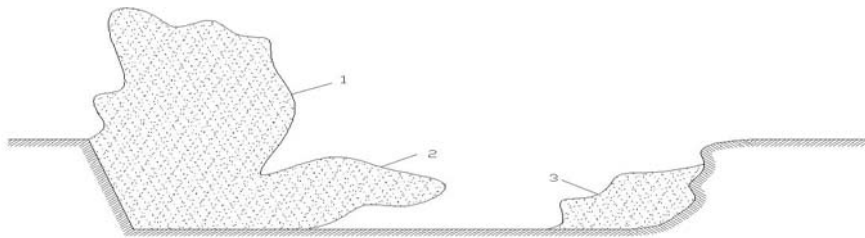


Рис. 10 – Схема утворення пило-газових хмар при масових вибухах у кар'єрі (1 – первинна хмара, 2 – другорядна хмара, 3 – хмара, утворена за рахунок ударної хвилі і сейсмічних коливань)

Найбільш потужним джерелом миттєвого виділення пилу і утворення пилогазових хмар в атмосфері кар'єрів є масові вибухи.

Висоту підйому пилогазових аерозолів розраховують за формулою:

$$h_0 = \frac{\Delta t}{(\gamma_a - \gamma) - t_c / [q(c\epsilon)^2 R - 4.3]}, \quad (7)$$

де, Δt – різниця температур продуктів вибуху навколишнього середовища на висоті 10-15 м від поверхні, що підривається, С°;

γ – вертикальний температурний градієнт, С°/100м, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

c, ϵ – розмірні експериментальні постійні ($c=11.5$; $\epsilon=0.2$);

R – первинний радіус пило-газової хмари, м:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}, \quad (8)$$

де, V_0 – об'єм газів, виділених при вибуху ВР, м³;

$$V = mAV_0, \quad (9)$$

$m=0.6 \div 0.75$ – коефіцієнт, що враховує дійсну кількість газів, які надходять в атмосферу (частина газів залишається у підірваній гірничій масі), 1/кг;

V_0 – об'єм газів, утворених при розкладанні; 1 кг ВР ($V_0=0.6 \div 1.1$) м³;

A – маса ВР, кг.

Концентрацію шкідливих речовин на поверхні землі при розповсюдженні пило-газової хмари визначають з формулою:

$$n = n_0 \exp\left(\frac{V^{1.9}}{2.92V^2 + 497.5V - 500}\right), \quad (10)$$

n_0 – початкова концентрація пилу в пило газової хмари, мг/м³;

V – швидкість вітру на поверхні землі, м/с;

I – пилоутворення при масовому вибуху, мг/м³;

Q_r – об'єм підірваної гірничої маси, м³.

Другорядна пило-газова хмара виникає після підриву в зоні відкидання пилу і газу на підшві уступу в радіусі розльоту шматків породи:

$$R_3 = k\sqrt{A} / r\sqrt{p_i} / n(S/d^2), \quad (11)$$

де, k – коефіцієнт, що враховує тип і конструкцію заряду ВР;

p – щільність породи, що підривається, кг/м³;

r – просування вибою, м;

S – площа поперечного січення вибою що підривається, м²;

D – діаметр свердловини, м.

Найбільш інтенсивне виділення тонкодисперсного пилу із первинної хмари спостерігається на відстані 200-300 м від місця вибуху.

Таблиця 17

Зміни дисперсійного складу осідаючого пилу, в залежності від відстані до місця вибуху

Відстань від місця вибуху, м	Дисперсійний склад, % по фракціям пилу, мкм				
	1,4	1,4-4	4-15	15-50	50
40	63,09	23,46	9,03	1,12	1,3
60	68,79	23,13	6,76	0,92	0,4
90	65,74	22,69	9,89	1,66	0,02
120	70,21	19,9	8,62	1,24	0,03
200	74,31	17,52	7,33	0,8	0,04
300	75,11	19,5	4,8	0,57	0,02
600	79,87	15,77	3,7	0,5	0,16

