

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**Миронова Інна Геннадіївна**

УДК 622.23:504.3.054

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
ПРИ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ**

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі екології Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**Науковий керівник:** - доктор біологічних наук, професор  
**ГОРОВА Алла Іванівна**,  
завідувач кафедри екології Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**Офіційні опоненти:** - доктор технічних наук, професор  
**ШМАНДІЙ Володимир Михайлович**,  
декан факультету природничих наук, завідувач кафедри екологічної безпеки та організації природокористування Кременчуцького Національного університету ім. Михайла Остроградського Міністерства освіти і науки України.

- кандидат технічних наук, доцент  
**ПАЛІЙЧУК Олександра Володимирівна**,  
доцент кафедри теоретичних основ геології Івано-Франківського Національного технічного університету нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

Захист дисертації відбудеться «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08. 080. 02 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д 08.080.03, к.т.н., доц.

В.В. Панченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Гірничорудна промисловість є основним джерелом сировинних ресурсів для металургійних підприємств. Нажаль, вона становить екологічну загрозу для об'єктів навколишнього середовища.

Підземний видобуток залізних руд здійснюється з використанням буропідривного способу із застосуванням тротиловмістких вибухових речовин (ВР), при якому рудникове повітря, забруднюючись продуктами вибуху і залізорудним пилом, викидається без будь-якого очищення в атмосферне повітря і становить небезпеку компонентам навколишнього середовища в районах розміщення підприємств. Тривалий і широкомасштабний видобуток залізних руд призвів до підвищення рівнів забрудненості атмосферного повітря, водних об'єктів, земельних угідь, накопичення значної кількості промислових відходів, що значно знижує рівень екологічної безпеки в залізорудних регіонах України. Така ситуація призвела до зміни природних умов існування живих організмів, включаючи людину, зменшення біорізноманіття, підвищення рівня захворюваності та скорочення тривалості життя населення.

Вагомий внесок у вивчення цих питань зробили відомі вчені: Адаменко О.М., Горова А.І., Долгова Т.І., Крупська Л.Т., Некос В.Ю., Устименко Є.Б., Шапар А.Г., Шмандій В.М. та ін. Однак, рівень екологічної безпеки підземного видобутку залізних руд залишається досить низьким, через недостатнє вивчення механізму забруднення рудникового і атмосферного повітря шкідливими викидами вибухових робіт і відсутність ефективних засобів впливу на ці викиди. Тому в результаті забруднення об'єктів навколишнього середовища на територіях впливу залізорудних шахт зростає. У зв'язку з цим у роботі вирішувалася *наукова задача* встановлення закономірностей формування забруднення атмосферного повітря від впливу шахтних джерел викиду. Встановлення закономірностей є основою для розробки ефективних методів оцінки рівня екологічної безпеки та впровадження технологічних рішень, що дозволяють підвищити цей рівень при видобутку залізних руд підземним способом.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана в науковому напрямі реалізації основних положень, сформульованих у державних документах «Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2015 року», «Основні принципи (стратегія) державної екологічної політики на період до 2020 року», «Концепції поліпшення екологічної ситуації гірничодобувних регіонів України» та ін. Теоретичні розробки та експериментальні дослідження за темою дисертації проводилися при виконанні базових держбюджетних і госпдоговірних тем, у яких автор брала участь як виконавець, а саме: ГФ-160 «Розробка концепції техногенної безпеки у гірництві як складова частина стійкого розвитку держави» (№ ДР 0102U000342, 2001-2003 рр.), ГФ-169 «Екологічна безпека у гірничо-металургійному комплексі як основа сталого еколого-економічного та соціального розвитку України» (№ ДР 0104U004092, 2004-2007 рр.), ГП-349 «Обґрунтування використання природних адаптогенів для реабілітації довкілля та людини, ушкоджених діяльністю гірничого виробництва» (№ ДР 0104U010900, 2005-2006 рр.), ГП-394 «Комплексний екологічний контроль стану довкілля та здоров'я людини біологічними та фізичними методами» (№ ДР 0107U000377, 2007-2008 рр.), ГФ-177 «Розробка заходів реабілітації та поліпшення стану довкілля» (№ ДР 0108U004366, 2008-2011 рр.).

**Мета і задачі досліджень.** Метою роботи є наукове обґрунтування ефективних методів підвищення екологічної безпеки при видобутку залізних руд підземним способом за рахунок зниження кількості екологічно небезпечних речовин, що викидаються із стволів шахт в атмосферу при буро-підривних роботах під землею.

Для реалізації мети були поставлені і вирішені такі задачі:

- 1) проаналізувати домінуючі джерела забруднення атмосферного повітря при підземному видобутку залізних руд;
- 2) оцінити рівні забруднення об'єктів навколишнього середовища на різних відстанях від джерел викиду, і встановити закономірності впливу викидів залізородних шахт на стан атмосферного повітря за показниками індикаторів;
- 3) провести оцінку параметрів екологічної безпеки викидів залізородних шахт;
- 4) розробити технологічні рішення щодо підвищення екологічної безпеки підземного видобутку залізних руд;
- 5) визначити еколого-економічну ефективність впровадження технологій екологізації процесів підземного видобутку залізних руд.

**Об'єктом дослідження** є техногенні, природні та екологічні процеси, що відбуваються на території, що прилягає до залізородної шахти.

**Предметом дослідження** є процес забруднення атмосферного повітря при підземному видобутку залізних руд продуктами вибухових робіт.

**Методи досліджень.** Поставлені задачі вирішувалися такими методами: 1) лабораторні дослідження фізико-хімічним методом – для вивчення закономірностей приземних концентрацій шкідливих речовин; 2) біологічне тестування – для оцінки стану атмосферного повітря на території, прилеглої до залізородної шахти; 3) методи математичної статистики – для обробки результатів дослідження, виявлення закономірностей і оцінки достовірності даних експериментів; 4) еколого-економічний аналіз – при визначенні рівня зниження екологічної безпеки та оцінці економічної ефективності розроблених технологічних рішень.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи** підтверджується коректністю постановок і рішення задач; застосуванням апробованих сучасних методів досліджень; задовільною збіжністю результатів лабораторних та експериментальних досліджень в умовах діючої залізородної шахти, розбіжність яких не перевищила 10%.

**Наукова новизна результатів роботи:**

- 1) вперше для оцінки екологічного стану атмосферного повітря на території залізородної шахти застосовані біоіндикатори, за допомогою яких встановлено залежності показників їх стану від зміни відстані до джерела викиду, що дозволило провести оцінку екологічного стану атмосферного повітря;
- 2) вперше отримані лінійні регресійні залежності зміни концентрації токсичних газів у вихідному струмені вентиляційних стволів залізородної шахти від питомої витрати ВР при проведенні вибухових робіт у шахті, що дозволило встановити величину концентрації для різних відстаней від джерела викиду;
- 3) вперше встановлено кореляційні залежності зміни стану біоіндикаторів від приземної концентрації екологічно небезпечних речовин, що дозволило розробити методику оцінки стану атмосферного повітря на території, прилеглої до залізородної шахти.

### **Наукові положення, що виносяться на захист.**

1. Найпоказовішим чинником екологічної безпеки є приземна концентрація небезпечних речовин, що надходять з вентиляційних стволів шахти в атмосферу. Інструментом для оцінки стану атмосферного повітря на території, прилеглий до залізорудної шахти, є встановлені залежності приземної концентрації від відстані до джерела викиду, використання яких дозволяє оцінити екологічний стан атмосферного повітря з необхідним ступенем вірогідності.

