

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА ГІРНИЧА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

На правах рукопису

ЗБЕРОВСЬКИЙ Олександр Владиславович

УДК 504.3.06:622

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ В ЕКОСИСТЕМІ
“КАР'ЄР - НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ - ЛЮДИНА”

Спеціальність: 21.00.08 - “Техногенна безпека”

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук



Дніпропетровськ
1997



00743587 (У)

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Національній гірничій академії України

Науковий консультант - доктор технічних наук, професор
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ Микола Феофанович, ,
 професор кафедри аерології та охорони
 праці НГА України.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **ШАПАР Аркадій Григорович**, директор
 інституту проблем природокористування та екології НАН України;

доктор технічних наук, чл.-кор. НАН України **ЄФРЕМОВ Едуард Іванович**,
 зав. відділом механіки вибуху інституту геотехнічної механіки НАН
 України;

доктор геолого - мінералогічних наук, професор **КРИКУНОВ Генадій
 Миколайович**, професор кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності
 Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

Провідна організація - Український державний науково-дослідний
 інститут безпеки праці та екології в гірничорудній та металургійній
 промисловості, відділ промислової екології, м.Кривий Ріг.

Захист відбудеться "29" грудня 1997р. о 12⁰⁰ год. на засіданні
 спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 при Національній гірничій академії
 України за адресою: 320027, м.Дніпропетровськ-27, пр.К.Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці академії.

Автореферат розісланий "28" 11 1997р.

Вчений секретар
 спеціалізованої вченої ради,
 доктор техн. наук, професор

Р.С. Крисін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

СТАН ТА АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ.

Охорона навколишнього середовища та підвищення безпеки життєдіяльності людини при відкритому видобутку мінерально-сировинних ресурсів із надр землі є однією з актуальних проблем сучасності. Наприклад, в Дніпропетровській області діє 66 кар'єрів по видобутку залізних та марганцевих руд, каолинів, бурого вугілля, рідкісних металів та будівельних матеріалів. Інтенсивний розвиток кар'єрів привів до катастрофічних екологічних та соціальних наслідків. Щорічно на кар'єрах та ГЗКах області у атмосферу викидається біля 600 тисяч тонн шкідливих речовин, у т.ч. більше 500 тисяч тонн газообразних та рідких речовин. Викликають тривогу факти росту професійного захворювання робітників основних професій в кар'єрах, підвищення дитячої смертності та зниження на 4-6 років тривалості життя населення в гірничовидобувних регіонах України.

Відкритий спосіб розробки рудних родовищ, як найбільш економічний та ефективний розвивається у всьому світі і в найближчому майбутньому слід чекати збільшення об'єму буро-вибухових робіт, зросту глибини кар'єрів до 400-600 м, що приведе до погіршення природного провітрювання, ускладнення умов праці гірничих працівників на глибоких горизонтах, а також до посилення забруднення атмосфери на робітників місцях в зоні діяльності гірничих підприємств. Одним з альтернативних проєктів до подальшого розвитку глибоких кар'єрів є їх перехід на відкрито-підземний спосіб розробки родовищ корисних копалин. Але при цьому, наряду з значним покращенням екологічної обстановки, виникають серйозні проблеми в створенні та управлінні режимами провітрювання в забоях рудника та кар'єра, особливо в період ведіння вибухових робіт.

Буро-вибухові роботи, як основний спосіб відкритого видобутку руд, залишається поки-що єдиним ефективним засобом розрушення гірничих порід, незважаючи на його пагубну дію на навколишнє середовище. Після масових вибухів пилегазова хмара (ПГХ) осідає в житлових районах та на сільськогосподарських угіддях, що створює значні негативні ефекти в радіусі 15-20 км від кар'єру. Концентрація пилу в повітрі при масових вибухах досягає 1200-2800 ГДК на відстані 1 км від кар'єру та до 90 ГДК на віддаленні 10 км.

Охорона атмосфери та питання аерології глибоких кар'єрів розглядаються сьогодні як складова частина загальної проблеми підвищення техногенної безпеки в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина", рішення

якої стримується протиріччям між інтересами виробництва та соціально-екологічними вимогами суспільства, а також відсутністю систем оперативного комп'ютерного моніторингу атмосфери кар'єру та еколого-економічно збалансованого підходу до планування та розвитку гірничого виробництва в умовах переходу до ринкової економіки. З одного боку, інтереси гірничого виробництва потребують інтенсифікації видобичних та буро-вибухових робіт з дотриманням та покращенням умов праці, застосуванням засобів контролю чистоти атмосфери, пилегазоподавленням та провітрюванням робітничих зон кар'єру; з другої сторони, викид ПГХ в атмосферу при вибухових роботах та винос забруднення за межі кар'єру створює небезпечні наслідки для життєдіяльності людей і різко погіршує екологічну ситуацію на суміжній території. Пошук рішень по подоланню цього протиріччя потребує комплексного розгляду всіх аспектів проблеми охорони атмосфери та аерології глибоких кар'єрів, включаючи метеорологічний, технічний, соціально-гігієнічний та еколого-економічний аспект.

В зв'язку з цим розробка наукових основ захисту атмосфери в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина", створення нормальних умов праці гірничих працівників, забезпечення безпечної життєдіяльності людей в зоні відкритих гірничих робіт набули багатогранний характер, зачіпають інтереси сотен тисяч людей, виробництво, природу загалом та представляють актуальну наукову проблему.

ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з планом найважливіших держбюджетних робіт Міністерства освіти України за період 1986-1996рр. (теми ГФ-299, ГП-11, ГП-21, ГП-41, ГП-50, ГП-142, ГП-148), у відповідності з проектами 02.03.08./095-92 та 02.03.08./097-92 ДНТП ДКНТ України (приказ ДКНТ №12 від 04.05.92р.), а також є невід'ємною частиною досліджень по госпдоговірній тематиці НГА України з ПівдГЗКом у 1991-92 рр. (тема №011315).

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

ЦІЛЬ РОБОТИ - розвиток теоретичних основ аеро- та пилегазодинаміки в кар'єрах, зниження рівня забруднення шляхом створення технічних систем контролю та активного пилегазоподавлення в атмосфері екосистеми "кар'єр-навколишнє середовище - людина", забезпечуючих техногенну безпеку при відкритій розробці руд.