Границя розсіювання первинної пилогазової хмари по поверхні землі може бути визначена за формулою:

$$L_p = 1.21 \exp(-0.0018H) \left[-1n \frac{c_{ГДК}}{c_0} (292.5V^2 + 497.5V - 500) \right] \frac{1.59}{V}, \quad (12)$$

Таблиця 18

Гранично допустимі концентрації для деяких газоподібних сумішей в атмосфері кар'єрів

Речовина	Хімічна формула	ГДК (гранично допустимі концентрації)	
		абсолютна, мг/м ³	відносна, % до об'єму
Акролеїн	CH ₂ CHCON	0.7	0.00009
Оксиди азоту (в пере- рахунку на N ₂ O ₅)	N ₂ O ₅	5	0.00026
Оксид вуглецю	CO	20	0.0017
Сірчаний ангідрид	SO ₂	10	0.00038
Сірководень	H ₂ S	10	0.00071
Тринітротолуол	C ₆ H ₆ (NO ₂) ₃ CH ₃	1	-
Формальдегід	CH ₂ O	0.5	0.00004

За наявності в повітрі кар'єрних просторів декількох шкідливих сумішей одночасно їхня гранична концентрація повинна підпорядковуватися наступному співвідношенню:

$$\frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ГДК_n}, \quad (13)$$

де, c_1, c_2, \dots, c_n – фактичні концентрації шкідливих речовин односпрямованого діяння, тобто речовин, близьких до хімічної будови і характеру біологічної дії на людину;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації.

Таблиця 19

Склад газоутворених сумішей в викидах, %, зі свердловин, обурених термобурами різних типів

Тип термобура	Газові суміші				
	O ₂	CO ₂	CO	NO ₂	альдегіди
На керосиново-кисневій суміші з водним охолодженням пальника (СБО-1, СБО-2)	1,5-20,9	0,7-47,6	1-46,9	0,021-0,29	0,0089-0,132
На керосиново-повітряній суміші з водним охолодженням пальника (СБО-4)	15,9-18,1	1,4-2,5	0,4-5,8	0,007-0,15	0,0021-0,132
На керосиново-повітряній суміші з повітряним охолодженням пальника (ручний термобур ТБ)	2-6,7	4-8,9	0,03-4	0,04-0,115	0,0023-0,095

Таблиця 20

Газовиділення при вибухових роботах на кар'єрах

Тип ВР	Руди, породи	Питома витрата ВР, кг/м ³	Вологість порід, %	Склад шкідл. газів, л/кг		
				Всього	СО	NO+NO ₂
Граммоніт, 79/21	Магнетитові речовини Теж	0,66-0,75 0,7	2,3-3 2,5	32 34,6	15,5 13	2,54 3,33
	Магнетитові і полуокислені роговики	0,6	2,8-3,5	34,8	12,2	3,48
	Некондиційні речовини і сланці	0,6	2-3,8	55,7	10,2	7
Граммоніт 50/50	Магнетитові роговики	0,5-0,57	2,7	59,4	9,4	7,7
	Некондиційні і магнетитові роговики	0,66 0,6	4,5 2,4-3	51,5 52,4	33,2 30,8	2,82 3,34
Грануло-тол	Магнетитові роговики	0,77-0,8	2,9-3,3	83,1	70,2	2,02
	Теж	0,7	2,2-2,8	84,4	65,4	2,91
	Некондиційні і магнетитові роговики	0,66 0,6	2,7-4,1 2,5	74,3 72,8	57,8 52,2	2,34 3,19

