

## ГЕОЕКОЛОГІЯ / GEOECOLOGY

---

УДК 504.06:622.2

Т.А. Малік, О.О. Дятел, Н.О. Д'яченко

### ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИ ВИДОБУВАННІ НЕРУДНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

Проведено дослідження з оцінки ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря при видобуванні нерудних корисних копалин відкритим способом за відомими методиками оцінки впливу неканцерогенних і канцерогенних забруднюючих речовин на здоров'я населення. В дослідженні ризик розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки (НІ) та порівнюється з критеріями оцінки неканцерогенного ризику. Розраховані коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин та визначені індекси небезпеки неканцерогенних ефектів при комбінованому впливі (сумації) цих забруднюючих речовин на здоров'я населення дозволили зробити певні висновки. Встановлено, що індекс небезпеки  $HI = \sum HQ_i$  як загальний, так і для груп критичних органів і систем не перевищує одиниці. Концентрації  $C_i$  (розрахункова середньорічна концентрація  $i$ -тої речовини на межі житлової забудови,  $mg/m^3$ ) не перевищує ГДК, та дорівнює показнику меншому одиниці. Встановлено, що коефіцієнт небезпеки  $HQ < 1$ , який характеризує ризик виникнення шкідливих ефектів, зневажливо малий по всім речовинам, що аналізувалися. У роботі розраховані: ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів ( $ICR_i$ ) від речовин, яким властива канцерогенна дія та канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох канцерогенних речовин, забруднюючих атмосферу ( $CR_a$ ); останні порівняно з рівнями канцерогенного ризику за існуючою класифікацією. Встановлено, що канцерогенний ризик за бенз(а)пиреном при видобуванні корисних копалин відкритим способом відповідає прийнятному рівню ризику. За нашими розрахунками встановлено, що ризики впливу при видобуванні нерудних корисних копалин відкритим способом на здоров'я населення будуть незначними.

**Ключові слова:** ризик, забруднюючі речовини, викиди, довкілля, вплив, корисні копалини, фонове забруднення.

#### Вступ.

Протягом останніх ста років все частіше постає питання про забезпеченість людства природними ресурсами за умови постійно зростаючого їх споживання

для задоволення потреб суспільства. Необхідно зауважити, що за цей проміжок часу видобуто майже половину об'єму мінеральних ресурсів, вилучених з надр за всю історію розвитку людства.

Бурхливий розвиток промислового виробництва, особливо в ХХ столітті, зумовив інтенсивне використання природних ресурсів, а також виснаження родовищ не відновлювальних ресурсів і забруднення навколишнього природного середовища [1].

В сучасних умовах є гостра необхідність постійного оперативного контролю за кількісними та якісними показниками впливу на довкілля господарської діяльності вугільних підприємств з метою оперативного реагування та прийняття рішень щодо ліквідації джерел забруднення або створення рекомендацій та заходів щодо плану виправлення екологічної ситуації задля зменшення наслідків техногенного забруднення. Більш того, виклик сьогодення – не тільки оперативний статистичний моніторинг тенденцій накопичення відходів, але і комплекс питань, що пов'язані з поводженням з відходами (у т.ч. гірничої промисловості). Природні ресурси, на жаль, є обмеженими, тому їх використання в процесі виробництва та споживання може призвести ще й до зникнення останніх [2].

**Мета.** Оцінка ризиків впливу при видобуванні нерудних корисних копалин відкритим способом на геоecосистему. Аналіз змін стану екосистеми в зонах впливу діяльності кар'єрів щодо екологічно збалансованого природокористування та аналізу шляхів мінімізації екологічних ризиків.

**Об'єкт досліджень.** Процеси формування необоротних зміни екосистеми, прилеглої до родовища видобутку нерудних корисних копалин, зміни складових довкілля та екологічні ризики (вода, повітря, ґрунти та ін.) під впливом антропогенних чинників.