Для досягнення поставленої в дисертації цілі були сформовані наступні задачі досліджень:

1 - розробити теорію та методи розрахунку параметрів атмосфери в кар'єрах та навколишньому середовищі з урахуванням особливостей динамічних та конвективних потоків повітря, специфіки відкрито-підземних гірничих робіт та засобів активізації повітряного обміну в кар'єрах;

2 - встановити закономірності зміни мікроклімату та оцінити умови праці в глибоких (більше 350м) кар'єрах, з урахуванням яких розробити принципи створення та експлуатації комп'ютерної системи моніторингу атмосфери в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина";

3 - розробити перспективні способи та засоби захисту атмосфери кар'єру від пилу та покращення мікроклімату на робітників містах;

4 - визначити аеродинамічні особливості, способи та засоби підвищення ефективності повітряного обміну при відкрито-підземних гірничих роботах;

5 - розробити пилегазотермодинамічну модель масового вибуху, встановити закономірності розвитку ПГХ в атмосфері кар'єру за період першої секунди, розробити та научно обґрунтувати екологічно щадящу вибухову технологію видобутку руди малими об'ємами ВР з застосуванням активних способів та засобів пилегазоподавлення;

6 - встановити закономірності аеротехногенного забруднення навколишнього середовища при вибухових роботах в кар'єрах, розробити способи та засоби захисту атмосфери при масових вибухах, а також концепцію еколого-економічно збалансованих гірничих робіт в кар'єрах;

7 - розробити експериментальні установки та систему активного ударно-хвильового, гідродинамічного пилегазоподавлення при масових вибухах в кар'єрах в тому числі з застосуванням конверсійної військової техніки, а також розкрити основні закономірності процесу гідровикиду та розробити методи розрахунку його параметрів для технічних систем активного подавлення ПГХ.

ІДЕЯ РОБОТИ полягає у використанні встановлених закономірностей зміни мікроклімату, повітряного обміну, радіаційного, теплового та пилегазового режиму в глибоких кар'єрах для розробки комп'ютерної системи контролю параметрів атмосфери та гігієнічної оцінки умов праці гірничих працівників; методу конформних відображень для створення теорії розрахунку природного провітрювання та чисельних моделей прогнозу пилегазодинамічної ситуації в кар'єрі та навколишньому середовищі; в застосуванні способів та засобів активного ударно-хвильового гідродинамічного пилега-

зоподавлення ПГХ та конверсійної військової техніки для створення системи захисту атмосфери в кар'єрах при масових вибухах.

ОСНОВНІ НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ, ЯКІ ЗАХИЩАЮТЬСЯ У РОБОТІ

1. Ступінь забруднення навколишнього середовища та рівень професійних пилових захворювань гірничих працівників при відкритому видобутку залізних руд залежить від гранулометричного та хімічного складу пилу, а також від морфологічних особливостей її частин, при цьому змінення стажу праці та віку працівників до початку захворювання описується зростаючою лінійною залежністю, концентрація пилу в навколишньому середовищі після масового вибуху - поліномом сьомого ступеню, а біоекологічна небезпека респірабельних частин пилу ПГХ визначається виявленим ефектом сорбування мікрочастин на їх поверхні та наявності у ній отруйних елементів Pb, Mn, Cr; що, на відміну від відомих методів, дозволяє дати кількісну оцінку та прогноз розвитку пилової патології у працівників, встановити розміри сільсько-сподарських угідь з порушенням ґрунтовим балансом та ступінь змін біологічної активності ґрунту під впливом пилу ПГХ.

2. Контроль чистоти повітря в екосистемі "кар'єр - навколишнє середовище - людина" базується на застосуванні автоматизованої системи моніторингу атмосфери, яка на відміну від відомих, включає розроблену комп'ютерну базу даних о фактичних параметрах мікроклімату та забрудненню повітряного середовища у глибоких кар'єрах Кривбасу, оригінальний комплекс прикладних програм, які забезпечують необхідну точність і оперативність розрахунку пилогазодинамічної ситуації в кар'єрі, при відкрито-підземній розробці та навколишньому середовищі, що дозволяє виконувати поточний, короткостроковий і довгостроковий прогноз забруднення атмосфери екосистеми.

3. Основним фактором, який визначає точність розрахунку концентрації пилогазових викидів від джерел у кар'єрі при їх розповсюдженні під дією вітру, є наявність криволінійності лінії вісі факелу шкідливостей та геометричного профілю бортів кар'єру, яка враховується у новій математичній моделі розрахунку шляхом їх апроксимації лініями току повітряного потоку, які обминають уступи кар'єру та проходять через джерела забруднення.

4. Ефективність провітрювання кар'єру та підземного руднику, зв'язаних загальними гірничими виробками, залежить від рівнодійної швидкості об'єднаного повітряного потоку в кар'єрі, яка зв'язана лінійними залежностями зі швидкістю потоку на вході у кар'єр та на виході з підземних виробок. Це

дозволило розробити новий метод розрахунку провітрювання кар'єру та прогнозу забруднення його атмосфери з врахуванням зон аеродинамічного впливу підземних гірничих виробок.

5. Еколого-економічна збалансованість вибухових робіт на кар'єрах досягається при мінімізації сукупних витрат на БВР та розміру екологічного збитку, яка відрізняється застосуванням концепції переорієнтації великомасштабних масових вибухів в кар'єрах на вибухи малими об'ємами ВМ з активним пилегазоподавленням та утилізацією пилу, що дозволяє запропонувати новий шлях підтримання рівноваги екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина".

6. Ефективність пилегазоподавлення при вибухових роботах у кар'єрах, зниження швидкості та висоти під'йому хмари забезпечуються шляхом застосування нових ударно-хвильових способів гідродинамічної дії на епіцентр ПГХ у період його зародження на протязі 250-560 мс та засобів активного пригнічення хмари у кар'єрі з застосуванням конверсійної військової техніки.

НАУКОВА НОВИЗНА одержаних результатів полягає у наступному:

1. Розроблена теорія розрахунку параметрів атмосфери для вирішення практичних задач екологічного моніторингу, яка включає методи прогнозу забруднення навколишнього середовища, розрахунку пилегазової ситуації в кар'єрах та метод оцінки ефективності активізації повітряного обміну в кар'єрах з застосуванням каскаду водоповітряних завіс. В основі методу, на відміну від відомих, вперше на практиці аналітичних розрахунків аерології кар'єрів застосовується теорія конформних відображень, що забезпечує необхідну оперативність та точність вирішення задач кінематики повітряних потоків в кар'єрі та навколишньому середовищі, дозволяє враховувати при розрахунку поля концентрацій криволінійність вісі факелу розповсюдження шкідливостей в атмосфері.

2. Вперше розроблена математична модель та метод розрахунку провітрювання кар'єра, яка дозволяє врахувати зони аеродинамічного впливу підземних гірничих робіт та закономірності їх провітрювання в рамках єдиної аерогазотермодинамічної системи вентиляції кар'єра та рудника.

3. Встановлені закономірності формування мікроклімату, радіаційного та геотермального режиму глибоких (понад 350м) кар'єрів Кривбасу, що привносить певний вклад у розвиток засад кар'єрної метрології на сучасному етапі розвитку глибоких кар'єрів України.