Таблиця 21

Склад шкідливих газів, що залишились у підірваній породі

Тип ВР	Руди і породи	Питома витрата ВР, кг/м ³	Вологість порід, %	Кількість газів у підірваній гірській масі, л/кг		
				Всього	СО	NO+NO ₂
Граммоніт 79/21	Сланці амфіболові з кварцовим прошарком	0,82	1-1,3	4,85	4,81	0,007
	Некондиційні роговики, сланці	0,7	1,8-23	4,8	3,9	0,23
Ігданіт	Окислені магнетитові роговики	0,7	2,5-3	11,5	10,6	0,14
	Не окислені магнетитові роговики	0,7	2,4-47	5,4	4,6	0,12
	Сланці вуглисто-серіцитові	0,87	0,5-1	4,26	4,24	0,003
Суміш: ігданіт (3/4) граммоніт 79/21 (1/4)	Сланці амфіболові з кварцовими прошарками	0,82	1-1,3	5,09	4,95	0,021
Акватол Ам'ячно-селітрова суміш	Магнетитові роговики	0,71	2-2,8	3,34	3	0,053
	Джеспаліти, гематитомартитові і магнетитові роговики	0,75 0,8	2,6-4,5 2,1-3,7	15,05 13	15 12,7	0,008 0,05
Граммоніт 50/50	Теж	0,75	4	38,5	36,5	0,3
	Магнетитові і некондиційні роговики	0,75	4-5,5	21,2	20	0,2
	Некондиційні роговики, сланці	0,7	1,5-3	44,3	42,3	0,4

Тип ВР	Руди і породи	Питома витрата ВР, кг/м ³	Вологість порід, %	Кількість газів у підірваній гірській масі, л/кг		
				Всього	СО	NO+NO ₂
Суміш: гранулол (2/3) грамоніт 79/32 (1/3) Гранулол	Не окислені магнетитові роговики	0,7	4,7-6,4	10	8,9	0,17
	Селікатно-магнетитові роговики, сланці	0,8	3,2-7,1	27,1	27,1	0,004
	Некондиційні і магнетитові речовини	0,66	6,2-8,6	27,5	27,3	0,03
	Магнетитові речовини	0,6	2,5-4,2	41	40,5	0,08
	-//-//-	0,7	2-3	50,8	50,5	0,05
	-//-//-	0,72	2,6-3,6	49,5	49,2	0,04
	-//-//-	0,71	4,2-4,9	42	42	0,01
	Джеспаліти, гематитомартитові і магнетитові роговики	0,7	3,6-4,3	36,1	36,1	0,013
	-//-//-	0,72	2,2-3,9	39,2	39,2	0,009

* У перерахунку на умовний вуглець.

Таблиця 22

Інтенсивність виділення в атмосферу кар'єрів отруйних газів та пару від працюючого обладнання

Обладнання і транспортні машини	Марка	Інтенсивність газовиділення, м ³ /с	Об'ємна доля, %		
			Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Альдегіди
Станок вогневого буріння з кисневим окислювачем пального	СТО-160/120	0,8	1-16,9	0,0043	0,0089-0,132
Станок вогневого буріння з повітряним окислювачем пального	СБТМ-20	0,8	0,4-9	0,0014-0,0035	0,0021-0,132
Тепловоз	ТЕ-3	6,5	0,0013-0,006	0,00043-0,018	0,0022-0,012
Автосамоскиди	КраЗ-256	0,34	0,33-0,584	0,008-0,069	0,00134-0,042
	БелАЗ-540	0,66	0,012-1,32	0,006-0,96	0,0019-0,05
	БелАЗ-548	0,88	0,05-0,2	0,094-0,31	0,00024-0,001
Бульдозери	БелАЗ-549	1,25	0,104-0,39	0,0003-0,42	0,0048-0,0164
	Т-180	0,33	0,0221-0,136	0,0013-0,62	0,00024-0,046
	ДЕТ-250	0,53	0,036-0,057	0,0004-0,011	0,00024-0,042

Таблиця 23

Залежність інтенсивності газовиділення від потужності двигунів автосамоскидів

Автосамоскиди	Потужність двигуна, кВт	Газовиділення, г/с	
		оксид вуглецю	діоксид азоту
БелАЗ-540	265	0,7	1,352
БелАЗ-546	368	0,972	1,877
БелАЗ-549	772,8	2,04	3,941
БелАЗ-7519	956,8	2,526	4,88
БелАЗ-7521	1692,8	4,469	8,633

Таблиця 24

Склад (по об'єму) основних компонентів вихлопних газів двигунів ЯМЗ-240, автосамоскидів БелАЗ-540А