### **Виклад результатів дослідження.**

Значна частина галузей економіки України таких як паливна, хімічна, нафтохімічна промисловість, чорна й кольорова металургія, промисловість будівельних матеріалів, сільське господарство та інше прямо чи опосередковано пов'язані з функціонуванням мінерально-сировинного комплексу [4].

Така масштабна промислова експлуатація мінерально-сировинних ресурсів породила цілий спектр гострих соціально-екологічних проблем. У процесі ведення гірничих робіт докорінно змінюється ландшафт, ушкодження якого обумовлені утворенням техногенних відходів із розкривних порід (зовнішні відвали), відходів збагачення (хвостосховища), виїмок у земній корі (вироблений простір кар'єрного поля).

Україна належить до групи країн зі складними проблемами довкілля. Вони є типовими, з одного боку, для країн, що розвиваються (незбалансоване використання та вихолощення природних ресурсів), а з іншого – для індустріально розвинених країн (забруднення довкілля промисловою діяльністю) [5].

Мінерально-сировинна база України є унікальною та досить ваговою у світі. В надрах України розвідано понад 20 тисяч родовищ і проявів з 117 видів мінеральної сировини, з яких 9226 родовищ (в т.ч. 1726 ділянок вод підземних питних та технічних, мінеральних) мають промислове значення і враховуються Державним балансом запасів корисних копалин. Промисловістю освоєно понад 3287 родовищ з 100 видів корисних копалин, що містять від 40 до майже 80% розвіданих запасів різноманітних корисних копалин. На цих родовищах зосереджено понад дві тисячі гірничодобувних, збагачувальних і переробних підприємств [6].

Враховуючи, що видобувна галузь значною мірою впливає на навколишнє середовище, зокрема негативними чинниками є:

- сильне порушення ґрунтового покриву, оскільки в процесі розробки кар'єрів утворюються кратери, діаметр яких може досягати десятків метрів. Масштабні родовища після припинення видобування корисної копалини неможливо повернути до природного стану;
- знищення ареалів існування флори і фауни – добувна діяльність завдає шкоди природним екосистемам, оскільки гинуть живі організми та руйнуються природні зв'язки;
- забруднення природних вод, котрі з відвалів потрапляють у водоносні горизонти й водотоки. Внаслідок інтенсивного відкачування підземних вод з шахт і кар'єрів їхній рівень знижується;
- накопичення відходів – у процесі видобування покладів кар'єрним способом накопичуються значні обсяги відпрацьованої породи, які займають великі площі. Перероблення відходів гірничодобувної галузі є гострою проблемою у багатьох промислових містах (Марганець, Кривий ріг, Дніпрорудне та ін.);
- забруднення атмосфери – з відвалів вітри розносять пил, деякі терикони горять, викидаючи в повітря оксиди сірки та інші забруднюючі речовини;
- знищення лісових масивів, оскільки досить часто для прокладання доріг до місця видобутку та підготовки ділянки під відвали вирубують великі площі лісів.

Проте основним показником все ж таки лишається здоров'я населення. Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально-економічне та психологічне благополуччя, доступність і якість медичного обслуговування, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього природного середовища. Визначення точного внеску окремих факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів.

У той же час, шляхом проведення належним чином спланованих епідеміологічних та еколого-гігієнічних досліджень можна виявити і кількісно оцінити ризик розвитку захворювань, пов'язаних з шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища для відносно великих груп населення. Сьогодні одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику.

Методологія оцінки ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику. Він складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінка ризику, управління ризиком та інформування про ризик. Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень. При цьому визначення ризику від забруднення атмосферного повітря дозволяє не тільки прогнозувати ймовірність і медико-соціальну значимість можливих порушень здоров'я при різних сценаріях його впливу, а ще й встановлювати першочерговість і пріоритетність заходів з управління факторами ризику на індивідуальному та популяційному рівнях.

Таким чином, сучасна методологія оцінки ризиків для здоров'я та управління ними у разі впровадження її у практику державного санітарно-епідеміологічного нагляду, дозволяє вирішити як традиційні, так і нові задачі профілактичної медицини з урахуванням комплексу соціально-економічних та екологічних проблем.