2. Технологічні способи зменшення екологічної небезпеки підземного видобутку залізних руд повинні ґрунтуватися на еколого-орієнтовані технології, в першу чергу, буропідричних робіт, як домінуючого фактора забруднення атмосферного повітря. Такою еколого-орієнтованою технологією є буріння віял експлуатаційних свердловин у напрямі нижчележачого горизонту з подальшим їх заряджанням емульсійними вибуховими речовинами.

### **Практичне значення отриманих результатів:**

1) удосконалено методику оцінки стану навколишнього середовища з використанням запропонованого переліку показників якості атмосферного повітря, обґрунтованого з урахуванням встановлених закономірностей впливу приземних концентрацій екологічно небезпечних речовин на стан біоіндикаторів, що дозволило підвищити достовірність локального екологічного моніторингу в районі залізорудної шахти;

2) удосконалено існуючу методику вибору раціональних параметрів буропідричних робіт при підземному видобутку залізної руди на шахтах Криворізького басейну і ЗАТ «Запорізький залізорудний комбінат» (ЗАТ «ЗЗРК»), що дозволяє знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферу за рахунок введення встановленого коефіцієнта відносної потужності ВР при використанні емульсійних ВР;

3) розроблено еколого-орієнтований спосіб підземного видобутку залізної руди при камерних системах розробки, який передбачає буріння віял свердловин у напрямі нижчележачого горизонту і їх заряджанням емульсійними ВР, що дозволяє знизити рівень забруднення навколишнього природного середовища продуктами вибуху на 50% (Патенти України на корисну модель № 64145 та № 81056, на винахід № 101217).

### **Реалізація результатів досліджень.**

Розроблений еколого-орієнтований спосіб і вдосконалена методика вибору раціональних параметрів буропідричних робіт при підземній очисній виїмці впроваджені на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК» (Акт впровадження від 21.09.2012 р.).

**Особистий внесок автора** полягає у формуванні мети і задач дослідження, виборі методів, розробці методик проведення лабораторних та експериментальних досліджень, проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів, формулюванні наукових положень, апробації і впровадженні технологічних рішень в умовах діючої залізорудної шахти.

**Апробація результатів.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та отримали схвалення на міжнародних науково-практичних конференціях: «Екологічні проблеми регіонів України» (Одеса, 2003); «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2003, 2011); «Проблеми екології та екологічної освіти» (Кривий Ріг, 2003); «Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності» (Миколаїв, 2004); «Школа підземної розробки» (Ялта, 2013).

**Публікації.** Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи опубліковано у 15 наукових працях, з них 5 статей у фахових виданнях, з яких 1 стаття у міжнародному збірнику (видавництво «Balkema»), 6 тез доповідей у матеріалах конференцій, 3 патенти і 1 друкована робота в інших виданнях.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 119 найменувань і додатків. Загальний обсяг – 207 сторінок, у тому числі 35 рисунків, 33 таблиці та 3 додатки на 28 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми та сформульована наукова задача, мета, задачі, предмет і об'єкт дослідження, подана наукова новизна отриманих результатів та їх практичне значення, представлені наукові положення, що виносяться на захист, а також інформація про апробацію результатів та публікації за темою дисертації.

У **першому розділі**, відповідно до першої задачі досліджень, виконано аналіз робіт у галузі впливу гірничих підприємств на повітряний басейн з позиції екологічної безпеки, а також виявлено пріоритетні джерела забруднення атмосферного повітря при підземному видобутку залізних руд.

Встановлено, що на сьогоднішній день на залізорудних шахтах України як основні ВР використовуються тротиловмісткі аналоги. Після проведення вибухових робіт, пов'язаних з видобутком залізної руди, відпрацьоване повітря з шахт надходить у атмосферу через вентиляційні стволи без очищення, тому що до цього часу не існує ефективного обладнання для вловлювання та очищення газів, що надходять на поверхню в таких значних обсягах. Ці викиди негативно впливають на об'єкти навколишнього середовища, у тому числі на здоров'я населення і на біоту прилеглих територій.

Аналіз технічних показників виробничої діяльності залізорудних шахт Криворізького басейну і Білозерського залізорудного району, на прикладі якого були проведені дослідження, дозволив встановити, що шахтами ЗАТ «ЗЗРК» для видобутку залізної руди використовується в середньому 2,9 млн. кг тротиловмістких ВР на рік. Тому промисловий майданчик ЗАТ «ЗЗРК» і прилегла до нього територія є актуальним полігоном для проведення досліджень щодо підвищення екологічної безпеки регіону. Аналітична обробка вихідної інформації, а також аналіз наукової літератури дозволили сформулювати мету і задачі досліджень.

У **другому розділі**, який присвячений методам оцінки стану атмосферного повітря, виконано аналіз сучасних методів дослідження стану атмосферного повітря, а також представлені методичні основи досліджень, проведених у дисертаційній роботі.

Аналіз сучасних методів оцінки забруднення атмосферного повітря дозволив визначити найбільш раціональні методи, що надають можливість отримати не тільки якісну, але й кількісну картину поведінки повітряного басейну навколо джерел викидів і території, прилеглої до промислового майданчика залізорудної шахти. Оптимальними, на наш погляд, є: 1) фізико-хімічний експрес-метод аналізу, необхідний для оцінки концентрації небезпечних речовин у вихідному струмені викидів з

каналів вентиляторів та отримання вихідних даних для визначення областей осідання і розсіювання цих речовин на прилеглій території промислового майданчика шахти; 2) оцінка екологічної небезпеки розсіювання компонентів забруднення для розрахунку областей забруднення і приземних концентрацій небезпечних речовин на прилеглій території промислового майданчика шахти і поблизу джерел викиду; 3) оцінка токсико-мутагенного фону стану атмосферного повітря за допомогою індикаторів для контролю результатів фізико-хімічного аналізу повітря; 4) оцінка зміни інтегральних характеристик якості індикаторних видів рослин для контролю результатів фізико-хімічного аналізу і загальної токсико-мутагенної активності атмосферного повітря поблизу джерела викиду; 5) оцінка наслідків техногенезу в першому поколінні культур агрофітоценозів для визначення стану атмосферного повітря зі збільшенням відстані від джерела викиду. Використання цих методів у певній послідовності за розробленою схемою стало методичною основою досліджень, проведених у дисертаційній роботі.

У **третьому розділі**, відповідно до другої і третьої задач дослідження, подано результати дослідження стану атмосферного повітря навколо джерел викидів і прилеглої території, що межує з промисловим майданчиком шахти.

Вимірювання концентрації токсичних газів у вихідних струменях повітря каналів вентиляторів головного провітрювання дозволили встановити регресійні залежності концентрації екологічно небезпечних речовин від річної питомої витрати ВР для кожного вентиляційного ствола шахти.

Для північного вентиляційного ствола (ПнВС) ці залежності мають вигляд:

- для оксиду вуглецю:

$$C = 115,1 \cdot q - 38,71, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,998, \quad (1)$$

де  $R$  – достовірність апроксимації, д.о.;

$q$  – річна питома витрата ВР, кг/т.

- для оксидів азоту:

$$C = 4,31 \cdot q - 0,54, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,934; \quad (2)$$

- для діоксиду сірки:

$$C = 4,61 \cdot q + 0,187, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,942. \quad (3)$$

Для дренажного вентиляційного ствола (ДВС) це:

- для оксиду вуглецю:

$$C = 121,4 \cdot q - 39,65, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,991; \quad (4)$$

- для оксидів азоту:

$$C = 4,64 \cdot q - 1,75, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,956; \quad (5)$$

- для діоксиду сірки:

$$C = 3,18 \cdot q + 1,146, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,955. \quad (6)$$

Для південного вентиляційного ствола (ПдВС) залежності мають вигляд:

- для оксиду вуглецю:

$$C = 100,8 \cdot q - 31, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,995; \quad (7)$$

- для оксидів азоту:

$$C = 4 \cdot q - 0,46, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,934; \quad (8)$$

- для діоксиду сірки:

$$C = 4,94 \cdot q + 0,05, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,921. \quad (9)$$

Оцінка екологічної небезпеки розсіювання компонентів забруднення навколо кожного джерела викиду подано на рис. 1.