4. Розроблені основні принципи створення та експлуатації комп'ютерної

системи моніторингу атмосфери в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина", які враховують базу даних про сучасні характеристики мікроклімату та закономірності змін метеоелементів в глибоких кар'єрах, котра, на відміну від відомих, базується на чисельних моделях розрахунку та прогнозу пилегазодинамічної обстановки в кар'єрах та поточній оцінці параметрів атмосфери локальними вимірювальними станціями.

5. Встановлені нові закономірності зародження, формування та розповсюдження в атмосфері пилегазової хмари при масових вибухах у кар'єрах, на основі яких розроблені на рівні винахідів способи її активного подавлення, а також математичні моделі та методи розрахунку його газодинамічних параметрів, застосування яких, на відміну від відомих, дозволяє здійснювати прогноз забруднення навколишнього середовища, оцінити наслідки забруднення ґрунту та фітоценозів на техногенних територіях ГЗКів, застосовувати енергію пневмогідровикиду, гідропострілу та метання рідких пилегазоподавляючих агентів зустрічним вибухом в епіцентр ПГХ, що забезпечує ефективну локалізацію епіцентру ПГХ на протязі перших 600 мс процесу, а також дозволяє залучити для захисту атмосфери в кар'єрах конверсійну військову техніку.

6. Вперше зроблено морфометричний та хімічний аналіз частин пилу в ПГХ, приведена біоекологічна оцінка становища фітоценозів в зоні відкритих гірничих робіт, досліджено характер та рівень забруднення кар'єрної екосистеми по 17 хімічним елементам, виявлені основні забрудники ґрунту та рослин, встановлені параметри зміни біологічної активності ґрунтових ферментів під дією кар'єрного пилу, виявлено ефект сорбування мікрочастин на поверхні респірабельних частин пилу ПГХ, що підвищує її небезпечність при дії на організм гірничих працівників.

7. Визначені види основних професійних захворювань гірничих працівників в кар'єрах по професіям, вивчено рівень професійних захворювань, одержане лінійне рівняння для його оцінки та прогнозу, дана гігієнічна оцінка умов праці в глибоких кар'єрах Кривбасу з урахуванням встановлених закономірностей змінення мікроклімату на робітників місцях, характеристик пилового фактору та загазованості повітряного середовища, рівня вібраційних та шумових навантажень на робітників місцях в кар'єрах.

8. Вперше розроблена теорія ударно-хвильового подавлення ПГХ та методи розрахунку параметрів гідроструменів в технічних пристроях системи активного пилегазоподавлення, які дозволяють встановити раціональні технічні та технологічні параметри пристроїв та системи в цілому при їх проектуванні для конкретних умов експлуатації на кар'єрах.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ полягає у наступному:

1. Розроблені пакети прикладних програм, які реалізують запропонований підхід до аналітичного опису газодинамічних процесів в атмосфері з застосуванням теорії функцій комплексного перемінного, які дозволяють здійснювати оперативні розрахунки при проектуванні вентиляції глибоких кар'єрів та прогнозувати забруднення атмосфери в зоні відкритих гірничих робіт. Результати розрахунків запроваджені в проекти ДПІ "Южгіпроруда" в вигляді рекомендацій по забезпеченню ефективного провітрювання кар'єрів №3 НКГЗК, ПГЗК з підтвердженням заказником очікуваним економічним ефектом в розмірі 512,7 тис. крб/рік (ціни 1989р.).

2. Розроблені раціональні схеми та засоби комп'ютерного контролю параметрів атмосфери в кар'єрах з застосуванням автоматизованої системи екологічного моніторингу атмосфери в екосистемі " кар'єр-навколишнє середовище-людина" АСМАК на базі вимірювальних станцій та апаратно-програмного комплексу адаптованого до IBM PC. Рекомендації по застосуванню системи екологічного моніторингу атмосфери кар'єрів (АСМАК) для умов ПівніГЗК запроваджені в екологічну службу кар'єра з соціальним ефектом (акт впровадження від 21.10.96 р., акт випробовувань від 29.11.95 р.).

3. Розроблені та апробовані в полігонних та промислових умовах на Рибальському кар'єрі ВП "Харківвибухпром" пристрої для активного пилегазоподавлення у т.ч. експериментальні установки на базі конверсійної військової техніки: УППО-1, УПП, АУП-93, УГД, УГД-85/310н, технічна система САП ПГХ (акти випробовувань від 22.07.96 р., від 7.05.92 р., від 15.03.94 р.), які дозволяють знизити висоту підйому ПГХ при масових вибухах в 1,3 - 5 раз, а швидкість його руху в 1,8 - 2 рази. Розроблена установка УРМ-К, яка дозволяє здійснювати провітрювання та регулювання мікроклімату в робочій зоні кар'єру радіусом 100-150м шляхом збільшення відносної вологості до 15% та її зменшення до 26%, а також збільшення температури повітря на 7 - 15 С.

4. Розроблена екологічно шадяща технологія вибухового видобутку руд малими об'ємами ВМ з застосуванням засобів активного пилегазоподавлення та приведені раціональні схеми її застосування у вигляді технічної системи САП ПГХ. Розрахунками показано, що при впровадженні такої технології на кар'єрі Полтавського ДГЗК очікуваний економічний ефект складає 14.2 тис. грн/рік.

5. Результати досліджень впроваджені на промислових підприємствах та

в проектних організаціях у наступному вигляді:

* рекомендації по забезпеченню ефективного провітрювання кар'єру №3 НКГЗК на період 1990р. впроваджені ДПІ "Южгіпроруда" в проекті "Розкриття та підготовка глибоких горизонтів та нових участків кар'єру №3 НКГЗК РПО "Укрруда" (арх. №213561 від 14.12.1984р.) з очікуваним економічним ефектом 95,8 тис.крб/р.;

* рекомендації по забезпеченню ефективного провітрювання кар'єру №3 НКГЗК на період 2000р., які впроваджені ДПІ "Южгіпроруда" в технічному проекті "Розкриття та підготовка глибоких горизонтів та нових участків кар'єру №3 НКГЗК РПО "Укрруда" (арх. №214277 від 24.05.1985р.) з очікуваним економічним ефектом 149,8 тис.крб/рік;

* рекомендації по зниженню запиленості на Євпаторійському підприємстві по видобутку та переробці будівельних матеріалів впроваджені на Євпаторійському ЗСМ ВО "Кримбудматеріали" (акт впровадження від 12.12.1989р.) з соціально-екологічним ефектом;