Як показує практичний досвід проведених розрахунків, всі викиди забруднюючих речовин на території невеликих кар'єрів є меншими за нормативні ГДК, як на межі санітарно-захисних зон кар'єрів так і поза ними. Вклад від джерел викидів забруднюючих речовин незначний (всі викиди забруднюючих речовин розсіюються до рівня існуючого фонових забруднення

атмосфери) – що відповідно не призведе до утворення незворотних негативних наслідків. Таким чином реалізація планової діяльності не призводить до суттєвих змін існуючого фоновому забрудненню атмосфери та не має значного негативного впливу на навколишнє середовище через забруднення шкідливими речовинами його компонентів (повітря, ґрунт, вода). У випадках невеликих розробок нерудних корисних копалин можливі ризики планової діяльності на соціальне середовище та здоров'я населення, і оцінюються вони як прийнятні і не становлять загрози для населення.

Оцінка ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводиться за розрахунками ризику неканцерогенних і канцерогенних ефектів, з урахуванням методичних рекомендацій [7].

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки ( $HI$ ) за формулою (1), оцінка якого здійснюється відповідно до таблиці 1:

$$HI = \sum HQ_i \quad (1)$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнти небезпеки для окремих речовин, в разі інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, то розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати за формулою:

$$HQ_i = C_i R_f C_i \quad (2)$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнт небезпеки впливу  $i$ -тої речовини;  $C_i$  - розрахункова середньорічна концентрація  $i$ -ої речовини на межі житлової забудови,  $mg/m^3$ ;  $R_f C_i$  – референтна (безпечна) концентрація  $i$ -ої речовини,  $mg/m^3$ .

Таблиця 1

## Критерії оцінки неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки ( $HQ$ )
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатись як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню $HQ$	> 1

Значення референтних концентрацій для хронічного інгаляційного впливу деякі із забруднюючих речовин, а також критичних органів і систем, на які вони впливають, приведено у Додатку до п. 4.3.1 [7].

За висновком ряду іноземних експертів, у разі відсутності референтних концентрацій, як еквівалент можна використовувати ГДК або ОБУВ [7].

Однак слід пам'ятати, що максимально разові концентрації використовуються при розрахунку коефіцієнтів небезпеки забруднюючих речовин при короткочасному (гострому) впливі, середньодобові – при середньостроковому (під гострому) впливі, і середньорічні концентрації – при хронічному інгаляційному впливі забруднюючих речовин на здоров'я людини.

Для оцінки ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення розрахуємо коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин за формулою (2) і визначимо індекси небезпеки неканцерогенних ефектів при комбінованому впливі (сумації) цих забруднюючих речовин на здоров'я населення.

Враховуючи, що розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері по ОНД-86 [8], виконаний в частках ГДК максимально разових концентрацій, то, щоб використовувати референтні концентрації [7], переведемо їх значення в середньорічні концентрації за формулою (3) п. 8.1 [8]:

$$ГДК_{\text{ср.рік}} \geq 0,1 C_{\text{м.р.}} \quad (3)$$

Для подальших розрахунків зазначимо та врахуємо, що викид забруднюючих речовин становить (260 x 8 = 2080) годин за рік (365x24=8760 годин), тобто коефіцієнт усереднення становить  $k = 2080/8760 = 0,23$ , за формулою  $C_{\text{ср.рік}} = 0,1 C_{\text{м.р.}} \cdot 0,23$ .

Використання карт розсіювання дозволило оцінити концентрації на кордоні житлової забудови санітарно-захисних зон для кожної із забруднюючих речовин. Проведені розрахунки показників за формулою (3), дозволили отримати максимальну середньорічну концентрацію на кордоні житлової забудови санітарно-захисної зони по кожній забруднюючій речовині (внесено в таблицю 2). Треба зазначити, що розрахунок індексів небезпеки проведено з урахуванням критичних органів і систем, які випробують комбінований вплив забруднюючих речовин.