Компоненти вихлопних газів	При підйомі з вантажем	При спусканні в кар'єр
Оксид вуглецю, %	0,064	0,0048
Оксид азоту, %	0,05	0,01
Вуглеводень (в перерахунку на CH ₄), %	0,6	1,7
Діоксид вуглецю, %	5,1	1,5
Кисень, %	10-12	до 20
Акролеїни, мг/м ³	20	48
Формальдегід, мг/м ³	4	8

8. Визначення загальної інтенсивності пилогазоутворення в атмосфері кар'єру

Загальну інтенсивність пилоутворення в атмосфері кар'єру чи розрізу (г/с) можна визначити за формулою:

$$G = \sum q_T + \sum q_{л} + \sum q_{pp} + \sum q_{ин} \quad (14)$$

де, q_T – інтенсивність виділення шкідливих речовин із внутрішнього точкового джерела;

$q_{л}$ – те ж, із лінійного внутрішнього джерела;

q_{pp} – те ж, із внутрішнього рівномірно розподіленого джерела;

$q_{ин}$ – інтенсивність надходження шкідливих речовин від зовнішнього джерела.

Для подібних точкових джерел інтенсивність виділення шкідливих ре-

човин залежить від одночасної роботи обладнання і може розраховуватися за формулою:

$$\sum q_T = \sum n_i k_i q_i, i = 1, 2, \dots, n, \quad (15)$$

де, n_i – число однотипових джерел;

k_i – коефіцієнт одночасної роботи джерел кожного типу як відношення числа працюючих механізмів до загального їх числа;

q_i – інтенсивність виділення шкідливих речовин (пилу або токсичних парів та газів) одиничним джерелом кожного типу.

9. Визначення загальної потужності джерел шкідливих сумішей

Загальна потужність внутрішніх джерел шкідливих речовин (мг/с) визначається за формулою:

$$G_{заг.} = \sum G_{лін.} + \sum G_{точ.} + \sum G_{pp}, \quad (16)$$

де, $G_{заг.}$, $G_{лін.}$, $G_{точ.}$ – сумарна інтенсивність виділення однойменних газів чи пилу, розташованих у зоні рециркуляції відповідно лінійними, точковими і рівнорозподіленими джерелами, мг/с;

$$i=1,2,3,\dots,n$$

При цьому сумарна інтенсивність виділення однойменних газів чи пилу кожної групи цих джерел становить:

$$\sum G = n_1 k_0^I q_1 + n_2 k_0^{II} q_2 + \dots + n_n k_0^{II} q_n, \quad (17)$$

де n_1, n_2, \dots, n_n – число джерел відповідного типу;

q_1, q_2, \dots, q_n – інтенсивність виділення шкідливих сумішей джерелом одного типу, мг/с;

$k_0^I, k_0^{II}, \dots, k_0^{II}$ – коефіцієнти одночасної роботи джерел даного типу.

Коефіцієнт одноразової роботи для стаціонарних та нестаціонарних джерел, що мають постійну інтенсивність, розраховуються відповідно залежності:

$$k_0 = n_p / n_n, \quad (18)$$

де, n_p, n_n – кількість машин, працюючих або розташованих у рециркуляційній зоні відповідно.

Коефіцієнт одночасної роботи для джерел інтенсивність яких змінюється в залежності від режиму роботи, визначається:

$$k_0 = 1 - n_H (q_0 - q_x) / q_0 n, \quad (19)$$

де, n – загальне число однотипних машин, що працюють в зоні рециркуляції на холостому ходу;

q_0, q_x – інтенсивність виділення шкідливих речовин відповідно до по-

вного навантаження і на холостому ходу, мг/с.

Баланс окремих шкідливих речовин (газу, пилу), що надходять безпосередньо в рециркуляційну зону від зовнішніх джерел, розраховується за формулою:

$$G_{заг.}^e = \sum m_1 G'_{Л} + \sum m_2 G''_{Т} + \sum m_3 G_{Т.в.}, \quad (20)$$

де, $G'_{Л}, G''_{Т}, G_{Т.в.}$ – інтенсивність виділення однойменних газів чи пилу відповідно лінійними і точковими джерелами, що виробляють суміші на поверхні землі, а також точковими джерелами, розташованими на деякій висоті над поверхнею землі, мг/с;

m_1, m_2, m_3 – безрозмірні коефіцієнти, що враховують відсоток заносу шкідливих речовин у рециркуляційну зону від відповідних джерел (наприклад, для ГМК «Печенганікель» $m_1=0.6/0.7; m_2=0.5/0.6; m_3=0.3/0.4$).