* рекомендації по забезпеченню ефективного провітрювання кар'єра ПівдГЗК на період 1995р. та 2015р. впроваджені ДПІ "Южгіпроруда" в "ТЕР реконструкції кар'єра в зв'язку з його углубленням та розробкою законсервованих в бортах запасів для підтримки потужності ПівдГЗК" (арх. №215850 від 19.12.1989р.) з очікуваним сумарним економічним ефектом 267,1 тис. крб/рік;

* рекомендації по прогнозу мікроклімату в Першотравневому кар'єрі ПівнГЗК впроваджені в службі відділів ПВС та охорони праці ПівнГЗК (акт впровадження від 04.12.1991р.) з соціально-екологічним ефектом;

* рекомендації по оцінці природної вентиляції в пологих стволах Першотравневого кар'єра ПівнГЗК впроваджені в відділі ПВС ПівнГЗК (акт впровадження від 21.12.1992р.) з соціальним ефектом;

* рекомендації по забезпеченню ефективного провітрювання гірничих робіт та пилегазоподавлення при відкрито-підземному видобутку руд впроваджені в проектні роботи ДПІ "Укргіпроруда" (акт впровадження від 14.12.1993р.) з соціально-екологічним ефектом;

* рекомендації по захисту атмосфери на кар'єрах від пилегазових викидів при вибухових роботах впроваджені в проектні роботи ВАТ "Укргіпроруда" (акт впровадження від 22.07.1996р.) з соціально-екологічним ефектом;

* рекомендації по оцінці стану атмосфери та умов праці гірничих працівників в кар'єрах з використанням автоматизованої системи моніторингу атмосфери кар'єра (АСМАК) впроваджені в проектні роботи ВАТ "Укргіпроруда" з соціально-екологічним ефектом (акт впровадження від 22.07.1996р.).

ОСОБИСТІЙ ВНЕСОК АВТОРА в розробку наукових результатів, що висуваються на захист полягає у формуванні цілей, наукових положень та задач досліджень, розробці концепції переорієнтації великомасштабних масових вибухів на екологічно щадящі вибухові технології видобутку руд та застосування технічних систем активного подавлення ПГХ, способів та засобів покращення умов праці гірничих працівників, принципів створення та експлуатації автоматизованої комп'ютерної системи моніторингу атмосфери кар'єру та оточуючого середовища, розробці пилогазотермодинамічної моделі масового вибуху та теорії розрахунку параметрів атмосфери при відкрито-підземному видобутку руд, а також у впровадженні результатів дослідження.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на 10 Всесоюзних науково-технічних конференціях по проблемах провітрювання кар'єрів, охорони праці та навколишнього середовища (м.Апатити - 1985 р., 1991 р., м.Москва - 1987р., 1989р., 1990р.,1991р.,1993р., м.Мурманськ - 1990р., м.Свердловськ - 1990р., м.Кривий Ріг -1991р.); на 6 Республіканських конференціях (м.Кохтла-Ярве - 1986р.,1989р., м.Єреван - 1986р., м.Красноярськ - 1987р., м.Губкін - 1990р., м.Усть-Каменогірськ - 1989р.); на 12 Міжнародних конференціях (м.Севастополь - 1993р., 1995р., 1996р., м.Донецьк - 1994р., м.Москва - 1995р., м.Санкт-Петербург - 1995р., м.Макеївка - 1995р., м.Дніпропетровськ - 1995р., 1996р., 1997р., м.Одеса - 1995р., м.Київ - 1996р.), на технічних зборах в інституті "Укргіпроруда", на засіданнях робочої групи ДНТП ДКНТ України по направленню 2.3. "Стан та шляхи покращення якості атмосферного повітря" (м.Київ - 1994, 1995, 1996 рр.), на наукових семінарах кафедри АОТ та НТЗ ПНДЛ-1 НГА України.

ПУБЛІКАЦІЇ. Головний зміст дисертації опубліковано в 2-х монографіях, 8 статтях спеціалізованих журналах, 2-х інформаційних випусках ЦНТІ, 22 авторських свідоцтвах та 5 патентах на винахід, 1 депонованому рукопису та 62 тезах доповідей на конференціях, всього в 102 наукових роботах.

СТРУКТУРА ТА ОБ'ЄМ ДИСЕРТАЦІЇ. Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновку, переліку посилань із 185 найменувань на 16 сторінках, містить 286 сторінок друкарського тексту, 140 малюнків на 139 сторінках, 55 таблиць на 34 сторінках та 22 додатки на 57 сторінках, загальним об'ємом 532 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

РОЗДІЛ 1. Сучасні аспекти охорони атмосфери та аерології кар'єрів в екосистемі "кар'єр - навколишнє середовище - людина". Мета і завдання досліджень.

Розроблені загальні підхід та принципи захисту атмосфери, аерології глибоких кар'єрів та охорони праці в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина". Розкрита сутність різних аспектів аерології кар'єрів в розглянутій екосистемі, до основних із яких віднесені: метеорологічний, технічний, еколого-економічний та соціально-гігієнічний аспекти.

Показана необхідність накопичення та розвитку для глибоких кар'єрів України наукових знань в області мікроклімату, природної аерації, пилогазо-динаміки кар'єрів та провітрювання відкрито-підземних виробок, в області оцінки умов праці гірничих працівників та аеротехногенного забруднення навколишнього середовища під час проведення вибухових робіт, а також в області створення технічних засобів контролю та захисту атмосфери. Для основних технологічних процесів ВГР приведено оціночний розподіл ступеню забруднення повітряного середовища з виявленням пріоритетів екологічних порушень по ступеню небезпеки та показано, що найбільшу небезпеку являють собою викиди пилогазової хмари при вибухових роботах.

Сформульовані принципи та підходи реалізують комплексний (комбінований) характер досліджень екосистеми "кар'єр-навколишнє середовище-людина", як трьохелементної дифузійної системи, яка синтезує в собі різноманітність складних, взаємопов'язаних процесів та явищ, таких як: метеорологічний, радіаційний та пилогазовий режими атмосфери, технологічні процеси ВГР з економічними і соціальними наслідками їх розвитку; способи та технічні засоби захисту атмосфери і покращення умов праці в кар'єрах, а також засоби автоматизованого моніторингу атмосфери.

Більшість цих процесів в глибоких (понад 320м) кар'єрах України не досліджувались, коло невирішених задач в теоретичному, екологічному, соціальному та технічному аспекті достатньо широке і, в сукупності з відомими рішеннями, визначає шляхи досягнення стійкої рівноваги всієї екосистеми.