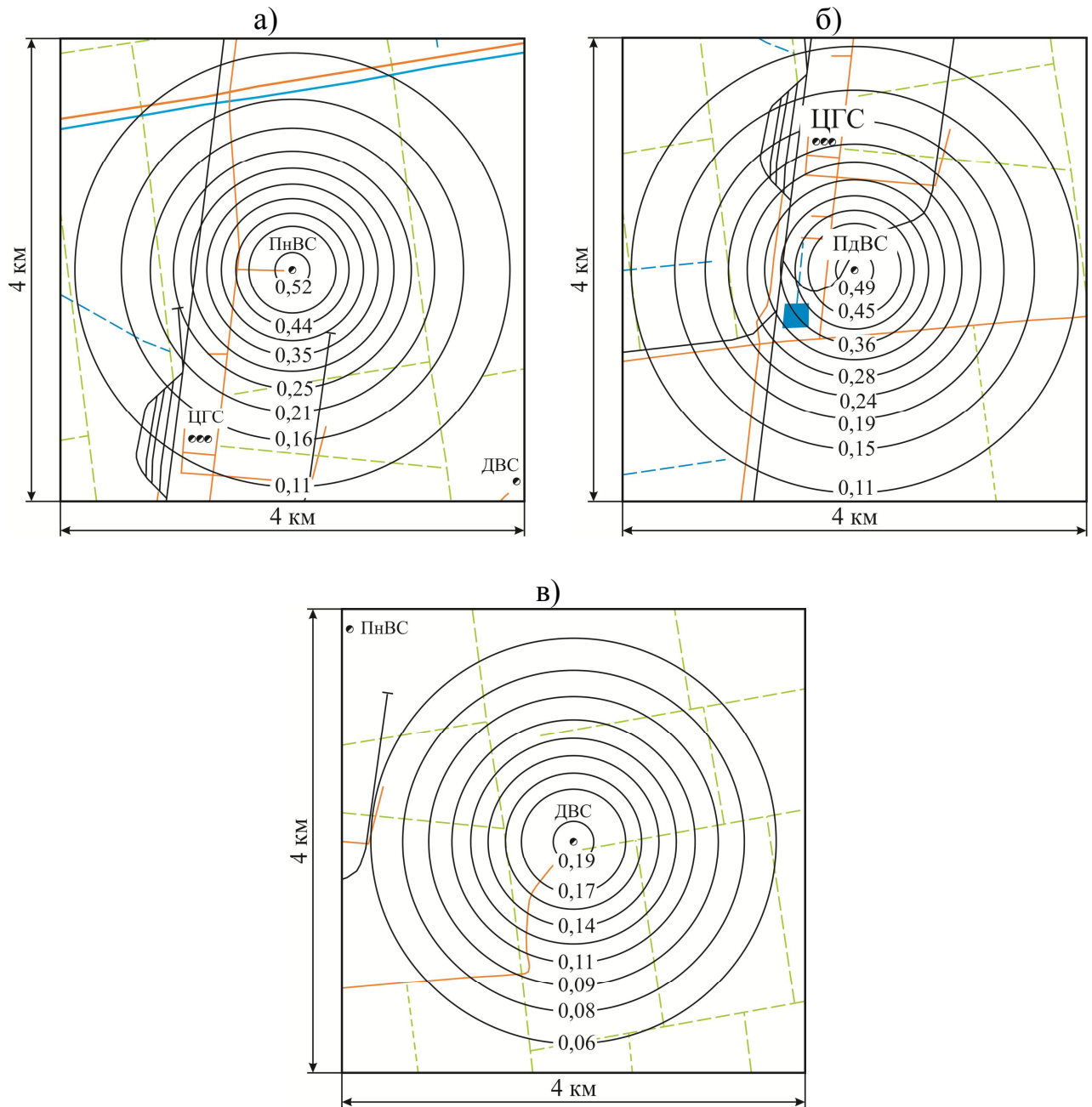


Рис. 1. Характер розподілу приземних концентрацій сумарного впливу небезпечних речовин навколо вентиляційних стволів шахти: а) ПнВС; б) ПдВС; в) ДВС.

Подальші дослідження дозволили отримати емпіричні формули, що визначають приземну концентрацію сумарного впливу небезпечних речовин з урахуванням питомої витрати ВР і відстані від джерела викиду:

- для ПнВС:

$$C_{\text{сум.в}} = 1,39 \cdot q^{1,65} \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.о. від ГДК}, \quad (10)$$



де  $L$  – відстань від джерела викиду, м;  
 - для ПдВС:

$$C_{\text{сум.в}} = 1,07 \cdot q^{1,24} \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.о. від ГДК}; \quad (11)$$

- для ДВС:

$$C_{\text{сум.в}} = 0,72 \cdot q^{2,34} \cdot e^{-0,0008 \cdot L}, \text{ д.о. від ГДК}. \quad (12)$$

Розрахунок умовних показників ушкодження (УПУ) стану навколишнього середовища дозволив візуалізувати токсико-мутагенну активність атмосферного повітря навколо джерел викиду (рис. 2) та отримати регресійну залежність УПУ від питомої витрати ВР і відстані від джерела викиду:

$$\text{УПУ} = 0,41 \cdot q^{-0,53} \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ д.о.} \quad (13)$$