За нашими розрахунками індекс небезпеки  $HI = \sum HQ_i$  як загальний, так і для груп критичних органів і систем не перевищує 1. Концентрації  $C_i$  (розрахункова середньорічна концентрація  $i$ -тої речовини на межі житлової забудови, мг/м<sup>3</sup>) не перевищує ГДК, та також менша одиниці. Ризик виникнення шкідливих ефектів - коефіцієнт небезпеки  $HQ < 1$  по всім речовинам, тому враховуємо його як зневажливо малий.

Ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів ( $ICR_i$ ) від речовин, яким властива канцерогенна дія, розраховуємо за формулою (4):

$$ICR_i = C_i \cdot UR_i \quad (4)$$

де  $C_i$  – прийняте у формулі (2);  $UR_i$  – одиничний канцерогенний ризик  $i$ -ої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 2

Перелік неканцерогенних речовин та їх характеристики при видобуванні будівельних матеріалів кар'єрним способом

№ з/п	Назва забруднюючої речовини / код	ГДК, м.р.О БРВ, мг/м <sup>3</sup>	$C_{\text{ср.рік}}$ , мг/м <sup>3</sup>	Частка ГДК на межі СЗЗ/у т.ч. фон	Референтна концентрація, $R.C_i$ , мг/м <sup>3</sup>	Коеф. небезпеки, $HQ$	Критичні органи системи
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна) /2902	0,5	0,0062	0,54/0,4	0,1	0,062	Органи дихання
2	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна) / 2908	0,3	0,0033	0,48/0,1	0,1	0,033	Органи дихання
3	Сажа / 328	0,15	0,0016	0,48/0,0	0,15*	0,010	ЦНС
4	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO + NO <sub>2</sub> ]) / (301)	0,2	0,004	0,88/0,09	0,04	0,1	Органи дихання
5	Сірки діоксид /330	0,5	0,0052	0,46/0,04	0,08	0,066	Органи дихання
6	Оксид вуглецю / 337	5	0,075	0,66/0,08	5*	0,015	Органи дихання
7	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС) / 2754	1	0,0165	0,72/0,4	1,0*	0,0165	ЦНС, кров, біохім.
Індекс небезпеки $HI = \sum HQ_i$						0,3025	загальний
						0,276	Органи дихання
						0,0265	ЦНС, кров, біохім

Примітка: \*В зв'язку з відсутністю референтної концентрації, як еквівалент використана гранично-допустима концентрація (ГДК)

\*\* -п.4.4.1.1 [7]

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох канцерогенних речовин, забруднюючих атмосферу ( $CR_a$ ), визначаємо за формулою (5):

$$CR_a = \sum IRC_i \quad (5)$$

де  $IRC_i$  – канцерогенний ризик  $i$ -ої речовини.

Класифікація рівнів канцерогенного ризику здійснюється відповідно до Таблиці 3.

Таблиця 3

Класифікація рівнів канцерогенного ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Неприйнятний для професійних контингентів і населення	Більший ніж $10^{-3}$
Прийнятний для професійних контингентів і неприйнятний для населення	$10^{-3} - 10^{-4}$
Умовно прийнятний	$10^{-4} - 10^{-6}$
Прийнятний	Менший ніж $10^{-6}$

Як приклад, розглянемо одну канцерогенну речовину яка буде потрапляти в атмосферне повітря при видобуванні нерудних корисних копалин відкритим способом – бенз(а)пирен – код 703, ГДК = 0,0001 мг/м<sup>3</sup>. Оскільки за результатами розрахунків розсіювання забруднюючих речовин концентрація його в атмосферному повітрі дуже мала, канцерогенний ризик прийнятний – 0,00000006 менший ніж  $10^{-6}$ , подальше проведення розрахунків за цим забруднювачем, недоцільно. В той же час, при викиді цієї канцерогенної речовини рівень ризику буде прийнятний (канцерогенний ризик комбінованої дії не проводився, оскільки в повітря викидається одна канцерогенна речовина).