В різний час в тій або іншій мірі в рішенні проблем техногенної безпеки відкритих гірничих робіт внесли суттєвий вклад праці вчених: П.А.Воронцова, Н.З.Бітколова, В.С.Нікітіна, П.В.Бересневича, Р.В.Борисенкової, С.Н.Луговського, Н.Н.Мельникова, П.Ч.Чулакова, С.С.Філатова, А.П.Янова, В.А.Міхайлова, К.З.Ушакова, Л.А.Пучкова,

П.І.Томакова, В.В.Пененко, В.В.Сілаєва, М.Г.Новожилова, А.Ю.Дріженко, А.Г.Шапаря, Е.І.Ефремова, М.Ф.Кременчуцького, І.Л.Гуменіка, В.А.Рогальова, А.А.Гуріна, Р.С.Крисіна, Г.А.Шевелева, І.І.Іванова, О.А.Бакланова, Г.М.Крікунова, В.П.Кулікова, М.М.Конорева, Ю.Г.Вілкула, В.Д.Петренко, Б.А.Іванова, Г.Г.Мірзаєва, В.Г.Блізнюкова, І.Б.Ошмянського, В.І.Белоусова, Е.Л.Поташніка, В.В.Степанова, В.І.Еремеева, В.Ю.Тишука, В.І.Пічуєва, С.М.Рослякова, Ю.В.Гуля, Г.М.Сагімбаєвої, І.В.Фурси, Н.Мухітова, М.У.Бімбетова, В.Г.Наливайко, А.А.Мoor та інших.

На основі аналізу відомих робіт та виявлених особливостей стану повітряного середовища в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина" сформульовані актуальність, суттєвість наукової проблеми, мета і задачі досліджень.

РОЗДІЛ 2. Особливості мікроклімату та умови праці в глибоких кар'єрах, розробка способів їх покращення і системи контролю.

Вперше для кар'єрів Кривбасу глибиною 320-350м, на основі 4-х річних натурних цілодобових аерологічних спостережень встановлено залежності змін параметрів мікроклімату в різні пори року. На прикладі Першотравневого кар'єру Північного ГЗКу створена комп'ютерна база метеоданих, яка нараховує понад 50 тис. фактичних параметрів. З застосуванням методів експериментальної метеорології шляхом проведення актинометричних і геотермальних з'йомок встановлені закономірності радіаційного та теплового режиму в кар'єрі, отримано рівняння денного ходу короткохвильового радіаційного балансу, встановлені закономірності добової зміни температури ґрунту гірських порід на дні кар'єру, на його бортах різної орієнтації і в різні пори року. Отримані рівняння для визначення температури ґрунту гірських порід (t_n) та атмосферного повітря (t_b) в літній період в зоні аеродинамічного впливу підземних виробок кар'єру з урахуванням величини короткохвильового радіаційного балансу (B_k) у вигляді:

$$\text{на поверхні кар'єру} \quad t_b = 0,843t_n + 0,233B_k \quad (1)$$

$$\text{в кар'єрі} \quad t_b = 0,851t_n + 0,542B_k \quad (2).$$

Це дозволить врахувати роль температурного фактору при проектуванні вентиляції підземних виробок кар'єру.

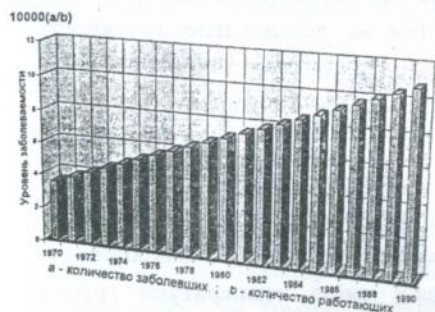
Встановлені значення вертикального градієнту температури повітря в кар'єрі, дана оцінка стійкості атмосфери, визначена імовірність та тривалість інверсій температури і штилів. Дано співставлення отриманих нових даних з результатами раніш виконаних досліджень (дані П.В.Бересневича, Л.А.Раменського) і показано збільшення середньодобових градієнтів темпе-

ратури, в середньому, на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{м}$, збільшення повторюваності інверсійних градієнтів, а також імовірності виникнення штгилів на дні кар'єру до 14% в денний час доби, збільшення перепаду атмосферного тиску до 40,3 ГПа.

Встановлені особливості впливу метеорологічних і виробничих факторів на умови праці гірничих робітників в глибоких кар'єрах.

Визначені характеристики температури і відносної вологості повітря на робочих місцях, дана класифікація умов праці по пиловому та газовому фактору, вивчено дисперсний склад пилу, приведені фактичні параметри вібраційних та шумових навантажень, які отримують працівники основних професій у кар'єрі. Дана оцінка умов праці на робочих місцях по професіях.

Вперше виявлен ефект сорбування мікрочастин на поверхні частин пилу ПГХ респірабельної фракції. Встановлено, що на віддаленні ПГХ 1-1,5 км від кар'єру вміст частин менш 10 мкм дорівнює 44,2 %; частини відрізняються невірною формою, мають складну різномірну шорсткуватість, що звищує потенційну небезпеку з'явлення пилових захворювань у гірничих робітників.



Мал.1. Діаграма зміни рівня професійного захворювання робітників в кар'єрах Кривбасу.

Одержані закономірності змін рівня захворювання по професіях та вікових категоріях трудівників у кар'єрах (мал.1), дано прогноз розвитку пилової патології у робітників основних професій. Сформульовані основні принципи створення і експлуатації автоматизованої системи (АСМАК) для моніторингу атмосфери в екосистемі "кар'єр - навколишнє середовище - людина", які відрізняються від відомих комплексним підходом до формування структурно-функціональної схеми моніторингу і базуються на розробленій комп'ютерній замірній станції, поєднаній з ПЕ-ОМ, комплексом прикладних програм, які забезпечують необхідну точність і оперативність розрахунку пилогазодинамічної ситуації в кар'єрі і навколишньому середовищі, а також на апаратно-програмному забезпеченні роботи системи, що з урахуванням створеної бази даних дозволяє виконувати поточний, короткостроковий і довгостроковий прогноз забруднення атмосфери. Показано, що в якості замірної станції (ЛЗС) може бути використана лабораторія "ПОСТ-2" адаптована до умов експлуатації в кар'єрі, яка оснащена вимірвачем запиленості і розробленим пристроєм сполучення (УС) первин-

них приладів (П) з ПЕОМ. Загальна схема експлуатації автоматизованої системи АСМАК в кар'єрі приведена на мал.2.



Мал.2 - Загальна схема експлуатації системи АСМАК

Розроблено ряд нових технічних рішень і перспективних способів захисту атмосфери кар'єру від пилу і покращення мікроклімату повітряного середовища на робочих місцях. Зокрема, пристрій ПУМ-1 для пилозбирання в кар'єрі [17], пристрій для обезпилення під час завантаження сипучих матеріалів з бункера у вагони і самоскиди [23], спосіб очищення атмосфери кар'єру з застосуванням пересувних біоперешкод з листяних рослин [197], спосіб штучного провітрювання кар'єру конвективними струменями шляхом формування і спалювання газових фонтанів [25], запропонована схема пристрою для охолодження повітряного потоку, збагачення його киснем і подачі в зону дихання водіїв гірничотранспортного обладнання.