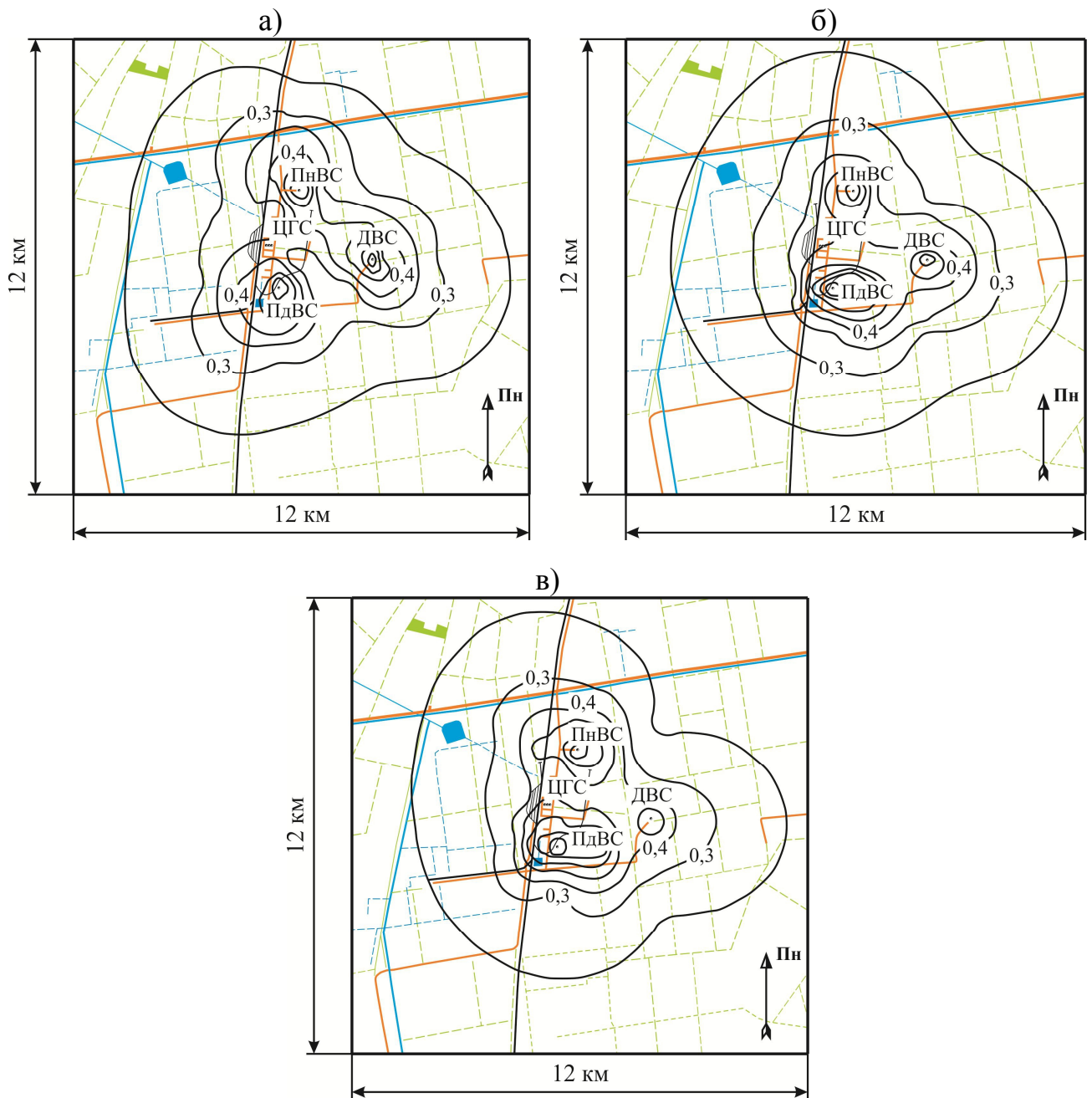


Рис. 2. Характер просторових змін умовних показників ушкодження індикаторів промислового майданчика ЗАТ «ЗЗРК»: а) за 2009 р.; б) за 2010 р.; в) за 2011 р.

Подальші дослідження дозволили встановити кореляційну залежність зміни УПУ від параметрів приземної концентрації діючих речовин (рис. 3).

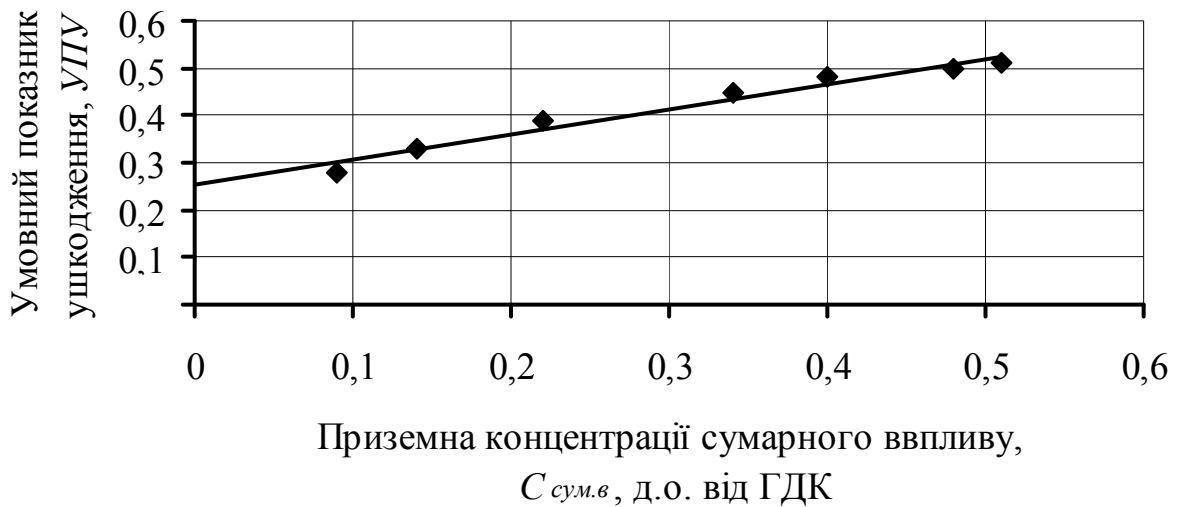


Рис. 3. Графік залежності зміни умовного показника ушкодження від величини приземної концентрації сумарного впливу діючих речовин.

Проведення апроксимації максимальних значень дозволило отримати **регресійне** рівняння залежності УПУ від величини приземної концентрації сумарного впливу:

$$УПУ = 0,53 \cdot C_{\text{сум.в}} + 0,25, \text{ д.о.}, \text{ при } R^2 = 0,967, \quad (14)$$

де  $C_{\text{сум.в}}$  – величина приземної концентрації сумарного впливу, д.о. від ГДК.

Дослідження комплексних параметрів стану фітоценозів дозволили встановити кореляційну залежність між біологічною врожайністю озимої пшениці та приземною концентрацією сумарного впливу (рис. 4).