Сумарна інтенсивність однотипових газів чи пилу, що надходять у рециркуляційну зону від кожної групи відповідних джерел, визначається за формулою:

$$\sum G' = n'_1 k'_0 m' q_1 + n'_2 k''_0 m'' q_2 + n'' k''_0 q_n, \quad (21)$$

де, $n'_1, n'_2, \dots, n'' k''_0$ – число однотипових зовнішніх джерел;

m', m'', \dots, m'' – середні коефіцієнти заносу шкідливих речовин від однотипових джерел, що розглядаються.

Загальний баланс шкідливих речовин, що поступають у рециркуляційну зону кар'єру від внутрішніх і зовнішніх джерел становить:

$$G_{заг.} = G_{заг.} + G'_{заг.}, \quad (22)$$

При швидкостях повітряних потоків, що перевищують критичні за спроможністю здувати пил з робочих поверхонь, у формулі необхідно додати:

$$q = \omega F, \quad (23)$$

де, ω – середньозважена за площею кар'єра питома здуваємість, $\text{мг}/\text{см}^2$; що визначається за графіком залежно від швидкості повітряного потоку:

F – сумарна площа робочих поверхонь, м^2 .

При прогнозуванні загального балансу шкідливих речовин у кар'єрному просторі необхідно враховувати вибухові роботи. Кількість пилу (мг), що поступає в атмосферу кар'єра при вибухових роботах, визначається по залежності:

$$p = g_n V_0 / 10^3, \quad (23)$$

де, V_0 – об'єм блоку що підривається, м^3 ;

g_n – питома пилоутворення, $\text{г}/\text{м}^3$, значення g_n можна визначити по графіку.

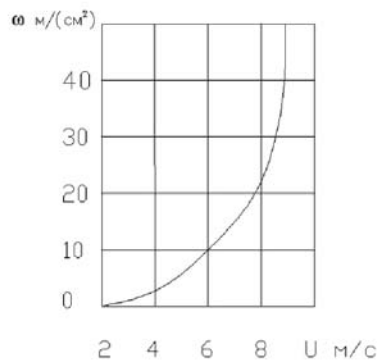


Рис. 11 – Залежність питомого здування пилу ω від швидкості повітряного потоку u .

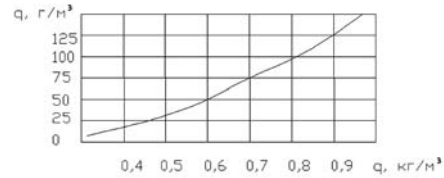


Рис. 12 – Залежність кількості утвореного під час вибуху пилу q_n від питомого витрачення $ВР$

При цьому кількість умовного оксиду вуглецю ($\text{CO}_{\text{умов.}} = \text{CO} + 6,5 \text{ NO}_2$), що надходить в атмосферу кар'єра під час вибухових робіт, можна розрахувати так:

$$P_G = g_T A_p 10^{-3}, \quad (24)$$

де, g_T – газовиділення $ВР$, $\text{л}/\text{кг}$;

для умов ГМК «Печенганікель»

$g_T = 50 \text{ л}/\text{кг}$;

A – кількість $ВР$, що підривається, кг ;

ρ – щільність газової суміші, $\text{кг}/\text{м}^3$

10. Концентрація шкідливих речовин в атмосфері кар'єрного простору

$G''_{\text{заг.}}$ – загальний баланс шкідливих речовин, що надійшли до рециркуляційної зони кар'єра від зовнішніх і внутрішніх джерел, $\text{мг}/\text{с}$;

$x_{c,cp}$ – середнє значення абсцис точок зустрічі зовнішньої межі потоку з підвітряним бортом або дном кар'єра для ряду характеристик його профілів, що співпадають з напрямленням вітру, м (рис. 7);