Практична значимість вищенаведених результатів підтверджена сіма актами впровадження розробок на кар'єрах і в проектних організаціях, а новизна технічних рішень шістьма винаходами.

РОЗДІЛ 3. Розробка теорії розрахунку параметрів атмосфери в кар'єрах та навколишньому середовищі.

Розроблені методики розрахунку параметрів атмосфери для вирішення практичних задач екологічного моніторингу, прогнозу ефективності природного провітрювання та його активізації в кар'єрі. На основі методу конформних відображень дано розвиток теорії розрахунку динамічних схем природного провітрювання кар'єрів, розроблена модель розрахунку параметрів атмосфери кар'єра з урахуванням вітрових та конвективних потоків та дана методика розрахунку провітрювання кар'єрів при відкрито-підземному видобутку руд. Розроблена методика розрахунку зон рециркуляції і методика розрахунку концентрації забруднень в атмосфері кар'єра та навколишньому середовищі при прямоочній схемі провітрювання, яка на відміну від відомих, враховує криволінійність вісі лінії факелу розповсюдження забруднень в

кар'єрному просторі і дозволяє підвищити точність розрахунків їх концентрації в зоні уступу кар'єра, де вплив складної орографії та геометрії профілю бортів особливо великий.

Розроблені алгоритми та програми розрахунку параметрів атмосфери в кар'єрі та навколишньому середовищі, які реалізують запропонований новий підхід до аналітичного опису газодинамічних процесів в атмосфері з застосуванням теорії функцій комплексного перемінного. Комплекс програми включає: програму "Повітря" для розрахунку параметрів атмосфери при прямо-точній схемі провітрювання; програму "Вихор" для розрахунку параметрів атмосфери при рециркуляційній схемі провітрювання; програму "Зона" для розрахунку об'єму зон рециркуляції в кар'єрі; програму "Пил" для розрахунку концентрації забруднень в атмосфері кар'єру, програму "Аеротерм" для розрахунку параметрів атмосфери кар'єра з урахуванням вітрових та конвективних потоків; програму "SOLVER" для розрахунку провітрювання кар'єрів при відкрито-підземному видобутку руд; програму "Каскад" для розрахунку параметрів атмосфери при її активізації в кар'єрі повітряними та водоповітряними завісами.

Перевага даних алгоритмів та програм, в зрівнянні з відомими, полягає в використанні мінімальної кількості початкової інформації при відносно простій та надійній блок-схемі розрахунку, в оперативності обробки і розрахунку параметрів атмосфери при додержанні необхідної точності та достовірності результатів. Відхилення розрахункових даних від натурних в середньому не перебільшує 10-15%.

Розроблений метод розрахунку пилогазодинамічних параметрів в атмосфері кар'єра при відкрито-підземній розробці родовища (програма "SOLVER") враховує вплив зон спокуси підземних виробок з кар'єром, заснований на застосуванні теорії функцій комплексного перемінного, і дозволяє розрахувати лінії току, поле швидкостей та поле тиску в розрахунковій області обтікання.

Конформне відображення профіля кар'єра на допоміжну напівплощину здійснюється з використанням інтеграла Шварца-Крістофеля.

Комплексний потенціал течії W та функції току ψ в площині ζ при наявності джерел(стоків) повітряного потоку з підземних виробок мають вигляд:

$$W(\zeta) = U_0 \zeta + \frac{Q_1}{\pi} \cdot I_n(\zeta - b_1) + \dots + \frac{Q_m}{\pi} \cdot I_n(\zeta - b_m), \quad (1)$$

$$\psi(\xi, \eta) = U_0 \eta + \sum_{s=1}^m \frac{Q_s}{\pi} \cdot \beta_s(\xi, \eta), \quad (2)$$

где U_0 - швидкість повітря на поверхні кар'єра, м/с; ξ , η - абсциса та ордината лінії току в допоміжній площині ζ , м; Q - витрата повітря з підземної виробки, м³/с; b - абсциса джерела повітряного потоку з підземної виробки в кар'єр, м; $\beta_s = \text{arctg}\{\eta / (\zeta - b)\}$ - кут між напрямком вектора швидкості потоку з підземної виробки з віссю ξ .

Для стандартизації розрахунку реальних компонентів швидкостей V_x , V_y та значень функцій току на ПЕОМ, виконується умовний розподіл поперечного перерізу кар'єрного та прикар'єрного простору прямокутною сіткою з координатами X_j , Y_k з наступним розрахунком в вузлах цієї сітки компонентів швидкості потоку та функції току (шляхом перерахування відповідних значень з допоміжної площини в фізичну за допомогою інтегралу Шварца-Крістофеля).

Через компоненти швидкостей в вузлах сітки будуються їх епюри в обратних вертикальних перетинах кар'єрного простору та прикар'єрної території, а, використовуючи інтеграл Бернуллі, визначається поле тиску на вказаній сітці.

Лінії току і лінії рівного тиску (ізобари) будуються програмними засобами за допомогою інтерполяції вказаних сіткових значень функції току та тиску.

В новому алгоритмі розрахунку параметрів атмосфери, при її активізації у кар'єрі каскадами повітряних та водоповітряних завіс (програма "Каскад"), використовується рівняння, одержане на базі теорії вільних струменів Г.М.Абрамовича, яке має вигляд:

$$X^* = Y^* \text{tg}\alpha_0 + (0,35 / K_{\text{и}}) \{ [3,75 Y^* / \cos\alpha_0 + 0,41]^{1,5} - 0,35 \}, \quad (3)$$

де X^* , Y^* - відповідно горизонтальне та вертикальне зміщення частинок потоку завіси; $K_{\text{и}}$ - коефіцієнт інтенсивності завіси, $K_{\text{и}} = V_a / V_0$, де V_a та V_0 відповідно швидкості струменю завіси та вітрового потоку на вході в кар'єр; α_0 - кут нахилу завіси до вертикалі.

Результати числового моделювання процесу дії каскаду з трьох повітряних завіс, розміщених на підвітряному борту кар'єру показали, що раціональним кутом нахилу завіс до нахиленого потоку в кар'єрі є кут рівний 45° , а найбільш ефективні параметри їх дії досягаються на ділянках кар'єра з кутом нахилу підвітряного борту в $30-45^\circ$; це забезпечує збільшення куту розкриття повітряного струменю в зоні дії каскаду завіс на 38-54%.