### Висновки.

Приведений в роботі аналіз впливу планової діяльності видобування нерудних корисних копалин відкритим способом свідчить про те, що будь яка антропогенна діяльність має вплив на екосистему. Проте основним показником все ж таки лишається здоров'я населення. Визначення точного внеску окремих антропогенних факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів.

Сьогодні одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику. Саме тому, для оцінки ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення нами розраховано коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин та визначено індекси небезпеки неканцерогенних ефектів при комбінованому впливі (сумації) цих забруднюючих речовин на здоров'я населення та індивідуальних канцерогенних ефектів. За результатами дослідження встановлено, що ризики впливу при видобуванні нерудних корисних копалин відкритим способом на здоров'я населення будуть незначними.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Дзядикевич Ю.В. та ін. Економіка довкілля і природних ресурсів. Тернопіль: Астон, 2016. 392 с.
2. Д'яченко Н.О., Дятел О.О. Вугільна промисловість: оцінка впливу на довкілля та поводження з відходами. *Гірнича геологія та геоecологія*. 2020. № 1. С. 60-72.
3. Електронний ресурс: «Вивчення та раціональне використання надр». Офіційний портал Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Режим доступу до ресурсу: <https://mepr.gov.ua/timeline/?t=577&th=0&m=9&g=577&from=&till=>
4. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011. № 44. ст.457. Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text>
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 ГОСКОМГИДРОМЕТ. – Ленинград: Гидрометиздат. 1987. 68с. Режим доступу до ресурсу: <http://www.sfund.kiev.ua/down/ond86.pdf>
6. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». Затвержені наказом МОЗ України від 13.04.07. № 184. Київ, 2007.
7. Національна доповідь. Цілі сталого розвитку: Україна. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. 2017. 176 с. Режим доступу до ресурсу: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України\\_липень%202017%20ukr.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України_липень%202017%20ukr.pdf)
8. Павличенко А.В. Шляхи удосконалення природоохоронної діяльності вугледобувного підприємства. *Зб. наук. праць Національного гірничого університету*. 2015. № 49. С. 297-305. Режим доступу: URI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu\\_2015\\_49\\_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2015_49_41)

## REFERENCES

1. Dziadykevich Yu. 2016. Economics of the environment and natural resources. Ternopil: Aston. 392 p.
2. Diachenko N., Diatel O. 2020. Coal industry: environmental impact and waste management assessment. *Mining geology and geoecology*. No. 1. С. 60-72.
3. Methodological recommendations of MR 2.2.12-142-2007. Assessment of the risk to public health from atmospheric air pollution. *Approved by the order of the Ministry of Health of Ukraine dated 04.13.07 No. 184*. Kyiv, 2007.
4. Methods of calculation of concentrations in atmospheric air of harmful substances contained in emissions of enterprises. OND-86 GOSCOMHYDROMET. Leningrad: Hydrometizdat. 1987. 68 p. URL: <http://www.sfund.kiev.ua/down/ond86.pdf>
5. National report. Goals of sustainable development: Ukraine. *Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine*. 2017. 176 p. URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України\\_липень%202017%20ukr.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України_липень%202017%20ukr.pdf)
6. On Approval of the National Program for the Development of the Mineral and Raw Material Base of Ukraine for the Period Until 2030. The Law of Ukraine 2011. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text>
7. Pavlichenko A.V. 2015. Ways to improve the environmental activities of the coal mining company *Coll. Science. Proceedings of the National Mining University*. (49). P. 297-305. URI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu\\_2015\\_49\\_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2015_49_41)
8. Study and rational use of subsoil. *The official portal of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*. URL: <https://mepr.gov.ua/timeline/?t=577&th=0&m=9&g=577&from=&till=>

**T. A. Malik, O. O. Diatel, N. O. Diachenko**

## ASSESSMENT OF THE RISK TO THE HEALTH OF THE POPULATION FROM ATMOSPHERIC AIR POLLUTION DURING OPEN-PIT MINING OF NON-ORE MINERAL MINERALS