U_p – розрахункова швидкість вітру на верхній бровці підвітряного борту кар'єра, $\text{м}/\text{с}$;

L_I – довжина зони рециркуляції в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру, м ;

C'_0 – фонові концентрації, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$G'_{\text{заг.}}$ – баланс шкідливих речовин, що поступають у рециркуляцій-

ну зону кар'єра від зовнішніх джерел, мг/с;

$x_{сер}$ – середнє значення абсцис межі, що розподіляють зони прямого

і зворотнього потоків, для ряду характерних профілів кар'єра, співпадаючих з напрямком вітру, м (рис.8);

Таблиця 25

Розрахункові залежності для концентрації шкідливих речовин в кар'єрах в залежності від схеми провітрювання і місця визначення забруднення

Схема провітрювання кар'єра	Місце визначення забруднення атмосфери	Розрахункові формули для визначення шкідливих речовин, мг/м ³
Рециркуляційна	а) у зоні рециркуляції	$C_p = \frac{33.3G''_{заг.}}{x_c c_p U p L_1} + C'_0$
	б) за її межами	$C = \frac{15G''_{заг.}}{x_c c_p U p L_1} + C''$
Рециркуляційно-прямоточна	а) у зоні рециркуляції	$C_p = \frac{33.3G'_{заг.}}{x_c c_p U p L_1} + C'_0$
	б) за її межами	$C = \frac{15G_{заг.}}{(x c_p + x) U p L_1} + C'_0$
Прямоточно-рециркуляційна	а) у зоні рециркуляції	$C_p = \frac{33.3G''_{заг.}}{x_1 c_p U p L_1} + C'_0$
	б) за її межами	$C = \frac{15G''_{заг.}}{x_1 c_p U p L_1} + C'_0$
Прямоточна	У кар'єрі при розташуванні зовнішнього чи внутрішнього лінійного джерела біля бровки підвітряного борту кар'єра	$C_{II} = \frac{10G_{Л}}{x' U p L_H}$

x – відстань від межі в напрямку руху вітру до точки, в якій визначається концентрація шкідливих речовин, м (рис.9);

$$G''' = G_{заг.} + G_0; \quad (25)$$

де G_0 – баланс надходження шкідливих речовин від внутрішніх джерел, розташованих на ділянці підвітряного борту, що провітрюється по прямоточному режиму, мг/с;

$x_{1сер.}$ – середнє значення абсциси межі розділу зон прямого і зворотнього потоків, м; (рис. 9)

x' – абсциса нижньої бровки підвітряного борту кар'єра при прямоточній схемі в профілі, що проходить через його глибоку частину і співпадає з напрямком вітру, м; (рис. 6)

$G_{Л}$ – інтенсивність виділення одноїменних газів чи пилу лінійним джерелом, що розташоване у верхній бровці підвітряного борту кар'єра,

при прямоочній схемі провітрювання, мг/с;

$U_{сер}$ – середня швидкість повітряного потоку, сформованого рухом в зоні рециркуляції при прямоочно-рециркуляційній схемі, м/с;

L_H – довжина лінійного джерела, м. При цьому:

$$U_{сер} = 0,725 U_p q / 1.57 - \varphi_n, \quad (26)$$

де, φ_n – безрозмірний параметр, що визначає товщину шару прямоочного потоку повітря на підвітряно-му борту кар'єра;

q – безрозмірна величина, що визначається:

$$\varphi = 5.85 U_H / x', \quad (27)$$

де, x' , U_H – відповідно абсциса і ордината точки в координатах з початком у точці О, м:

$$U_H = 0,27 x' - h', \quad (28)$$

де h' – висота максимальної деформації внутрішньої межі пограничного шару, що утворює зону рециркуляції:

$$h' = 0,13 x_{1сер}, \quad (29)$$

З використанням залежності $\gamma_в$, визначають загальне забруднення атмосфери кар'єра. Одержані значення концентрацій порівнюють з гранично допустимими нормами і, за необхідності, здійснюють комплекс відповідних заходів.