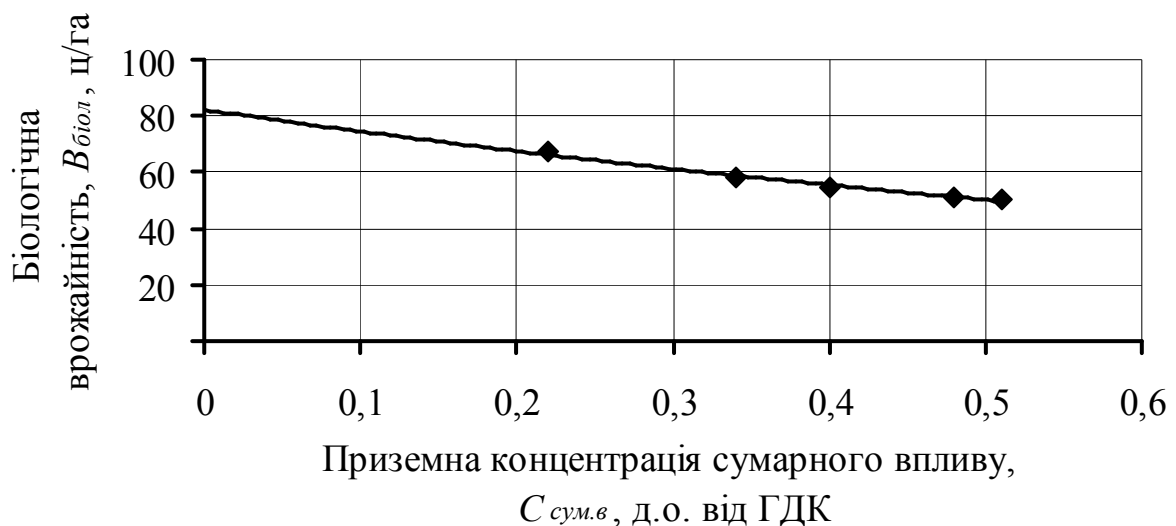


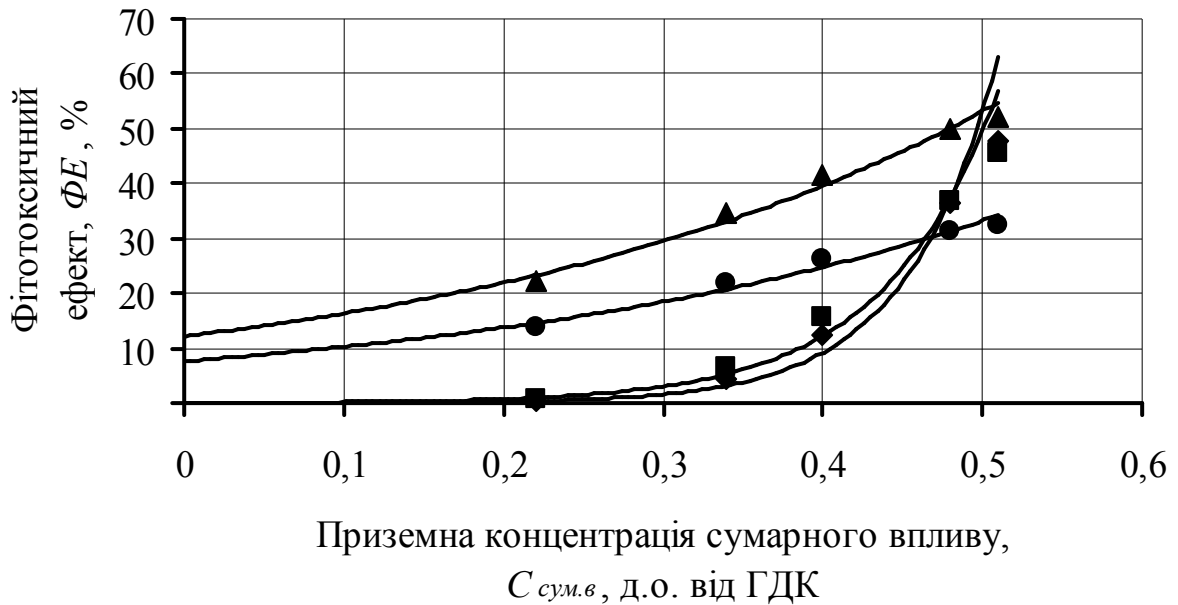
Рис. 4. Графік залежності зміни біологічної врожайності озимої пшениці від величини приземної концентрації сумарного впливу діючих речовин.

На основі апроксимації максимальних значень, отримано регресивне рівняння

залежності біологічної врожайності від величини приземної концентрації сумарного впливу:

$$B_{\text{біол}} = 82,21 \cdot e^{-0,986 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \text{ ц/га, при } R^2 = 0,981. \quad (15)$$

Подальші дослідження з використанням індикаторних тестів дозволили встановити суттєву залежність зміни фітотоксичного ефекту від величини приземної концентрації сумарного впливу (рис. 5).



- ◆ за довжиною верхків;
- за довжиною кореневої системи;
- ▲ за сирію масою;
- за сухою масою.

Рис. 5. Графік залежності зміни фітотоксичного ефекту від величини приземної концентрації сумарного впливу діючих речовин.

На основі апроксимації максимальних значень, отримані регресійні рівняння залежності фітотоксичного ефекту від величини приземної концентрації сумарного впливу:

- за довжиною верхків:

$$\Phi E_{\text{в}} = 0,008 \cdot e^{17,53 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \text{ %, при } R^2 = 0,982; \quad (16)$$

- за довжиною кореневої системи:

$$\Phi E_{\text{к}} = 0,046 \cdot e^{13,96 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \text{ %, при } R^2 = 0,981; \quad (17)$$

- за сирію масою:

$$\Phi E_{\text{сир.м}} = 12,16 \cdot e^{2,95 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \text{ %, при } R^2 = 0,982; \quad (18)$$

- за сухою масою:

$$\Phi E_{\text{сух.м}} = 7,64 \cdot e^{2,94 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \text{ %, при } R^2 = 0,979, \quad (19)$$

Аналіз результатів дослідження екологічного стану атмосферного повітря дозволив запропонувати методику розрахунків його параметрів у межах промислового майданчика і на територіях, прилеглих до шахти, у такій послідовності:

1) концентрація екологічно небезпечних речовин, що надходять з вентиляційного ствола шахти:

- оксид вуглецю:

$$C_{CO} = 112,43 \cdot q - 36,45, \text{ мг/м}^3; \quad (20)$$

- оксиди азоту:

$$C_{NO_x} = 4,32 \cdot q - 0,92, \text{ мг/м}^3; \quad (21)$$

- діоксид сірки:

$$C_{SO_2} = 4,24 \cdot q + 0,46, \text{ мг/м}^3, \quad (22)$$

де  $q$  – річна питома витрата тротиловмістких ВР, кг/т.

2) приземна концентрація сумарного впливу екологічно небезпечних речовин:

$$C_{\text{сум.в}} = 1,06 \cdot q^{1,74} \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.о. від ГДК}, \quad (23)$$

де  $L$  – відстань від джерела викиду (вентиляційного ствола шахти), м.

3) УПУ індикаторів:

$$УПУ = \frac{0,205}{q^{0,53} \cdot e^{0,0003 \cdot L}} + 0,265 \cdot C_{\text{сум.в}} + 0,125, \text{ д.о.} \quad (24)$$

4) врожайність озимої пшениці:

$$B_{\text{біол}} = 24,9 \cdot e^{0,0003 \cdot L} + \frac{41,105}{e^{0,986 \cdot C_{\text{сум.в}}}}, \text{ ц/га.} \quad (25)$$

5) фітотоксичний ефект:

- за довжиною верхків:

$$\Phi E_{\text{в}} = 0,004 \cdot e^{17,53 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{31,38}{e^{0,0054 \cdot L}}, \text{ \%}; \quad (26)$$

- за довжиною кореневої системи:

$$\Phi E_{\text{к}} = 0,023 \cdot e^{13,96 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{28,26}{e^{0,0043 \cdot L}}, \text{ \%}; \quad (27)$$

- за сирою масою:

$$\Phi E_{\text{сир.м}} = 6,08 \cdot e^{2,95 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{27,32}{e^{0,0009 \cdot L}}, \text{ \%}; \quad (28)$$

- за сухою масою:

$$\Phi E_{\text{сух.м}} = 3,82 \cdot e^{2,94 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{17,08}{e^{0,0009 \cdot L}}, \text{ \%}. \quad (29)$$

Результати багаторічних досліджень екологічного стану атмосферного повітря промислового майданчика, і територій, прилеглих до шахти, дозволили скласти таблицю, за якою визначається екологічна оцінка стану атмосферного повітря навколо джерела викиду. Необхідні дані з визначення екологічної оцінки стану атмосферного повітря навколо вентиляційного ствола шахти подано у табл. 1.

Екологічна оцінка стану атмосферного повітря навколо джерела викиду

Приземна концентрація сумарного впливу, $C_{\text{сум.в}}$ , д.о. від ГДК	Умовний показник ушкодження індикаторів, УПУ, д.о.	Біологічна врожайність озимої пшениці, $B_{\text{біол}}$ , ц/га	Рівень ушкоджуваності індикаторів	Стан атмосферного повітря
$\leq 0,095$	0...0,150	$\geq 74,9$	низький	сприятливий
	0,151...0,300		нижче середнього	насторожуючий
0,096...0,378	0,301...0,450	74,8...56,7	середній	конфліктний
0,379...0,661	0,451...0,600	56,6...42,9	вище середнього	загрозливий
0,662...0,944	0,601...0,750	42,8...32,4	високий	критичний
0,945...1,415	0,751...1,000	$\leq 32,3$	максимальний	небезпечний

Як видно з табл. 1, за величиною приземної концентрації сумарного впливу, умовного показника ушкодження індикаторів і біологічної врожайності озимої пшениці, отриманих за формулами (23) - (29), визначається рівень ушкоджуваності індикаторів і стан атмосферного повітря в межах промислового майданчика і території прилеглої до джерела викиду (вентиляційного ствола) шахти.

За результатами вирішення першої, другої і третьої задач дослідження сформульовано перше наукове положення.

У **четвертому розділі**, відповідно до четвертої і п'ятої задач, розроблені ефективні способи підвищення екологічної безпеки підземного видобутку залізних руд і визначена еколого-економічна ефективність впроваджених технологій екологізації процесів при підземному видобутку залізних руд.