A study was conducted to assess the risks to public health from atmospheric air pollution during open-pit mining of non-metallic minerals, and it was proposed to consider methods for assessing the impact of pollutants on public health. Risk calculations are offered non-carcinogenic and carcinogenic effects using the proposed methods. The risk of the development of non-carcinogenic effects is determined by calculating the hazard index (HI) and is compared with the criteria for assessing the non-carcinogenic risk. The hazard coefficients of pollutants were calculated according to the formula and the hazard indices of non-carcinogenic effects were determined with the combined effect (summation) of these pollutants on the health of the population. It was established that the hazard index  $HI = \sum HQ_i$  both overall and for groups of critical organs and systems does not exceed 1. Si concentrations (estimated average annual concentration of i-th substance at the boundary of residential buildings, mg/m<sup>3</sup>) do not

exceed the MPC, less than one. Hazard ratio  $HQ < 1$  (the risk of harmful effects is considered negligible) for all substances. The risk of the development of individual carcinogenic effects (ICR<sub>i</sub>) from substances that have a carcinogenic effect was calculated, as well as the carcinogenic risk under the combined effect of several carcinogenic substances polluting the atmosphere (CR<sub>a</sub>) was calculated and compared with the classification of levels of carcinogenic risk. It has been established that the carcinogenic risk of benzo(a)pyrene during open pit mining corresponds to an acceptable level of risk. According to our calculations, it has been established that the risks of impact on the health of the population during open mining of non-metallic minerals will be insignificant.

**Key words:** risk, pollutants, emissions, environment, impact, minerals, background pollution

**Т. А. Малик, А. А. Дятел, Н. А. Дьяченко**

## **ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЕ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ДОБЫЧЕНИИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ**

Проведены исследования по оценке рисков для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха при добыче нерудных полезных ископаемых открытым способом, по известным методикам оценки влияния неканцерогенных и канцерогенных загрязняющих веществ на здоровье населения. В исследованиях риск развития неканцерогенных эффектов определяется путем расчетов индекса опасности (HI) и сравнивается с критериями оценки неканцерогенного риска. Рассчитанные коэффициенты опасности загрязняющих веществ и определенные индексы опасности неканцерогенных эффектов при комбинированном воздействии (суммировании) этих загрязняющих веществ на здоровье населения позволили сделать следующие выводы. Установлено, что индекс опасности  $HI = HQ_i$  как общий, так и для групп критических органов и систем не превышает единицы. Концентрации  $C_i$  (расчетная среднегодовая концентрация и-того вещества на грани жилой застройки,  $mg/m^3$ ) не превышает ПДК, и равна показателю меньшей единицы. Установлено, что коэффициент опасности  $HQ < 1$ , характеризующий риск возникновения вредных эффектов, пренебрежительно мал по всем анализируемым веществам. В работе рассчитаны: риск развития индивидуальных канцерогенных эффектов (ICR<sub>i</sub>) от веществ, которым присуще канцерогенное действие и канцерогенный риск при комбинированном действии нескольких канцерогенных веществ, загрязняющих атмосферу (CR<sub>a</sub>); последние по сравнению с уровнями канцерогенного риска по существующей классификации. Установлено, что канцерогенный риск по

бенз(а)пирену при добыче полезных ископаемых открытым способом соответствует приемлемому уровню риска. По нашим расчетам установлено, что риски влияния при добыче нерудного полезного ископаемого открытым способом на здоровье населения будут незначительными.

**Ключевые слова:** риск, загрязняющие вещества, выбросы, окружающая среда, воздействие, полезные ископаемые, фоновое загрязнение.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління. м. Київ, Україна

Тетяна Малік

магістр

Олександр Дятел

кандидат геологічних наук

Наталія Д'яченко

кандидат геологічних наук

e-mail: natalidyachenko1969@gmail.com

<https://orcid/0000-0002-4852-0203>

Стаття надійшла: 26.09.2022