Теорія та методи розрахунку аерогазотермодинамічних параметрів атмосфери в кар'єрі які реалізовані в вигляді комплексу програм для ПЕОМ, впроваджені в практику проектування вентиляції кар'єрів ЗАТ "Укріпноруда" та в

пилевентиляційну службу кар'єрів ПівніГЗК та ПівдГЗК як рекомендації по забезпеченню ефективного провітрювання кар'єрів та оцінки забруднення навколишнього середовища в зоні дії відкритих гірничих робіт. Економічна ефективність від впровадження розроблених рекомендацій, підтверджена проектним інститутом "Укргіпроруда" та складає в загальності 512,7 тис.крб в цінах 1989 року.

РОЗДІЛ 4. Пилогазотермодинамічна модель масового вибуху, закономірності формування та способи підвищення повітряного обміну в кар'єрах при відкрито-підземних гірничих роботах.

Запропонована замкнута система спрощених математичних моделей всіх явищ, супутних утворенню ПГХ, включаючи газодинамічні процеси в роздробленому після вибуху гірничому масиві та процеси безпосереднього формування ПГХ в атмосфері кар'єра.

А). Розроблено математичну модель руху забійки в свердловині під дією продуктів вибуху ВР, яка дозволяє визначити швидкість виштовхування матеріалу забійки в атмосферу. Рішення задачі виконано з урахуванням математичної моделі, розробленої Х.А.Рахматуліним і А.Я.Сагомоняном. При цьому початкове значення швидкості руху нижнього торця забійки свердловини визначається за рівнянням

$$\dot{X}_0 = \sqrt{\frac{(P_0 - P_a)(l - b_s)}{\rho_a}} \quad (4)$$

а рівняння руху забійки має вигляд

$$\ddot{X}_0 = \frac{A}{\rho_a A_1} \left[P_0(t) e^{-A l_3} - X_C(t) / S_3 + B A_1 / A \right], \quad (5)$$

де P_0 і $P_0(t)$ - початковий тиск у свердловині після вибуху ВР та його поточне значення; ρ_a і ρ_s - початкова густина сипучого матеріалу забійки і густина після його зтиснення ударною хвилею від вибуху ВР; P_a - атмосферний тиск; X_C - сила аеродинамічного опору, яка діє на торець забійки, який виходить в атмосферу; l_3 - довжина забійки; S_3 - площа поперечного перетину забійки; R - радіус свердловини;

$$A = \frac{2f}{R} \frac{1-\mu}{1+\mu}, \quad B = \frac{2f}{R} \frac{\tau_S}{1+\mu} - \rho_a q, \quad b_S = \rho_a / \rho_S. \quad (6)$$

де f - коефіцієнт тертя забійки вздовж стінок свердловини; θ - кут внутрішнього тертя сипучої речовини ($\mu = \sin \theta$); k - коефіцієнт зчеплення сипучої речовини ($\tau_S = 2k \cos \theta$); $A = 1 - e^{-A l_3}$.

Б). Аналітично визначено параметри глибини прогрівання масиву та кількості тепла, витраченого на нагрівання масиву та показано, що до моменту розлому масива ($t \cong 50\text{мс}$) вони складають відповідно 1-2 мм та близько 4% загальної енергії, яка звільняється при вибуху, що дозволяє не враховувати витрати тепла в моделі формування ПГХ; тобто процес розширення продуктів вибуху ВР в свердловині за період від моменту детонації до моменту розлому масиву з високим ступенем точності являється адіабатичним. Одержані формули для розрахунку тиску, густини та температури продуктів вибуху в порожнинах масиву в момент його розлому, що дозволяє визначити їх як вихідні при розрахунку процес зародження ПГХ.

В). Розроблено математичну модель витікання газу через пористий шар роздробленого масиву, яка дозволяє розрахувати початкову швидкість та тиск продуктів вибуху при їх виході в атмосферу. Припускаючи, що рух газу має напрямок вгору і що течія газу в пористому середовищі адіабатна, для визначення U_T і P_T будемо мати систему рівнянь

$$\frac{dU_T}{dt} = -2g - aU_T - \left[\frac{2}{3} b + \frac{1}{h} m \right] U_T^2 + \frac{2n C}{h(n-1)} \left[P_1^{(n-1)/n} - P_T^{(n-1)/n} \right] \quad (7)$$

$$\frac{dP_1}{dt} = - \frac{U_T}{mh} \left[(n-1) P_1 + (n+1) P_T \right] \quad (8)$$

де P_p і $P_1(t)$ - початковий тиск в блоці після його розлому та його поточне значення на дні блоку; $\rho_{гp}$ і ρ_T - початкова густина газів в роздробленому блоці і густина при витіканні в атмосферу; m - коефіцієнт пористості; a та b - коефіцієнти квадратичного закону фільтрації; n - показник адиабати для продуктів вибуху; C - відома константа адиабати. Початкові умови для вирішення цієї системи $U_T = 0$, $P_1 = P_p$. Секундний вихід продуктів вибуху в атмосферу дорівнює $\dot{M}_T = m \rho U_T S_{вз}$, де $S_{вз}$ - площа підривного блоку.

Г). З урахуванням натурних досліджень геометрії ПГХ, запропоновано стилізований опис геометричних параметрів ПГХ в формі сферичного сегменту з посідаючим переходом в форму пересічного конусу з шаровим сегментом в верхній частині, при цьому об'єм ПГХ легко визначається заданням двох параметрів - радіусу та висоти фігури. Розроблена математична модель формування ПГХ в атмосфері, яка базується на рівняннях термодинаміки для систем з перемінною масою, яка дозволяє визначити об'єм та розміри ПГХ в функції часу. Розроблено вплив пильової фракції на рух ПГХ, встановлено її

гальмову взаємодію та дано аналітичне уявлення для розрахунку сили опору, яка діє на окрему частинку та на всі частинки заданої фракції в ПГХ. Рівняння енергії для ПГХ, як системи змінної маси, має вигляд

$$\frac{dV}{dt} = \frac{k-1}{k \cdot P} (i_{\Gamma} \dot{M}_{\Gamma} + i_{\text{В}} \dot{M}_{\text{В}} + \dot{Q} + \frac{PV}{(k-1)^2} \frac{dk}{dt}) - \frac{V}{kP} \frac{dP}{dt}, \quad (9)$$

де V - поточний об'єм хмари, P - середній тиск всередині хмари, \dot{M}_{Γ} та i_{Γ} - секундна маса та ентальпія продуктів вибуху, поступаючих з вогнища вибуху, $\dot{M}_{\text{В}}$ та $i_{\text{В}}$ - секундна маса і ентальпія ежектуюмого повітря, \dot{Q} - загальний притік тепла через теплообмін з навколишнім середовищем, а також за рахунок догорання в атмосфері останків непродетонованого ВМ; $K = C_p / C_v$, де C_p і C_v - теплоємності суміші продуктів вибуху з повітрям в ПГХ.