Як відомо, видобуток залізних руд підземним способом пов'язаний з веденням вибухових робіт. Враховуючи високу вартість промислових тротиловмістких ВР, їх небезпеку, доцільним є застосування таких аналогів, що виготовляються безпосередньо на місцях ведення вибухових робіт і є більш безпечними з екологічного погляду. Тому, для підвищення екологічної безпеки, у такому випадку, пропонується застосувати емульсійну ВР вітчизняного виробництва – україніт-ПП-2Б. Більш того, для удосконалення ведення очисних робіт при камерних системах розробки, пропонується змінити технологічні параметри ведення буро-підривних робіт, а саме: удосконалити існуючу методику розрахунку їх параметрів при застосування емульсійних ВР.

На підставі промислових досліджень отримано регресивне рівняння залежності коефіцієнта відносної потужності ВР україніт-ПП-2Б від діаметра свердловин, яке використовується при розрахунку параметрів буро-підривних робіт

$$\Delta b = 1,385 - 0,23 \cdot d, \text{ при } R^2=0,998, \quad (30)$$

де  $d$  – діаметр свердловини, м.

Удосконалення методики розрахунку параметрів буро-підривних робіт сприяло розробці нової технології ведення очисних робіт у камерах. Суть запропонованої технології відбивання руди полягає в тому, що перед зарядженням з кожної бурової

виробки здійснюють буріння віял свердловин у напрямі нижчележачого підповерху. Після чого низхідні віяла свердловин заряджають емульсійними ВР (рис. 6, 7).

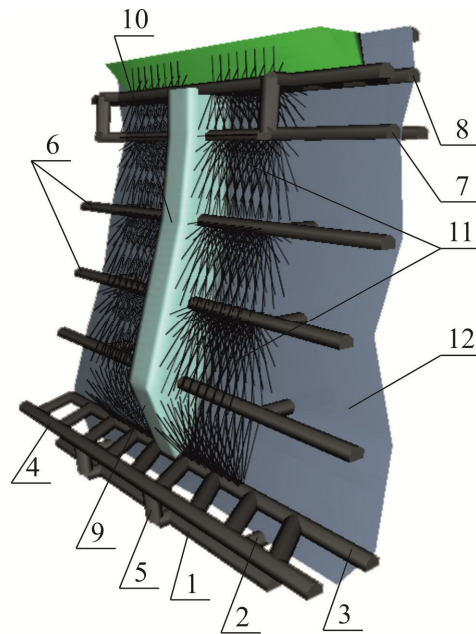


Рис. 6. Технологія ведення очисних робіт у камерах із застосуванням емульсійних ВР для покладів руди потужністю 5...25 м: 1 – польовий відкотний штрек; 2 – навантажувальний заїзд, 3 – штрек підсікання; 4 – штрек доставки; 5 – рудоспуск; 6 – підповерховий буровий штрек; 7 і 8 – вентиляційно-буровий штрек; 9 – підсичний простір; 10 – відрізна щілина; 11 – віяла низхідних свердловин; 12 – лежачий бік.

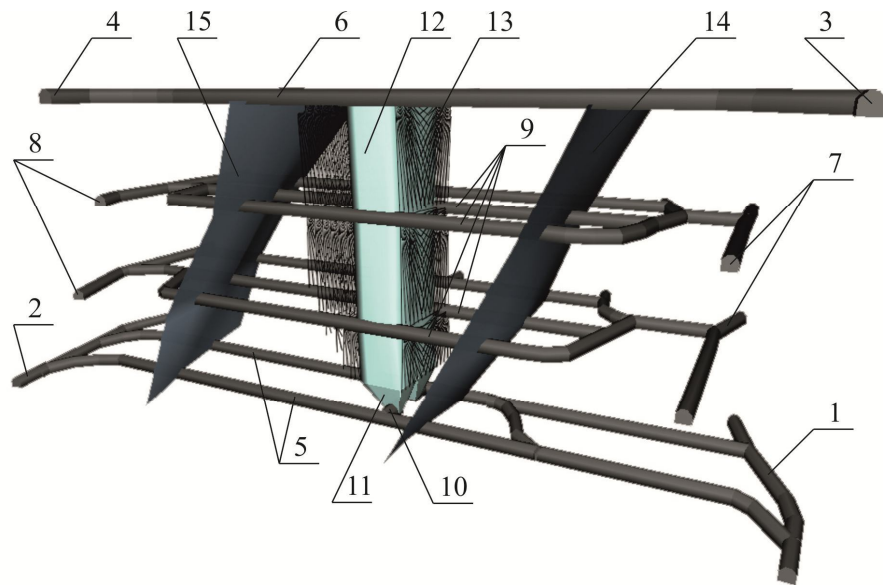


Рис. 7. Технологія ведення очисних робіт у камерах із застосуванням емульсійних ВР для покладів руди потужністю більше 25 м: 1 – відкотний штрек лежачого боку; 2 – відкотний штрек висячого боку, 3 – вентиляційний штрек лежачого боку; 4 – вентиляційний штрек висячого боку, 5 – відкотний орт; 6 – вентиляційно-буровий орт; 7 – підповерховий штрек лежачого боку; 8 – підповерховий штрек висячого боку; 9 – буровий орт; 10 – заїзд під вібраційний живильник; 11 – приймальна воронка; 12 – відрізна щілина; 13 – віяла низхідних свердловин; 14 – лежачий бік; 15 – висячий бік.

Оцінку зниження екологічної небезпеки впливу шкідливих речовин, які утворюються при веденні вибухових робіт у шахті, здійснювали шляхом розрахунку коефіцієнта індексу небезпеки  $HI$ , що визначається як сума відношень концентрацій екологічно небезпечних речовин до їх гранично допустимої концентрації (рис. 8).

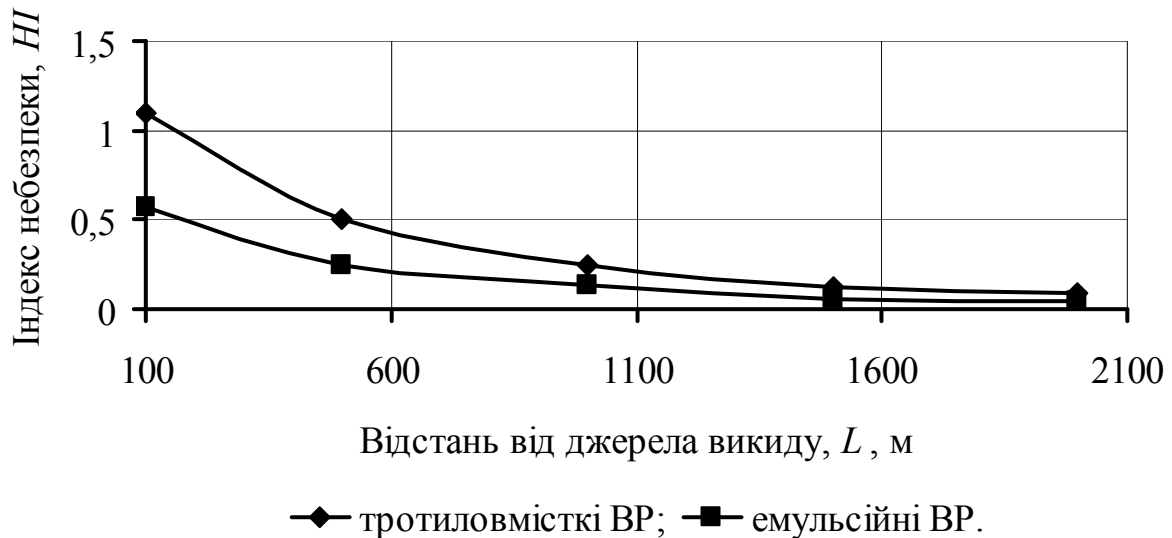


Рис. 8. Характер зміни індексу небезпеки від відстані до джерела викиду.