11. Розрахунок і побудова зони впливу викидів із кар'єрів на довкілля

Одним із поширених заходів при будівництві промислових і житлових об'єктів у зоні діяльності кар'єру є облік рози вітрів, що відображує частоту повторення вітрів різних напрямків. Але часто цього буває недостатньо для оцінки напрямків розповсюдження і

концентрації промислових викидів, оскільки значний вплив на концентрацію шкідливих речовин в пилу газової хмари або факелі потоку впливає швидкість вітру і турбулентність атмосфери. Відповідно до цього кар'єрний простір ідентифікується як лінійне джерело, акумульоване по довшій або коротшій його осі відповідно домінуючим напрямкам вітру. Для проміжних напрямків джерело проєктується на довгу вісь, спрямовану по нормалі до направлення вітру. Для оцінки впливу викидів прийнято відповідний параметр:

$$K = \sum_{i=1}^m C_x p_i, \quad (30)$$

де, C_x – концентрація шкідливих сумішей по вісі факела на відстані x при визначеній швидкості і напрямку вітру, г/м³;

p – вірогідність або частота повторення вітру визначеної швидкості та швидкості по даному напрямку. Розрахунок ведеться по різних напрямках, за результатами яких складають план прилеглої до кар'єра зони ізолініями периметра K .

Концентрація сумішей на різних відстанях від контуру кар'єра як лінійного джерела може бути визначена за формулою Сеттона:

$$C_x = \frac{K_0 M}{u} e^{\frac{y^2}{c^2 x^{2-n}}}, \quad (31)$$

де питома концентрація дорівнює концентрації шкідливих речовин від джерела забруднення 1г/с за швидкості вітру, рівної 1 м/с;

$$K_0 = \frac{2000}{3 - n - \frac{h^2}{c^2 x^{2-n}}}, \quad (32)$$

c – коефіцієнт розсіювання ($c=0,05$ при $n=0$),

n – коефіцієнт, що залежить від температурного градієнта стану атмосфери, шорсткості поверхні і омивається ($n=0$ за усереднених метеорологічних умов);

x – відстань упродовж розрахункового напрямку вітру від джерела до лінії, перпендикулярної напрямку вітру і тій, що проходить через точку визначення концентрації сумішей, м;

h – умовна висота викиду лінійного джерела, м;

M – інтенсивність 1 м довжини джерела, г/с;

u – розрахункова швидкість вітру, м/с;

y_2 – відстань по нормалі від розрахункової точки до прямої, що проходить через центр лінійного джерела перпендикулярно напрямку вітра.

За формулою:

$$e^{-\frac{y^2}{c^2 x^{2-n}}}, \quad (33)$$

розраховують зниження концентрації по ширині (при $n=0$ вона дорівнює: $e^{-\frac{y^2}{c^2 x^2}}$).

На рисунку 13 наведено приклад використання цієї методики для кар'єра, де розрахунок концентрації шкідливих речовин у продуктах вибуху здійснюється по концентрації СО, а також показано очікуване розподілення ізоліній K у прилеглих до кар'єра зонах. Характер розподілення K відмінний від рози вітрів і свідчить про суттєвий вплив на річний розподіл концентрації шкідливих речовин не тільки перетворюючих напрямків вітру, але і його швидкості та форми контуру самого кар'єра.

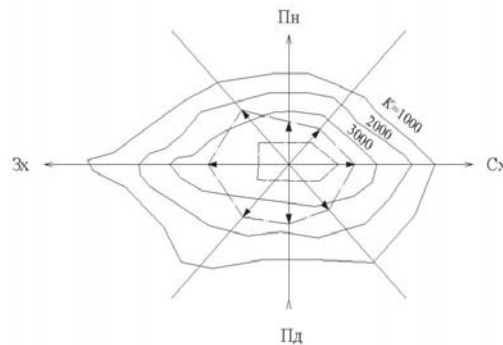


Рис. 13 – Ізолінії концентрації СО в зоні кар'єру: штрих пунктирна лінія – роза вітрів; штрихова – контур кар'єра.