З рис. 8 видно, що при використанні емульсійних ВР, порівняно з тротиловмісткими ВР, індекс небезпеки знижується на 50%. А це означає, що при використанні емульсійних ВР під час видобутку залізних руд підземним способом екологічна небезпека знизиться в 2 рази. Подальші дослідження дозволили отримати регресійну залежність УПУ від індексу небезпеки

$$УПУ = 0,5 \cdot HI^{0,2}, \text{ при } R^2 = 0,994. \quad (31)$$

Визначення УПУ за допомогою формули (31) дозволило встановити, що при використанні емульсійних ВР інгибуючий вплив на стан індикаторів знижується на 13% порівняно з використанням тротиловмістких ВР. Економічна ефективність від використання запропонованої технології відбивання руди для однієї виїмкової одиниці складе 324,853 тис. грн.

За результатами вирішення четвертої і п'ятої задач дослідження сформульовано друге наукове положення.

Отже, впровадження еколого-орієнтованої технології відбивання руди, пов'язаної із застосуванням емульсійних ВР в умовах шахт ЗАТ «ЗЗРК», призведе до підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок зниження забруднення рудникової атмосфери продуктами вибуху.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна наукова задача, що полягає у встановленні закономірностей забруднення атмосферного повітря шахтними джерелами викиду. Встановлені закономірності є основою для розробки ефективних методів оцінки рівня екологічної безпеки та обґрунтування необхідності впровадження технологічних рішень, що дозволяють під-

вищити рівень екологічної безпеки при видобутку залізних руд підземним способом.

*Основні наукові і практичні результати, висновки та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі.*

1. Видобуток залізних руд підземним способом супроводжується використанням тротиловмістких ВР. При веденні вибухових робіт за допомогою цих ВР відпрацьований струмінь рудникового повітря, насичений екологічно небезпечними речовинами та пилом, надходить у атмосферне повітря через вентиляційні стволи шахти неочищеним. На сьогоднішній день не існує ефективного обладнання і очисних споруд для уловлювання продуктів вибуху, що видаються на поверхню. Це становить небезпеку компонентам навколишнього середовища на території, прилеглої до залізорудної шахти. Новим підходом для підвищення рівня екологічної безпеки є впровадження еколого-орієнтованих технологій буро-підривних робіт при видобутку залізних руд підземним способом.

2. Встановлено закономірності зміни приземної концентрації екологічно небезпечних речовин навколо шахтних джерел викиду за допомогою експрес-методу фізико-хімічного аналізу і розрахунку концентрацій небезпечних речовин в атмосферному повітрі. При цьому показано, що концентрації екологічно небезпечних речовин у вихідному струмені повітря каналів вентиляторів головного провітрювання розташованих на вентиляційних стволах шахти залежать від річної питомої витрати ВР і змінюються за лінійним законом, що дозволить визначати концентрації окремих токсичних газів для кожного вентиляційного ствола, а за отриманими емпіричними формулами – концентрацію оксиду вуглецю, оксидів азоту і діоксиду сірки, що надходять у атмосферу.

3. Рівень забруднення атмосферного повітря навколо джерел викиду залізорудної шахти залежить від приземної концентрації екологічно небезпечних речовин і відстані від вентиляційних стволів. Встановлено кореляційні залежності зміни стану індикаторів від концентрації екологічно небезпечних речовин і відстані до шахтних джерел викиду, що дозволило оцінити рівень забруднення атмосферного повітря на території прилеглої до залізорудної шахти.

4. На підставі встановлених залежностей зміни концентрацій небезпечних речовин в атмосферному повітрі і стану індикаторів навколо шахтних джерел викиду, розроблено алгоритм розрахунку екологічної оцінки стану атмосферного повітря промислового майданчика, і території прилеглої до залізорудної шахти, що дозволило скласти шкалу оцінки, за допомогою якої визначаються параметри екологічної безпеки викидів залізорудних шахт.

5. Удосконалено існуючу методику вибору раціональних параметрів буро-підривних робіт при підземному очисному вийманні на шахтах Криворізького басейну і ЗАТ «ЗЗРК», за рахунок введення встановленого коефіцієнту відносної потужності ВР, що дозволяє використовувати емульсійні ВР при різних діаметрах експлуатаційних свердловин. Розроблено технологію відбивання руди при веденні очисних робіт з відпрацювання запасів камер із застосуванням емульсійної ВР україніт-ПП-2Б, що знижує забруднення рудникової атмосфери продуктами вибуху на 50 % і відповідно екологічну небезпеку в 2 рази, розраховану з урахуванням прогнозованих концентрацій забруднювачів у атмосфері і пов'язаних з ними показників індикаторів. Використання емульсійних ВР зменшує на 13% інгібуєчий вплив на стан індикаторів порівняно із застосуванням тротиловмістких ВР.



6. Економічний ефект від впровадження запропонованої технології відбивання руди при веденні очисних робіт у поверсі 740-840 м на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК» склав 324,853 тис. грн. для однієї виїмкової одиниці, що призведе до зниження собівартості 1 т руди до 15% і одночасно екологічної небезпеки при видобутку залізної руди підземним способом.

**Основні положення і результати дисертації опубліковані у наступних роботах:**

**У фахових наукових виданнях:**

1. Миронова І.Г. Определение концентрации вредных веществ в исходящей струе рудничного воздуха / А. І. Горова, І. Г. Миронова // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – №36. Т.2. – С. 192–200.

2. Миронова І.Г. Оценка экологического состояния атмосферного воздуха в районах размещения предприятий подземной добычи железных руд / И.Г. Миронова // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – № 40. – С. 204–209.

3. Миронова І. Г. Картографування території міста Дніпропетровська за станом повітряного басейну / А. І. Горова, І. Г. Миронова // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. – №25. – С. 189–194.

4. Миронова І.Г. Комплексна еколого-біологічна оцінка урбанізованого середовища – міста Дніпропетровська / А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська [та ін.] // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. – №26. – С. 106–114.

**У зарубіжних збірниках:**

5. O. Khomenko, M. Kononenko & I. Myronova. Blasting works technology to decrease an emission of harmful matters into the mine atmosphere / Annual Scientific-Technical Collection “Mining of Mineral Deposits”. – Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. – P. 231–235.

**Патенти:**

6. Пат. на кор. мод. №64145 Україна МПК E21C 41/16. Спосіб видобування корисних копалин буропідричним методом / Кононенко М.М., Хоменко О.Є., Миронова І.Г.; заявник і патентовласник – НГУ. – № u201105285; заявл. 26.04.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. №20.

7. Пат. на винахід № 101217 Україна МПК E21C 41/22. Спосіб видобування корисних копалин буропідричним методом / Кононенко М.М., Хоменко О.Є., Миронова І.Г.; заявник і патентовласник – НГУ. – № a201104028; заявл. 04.04.2011; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

8. Пат. на кор. мод. №81056 Україна МПК E21C 41/16. Спосіб видобування корисних копалин буропідричним методом / Хоменко О.Є., Кононенко М.М., Миронова І.Г., Мальцев Д.В.; заявник і патентовласник – НГУ. – № u201212133; заявл. 22.10.2012; опубл. 25.06.2013, Бюл. №12.

**В інших наукових виданнях:**

9. Миронова І.Г. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЗАО «Запорожский ЖРК» / А. И. Гороя, И. Г. Миронова // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2011». – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2011. – С. 112–116.

10. Миронова И.Г. Анализ уровней загрязнения атмосферного воздуха при подземной добыче железных руд / И.Г. Миронова, А.В. Павличенко // Щорічний науково-технічний збірник «Розробка родовищ», VII Міжнар. наук.-практ. конф. «Школа підземної розробки». – Д.: «ЛізуновПрес», 2013. – С. 261–266.

11. Миронова І.Г. МР 2.2.12–141–2007 Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів / [С. А. Риженко, А. І. Горова, Т. В. Скворцова та ін.]. – К. : Головне базове видавництво МОЗ України ДП «Центр інформаційних технологій», 2007. – 35 с.

12. Миронова І.Г. Оценка мутагенного воздействия факторов окружающей среды на урбанизированную территорию г. Днепропетровска по тесту «Стерильность пыльцы высших растений» / А. І. Горова, В. Ю. Грунтова, І. Г. Миронова // Збірка тез доповідей V Всеукраїнська наукова студентська та аспірантська конференція «Екологічні проблеми регіонів України». – Одеса: 2003. – С. 120–122.

13. Миронова І.Г. Биоиндикация общего токсического действия факторов окружающей среды на урбанизированной территории г. Днепропетровска по тесту «стерильности пыльцы высших растений» за 2000-02 года / А. І. Горова, В. Ю. Грунтова, І. Г. Миронова // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників – 2003»: Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – Т. 2, №17. – С. 538–544.

14. Миронова И.Г. Совершенствование методики оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий методами биоиндикации (на примере города Днепропетровска по тесту «Стерильность пыльцы высших растений») / А. И. Гороя, В. Ю. Грунтова, А. В. Павличенко, И. Г. Миронова // Проблеми екології та екологічної освіти: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. – Кривий Ріг: Етюд-Сервіс. – 2003. – С. 179–181.

15. Миронова І.Г. Інтегральна оцінка стану повітряного басейну і ґрунтів урбанізованої території міста Дніпропетровська (2003 рік) / А. І.Горова, В. Ю. Грунтова, А. В. Павличенко [та ін.] // Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності: Тези доповідей до Міжнародної науково-практичної конференції. – 2004. – С. 27–28.

**Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві**, полягає в наступному: [1] – вимірювання концентрації та встановлення закономірностей; [3, 4, 11–15] – оцінка токсико-мутагенного фону атмосферного повітря за допомогою цитогенетичних методів біоіндикації; [5] – аналіз і розробка технології видобутку руди; [6, 7, 8] – технічна ідея, формули винаходу та узагальнення результатів; [9] – аналіз умов розробки родовища багатих залізних руд і встановлення основних джерел забруднення атмосферного повітря; [10] – розрахунок і встановлення закономірностей.

## АНОТАЦІЯ

**Миронова І.Г. «Підвищення екологічної безпеки при видобутку залізних руд підземним способом». - На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – «Екологічна безпека». – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2014.

Дисертація присвячена питанням підвищення екологічної безпеки видобутку залізних руд підземним способом для конкретних гірничо-геологічних умов Південно-Білозерського родовища. За результатами фізико-хімічного аналізу та біологічної оцінки стану атмосферного повітря на промисловому майданчику шахти та прилеглих до нього територій запропоновано розрахунок екологічної оцінки стану атмосферного повітря та технологічні рішення щодо технології відбивання запасів руди камер за допомогою емульсійних ВР. Надані технологічні рішення ведення очисних робіт при камерних системах розробки, впроваджені при видобуванні залізної руди на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК». Ступінь екологічної небезпеки при впровадженні запропонованої технології знизиться в 2 рази, а собівартість видобутку 1 т руди зменшиться на 15%.

*Ключові слова:* екологічна безпека, атмосферне повітря, небезпечні речовини, зниження рівня, емульсійні ВР, індикатори, підземний видобуток, технологія відбивання руди низхідними віялами свердловин.

## АННОТАЦІЯ

**Миронова И.Г. «Повышение экологической безопасности при добыче железных руд подземным способом». - На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – «Экологическая безопасность». – Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2014.

В диссертационной работе решена актуальная научная задача в установлении закономерностей формирования загрязнения атмосферного воздуха от воздействия шахтных источников выброса.

На основе результатов измерения концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха, установлены закономерности изменения концентрации оксидов углерода, азота и серы от годового удельного расхода ВВ. Определение приземной концентрации суммарного воздействия опасных веществ позволило установить, что на их приземную концентрацию влияет расстояние от источника выброса и удельный годовой расход ВВ, что позволило выявить закономерности изменения приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ с увеличением расстояния от каждого вентиляционного ствола шахты.

Оценка общей токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха позволила установить корреляционную зависимость изменения УПП от величины приземной концентрации суммарного воздействия.

Исследования изменения биологических признаков озимой пшеницы, произрастающей на разном удалении от источника выброса, позволили установить, что их линейные размеры вблизи источника выброса увеличиваются, а с удалением от него уменьшаются, а весовые показатели, наоборот, вблизи – уменьшаются, а с увеличением расстояния – увеличиваются. По результатам исследования установлено корреляционную зависимость изменения биологической урожайности озимой пшеницы от величины приземной концентрации суммарного воздействия и расстояния до источника выброса.

Определение последствий техногенеза в первом поколении, позволило установить, что токсичные газы, исходящие из вентиляционных стволов шахты оказывают существенное влияние на культуры в первом поколении, и способствует увеличению техногенеза при приближении к нему. Результатами исследования установлены корреляционные зависимости изменения фитотоксического эффекта от величины приземной концентрации суммарного воздействия.

На основании полученных результатов исследования разработан алгоритм расчета экологической оценки состояния атмосферного воздуха на промышленной площадке шахты и территории, прилегающих к ней и составлена оценочная шкала, с помощью которой определяются параметры экологической опасности выбросов железорудной шахты.

Предложена технология отбойки руды при ведении очистных работ по отработке запасов камер с применением эмульсионного ВВ украинит-ПМ-2Б позволяющая повысить безопасность ведения взрывных работ, а также снизить загрязнения рудничной атмосферы продуктами взрыва до 50%, ингибирующее воздействие на состояние индикаторов по сравнению с применением тротилосодержащих ВВ до 13% и соответственно экологический риск в 2 раза, рассчитанный с учетом прогнозируемых концентраций загрязнителей в атмосфере и связанных с ними показателей индикаторов.

*Ключевые слова:* экологическая опасность, атмосферный воздух, опасные вещества, снижение уровня, эмульсионные ВВ, индикаторы, подземная добыча, технология отбойки руды нисходящими веерами скважин.

## ANNOTATION

**Myronova I. "Increasing of environmental safety in the underground mining of iron ores". – Manuscript.**

Dissertation for candidate's degree by specialty 21.06.01 – "Ecological safety". – The State HEI «National Mining University», Dnepropetrovsk, 2014.

The thesis is devoted to environmental safety improving of iron ore extraction by underground mining for specific geological conditions of South- Bilozerske field. As a result of physical and chemical analysis and biological assessment of air state in the mine industrial area and adjacent territories a calculation of the environmental assessment of air state and process solutions on the technology of reflection of ore cameras using emulsion explosives are proposed. Given technological solutions of extraction works in chamber system of mining are implemented in iron ore extraction of "Ekspluatatsiina" mine of CJС "Zaporizhia Iron Ore Plant". The degree of environmental hazards under the implementation of the proposed technology will decrease by 2 times, and the cost of production of 1 ton of ore will be reduced by 15%.

*Keywords:* environmental hazard, air, hazardous substances, reduction, emulsion explosives, indicators, underground mining, ore breaking technology by descending fans of chinks.

Миронова Інна Геннадіївна

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
ПРИ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ

(Автореферат)

Підписано до друку 12. Формат 60×90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк..0,9.  
Обл.-вид. арк.. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. №

Державний вищий навчальний заклад  
“Національний гірничий університет”  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19