Висновки

Наведена методика дає змогу при розрахунку викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря під час видобування корисних копалин відкритим способом враховувати метеорологічні умови конкретного кар'єру та їх вплив на утворення та викид забруднювальних речовин.

Враховуючи, що метеорологічні умови в кар'єрі суттєво відрізняються від метеорологічних умов прилеглої території, які на сьогодні враховуються при аналогічних розрахунках, ця методика може дозволити проводити більш точну оцінку впливу відкритих гірничих розробок на стан атмосферного повітря прилеглих територій.

Література

1. К.З. Умаков, А. О. Бурчанов, Л.А. Пучков, И.И. Медведєв, Аерологія гірничих підприємств.. - М. Надра, 1987, - 421 с.
2. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Філатов С.С. – Аерологія кар'єрів, Довідник – М. Надра, 1990 – 280 с.
3. Бондар Л.Г. Результати довгострокових метеорологічних спостережень в кар'єрі Акай/ Тр. ГГО. – 1975, - вил. 351 – с. 36-47.
4. Гірко В.Л. Багатомірний статистичний аналіз, - Київ: Вища школа, 1988 – 318 с.
5. Гуль Ю.В, Биков К.Ф., Метод розрахунку впливу шкідливих викидів із кар'єрного простору на оточуюче середовище/ Міжвуз. сб.: Вентиляція шахт і кар'єрів, - 1976, - Вип.. 3-с, 96-98.
6. Ю.В. Гуль, В.А. Рогальов, Г.І. Косарів та ін.. Про метод низькотемпературного нагріву атмосфери при керування повітрообміном в глибоких кар'єрах:/ В кн.: Теорія і практика роботи кар'єрів заполяр'я, - Апатити: кольський філіал АН СССР, - 1974 – с. 217-219.
7. Подосєнова С.В. Технологія і засоби захисту навколишнього середовища, - М.: Машинобудування, 1980 – 208 с.
8. Ушаков К.З., Михайлов В.А. Аерологія кар'єрів, - М.: Надра, 1985 – 272 с.
9. Повз І.Л. Аеродинамічний експеримент в машинобудування. – М.: машинобудування. 1974 – 479 с.
10. Рогальов В.А. Теоретичне дослідження руху повітря по борту кар'єра/ Сб: Вентиляція шахт і родовищ/ ЛПГ – Вип..3 – 1976 – с. 78-86.
11. Гуль Ю.В. Про доцільність створення оптимального профіля бортів кар'єрів з метою їх ефективності аерації/ В кн.: Проблеми охорони праці. – Казань, 1974 – с. 178-183.
12. Чайкін А.М. Система очистки відпрацьованих газів автосамоскида БелАЗ-540/ Автомобільний транспорт. – 1976 – с. 31-33.
13. Стін Б.Ф., Корогодський Ш.А., Провітрювання кар'єрів конвективними струями/ В кн. Досвід роботи з запилованості атмосфери родовища і профілактика пневмоконіозів на гірничих підприємствах кольорової металургії; - М: Кольорметінформація, 1972 – с. 35-36.
14. Екологія гірничого виробництва. Підр. М.: Надра, 1991 – с. 253-258, 259
15. Закон України про охорону атмосферного повітря від 16.10.92 р.
16. ДБН А.2.2-1-2003 Державні будівельні норми України затвердє. Наказом Держбуду України від 15.12.2003 р. № 214
17. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (ДСП 173-96)
18. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, утриманих у викидах підприємств; - П. Гідрометеовидат, 1987 – с. 39
19. Інструкція щодо порядку визначення геодезичних координат джерел викидів забруднювальних речовин при проведенні державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря затв. Наказ. Міністерства екології та природних ресурсів України 22.05.2001 р. № 190.
20. «Інструкція про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря» (Затвердє. Наказом міністерства екології та природних ресурсів України від 10.05.2002 р. № 177: Додаток 1, 2 у редакції наказу міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 16.02.2009р. №71).
21. «Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві» (Затвердє. Наказом Міністерства охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки України від 10.02.1995р №7).