Крім рівняння енергії (9), для розрахунку параметрів ПГХ в даній моделі використовується рівняння імпульсів, яке містить в собі, крім сили опору з боку навколишньої атмосфери, також і силу опору від твердої фракції ПГХ (пилу). Для розрахунку тормозної дії твердої фракції на рух ПГХ використовувався такий вираз для сили опору

$$X_p = V X_1 \quad (10)$$

$$X_1 = \frac{3}{4} \cdot \frac{\rho_p P}{\rho_{\infty} d} \cdot \varepsilon^{-2,7} C_x \cdot |u_{\text{ср}} - u_p| \cdot (u_{\text{ср}} - u_p), \quad (11)$$

де V - об'єм ПГХ; X_1 - сила опору на всі частинки пилу даної фракції в одиниці об'єму; ρ_{∞} і ρ_p - власна та об'ємна густина частинок пилу; ρ - густина газової компоненти в ПГХ; $\varepsilon = 1 - \rho_p / \rho_{\infty}$ - коефіцієнт концентрації твердих частинок; C_x - коефіцієнт сили опору частинок (з урахуванням їх концентрації); $u_{\text{ср}}$ - середня швидкість руху газу в ПГХ; u_p - середня швидкість частинок пилу заданої фракції; d - діаметр частинок.

Розроблена система математичних моделей зародження та формування ПГХ реалізована в вигляді програми розрахунку на ПЕОМ основних параметрів хмари від моменту зародження до моменту припинення доступу в нього продуктів масового вибуху із роздробленого масиву.

В розділі розглядаються також закономірності формування повітряних потоків кар'єра в зоні впливу вентиляційних струменів із підземних гірничих виробок. Використовуючи принцип накладу потоків та розроблену методику розрахунку швидкості вітру в кар'єрі (програма "SOLVER"), проведено чисельне моделювання процесів впливу вихідних вентиляційних потоків із рудника на повітряний потік в кар'єрі для умов Аннівського залізородного родовища ПівніГЗК при проектуванні його відкрито-підземної виробки. Встанов-

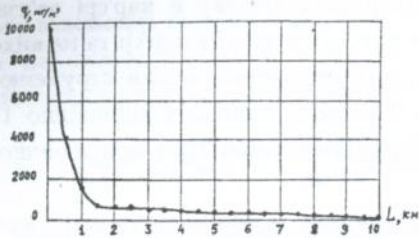
лено, що швидкість результуючого об'єднаного потоку в кар'єрі зв'язана лінійними залежностями із швидкостями потоку на вході в кар'єр та на виході із підземного рудника, а висота зони, де проявляється вплив струменю із підземної виробки, який має швидкість 0,5-15м/с, становить відповідно 150-280м при швидкості вітру на вході в кар'єр 1м/с та 60-250м при швидкості вітру 3м/с.

Запропоновані перспективні способи охорони атмосфери та провітрювання при відкрито-підземному видобутку руд з використанням природних сил та штучних засобів: спосіб провітрювання кар'єра з використанням енергії фазових перетворень води; спосіб провітрювання кар'єра та рудника з застосуванням високонапірних конвективних струменів при згоранні газових фонтанів в вертикальних підземних виробках; спосіб провітрювання кар'єра з застосуванням вітроенергетичних установок, неізотермічних вільних струменів кар'єрних вентиляторів з електроприводом та конвективних потоків, створюємих парогенераторами, працюючих на водні з електролізерами; спосіб та пристрій для штучної вентиляції робочих міст в глибоких кар'єрах з використанням вентиляційної галереї, головного нагнітателя та гнучких повітряних проводів з пересувними вентиляторями. Наукова новизна та практична цінність одержаних результатів підтверджена 3 винаходами [27,28] та актом впровадження виконаних розробок в проектному інституті "Укргіпроруда".

РОЗДІЛ 5. Розробка методів розрахунку, способів та засобів захисту атмосфери при масових вибухах в кар'єрах.

Приведені результати екологічної оцінки забруднення атмосфери та стан фітоценозів техногенних територій ГЗКа. Встановлені фактичні концентрації пилу в ПГХ при його розповсюдженні в атмосфері при масових вибухах, одержано рівняння для його розрахунку на різних відстанях від кар'єра в межах до 10км (для маси ВР 500-800т). На мал.3 показана залежність концентрації пилу в ПГХ від відстані при його розповсюдженні в навколишньому середовищі, яка описується поліномом сьомого ступеню.

Складена таблиця фонових значень концентрації елементів в листах рослин та ґрунту, характерних для Кривбасу та середнього Придніпров'я. По 17-ти елементам визначений спектр забруднення металами рослин та ґрунтів в зоні ПівнГЗК, встановлено вміст хімічних елементів в ПГХ, у т.ч. шкідливих Рb, Мп, Ст. Дана біоекологічна характеристика стану фітоценозів та оцінка його зміни під впливом пилу ПГХ в техногенній зоні кар'єру. На основі комплексу біоекологічних показників акації білої, а саме: частоти аберацій хромосом, леталії зародків зерен, кількість хлорофілу та активності пероксида-



Мал.3. Залежність концентрації пилу в ПГХ від відстані

пили ПГХ в ґрунті в співвідношенні 100мг на 1кг ґрунту приводить до пригнічення біологічної активності ґрунтових ферментів (уреази та інвертази) на 13-14%, що знижує здібність ґрунтів до самоочищення. На прикладі вирощування сільськогосподарських культур ячменю та сої дана оцінка токсичності пилу ПГХ, встановлено, що з підвищенням в ґрунті вмісту фізичної глини на 20%, токсичність пилу збільшується в 1,7-2,6 рази. В таблиці 1 та 2 приведені результати досліджень екологічної небезпеки пилу ПГХ.

Таблиця 1

Зміна біологічної активності ґрунтових ферментів під впливом пилу ПГХ

Варіант досліджу	Доза мг/кг	Показники біоактивності ферментів		
		Уреаза	Фосфатаза	Інвертаза
Контрольний (без пилу)	0	100	100	100
З внесенням пилу у ґрунт	10	96	96	93
	100	86	96	87

Таблиця 2

Оцінка фітотоксичності пилу ПГХ

Тип рослини	Доза %	Коефіцієнт фітотоксичності пилу (К)	
		песок + глина (4:1)	песок
Ячмень	1	0,26	0,1
Соя	1	0,12	0,07

$K = (m_0 - m_1) / m_0$, де m_0 - врожай на контролі, m_1 - врожай на забрудненому субстраті.

Розроблена модель еколого-економічно збалансованих вибухових робіт (див. мал.4) та концепція переорієнтації крупномасштабних масових вибухів в кар'єрах на обробку руд малими об'ємами ВМ, що дозволяє зменшити об'єм пилогазових викидів в атмосферу в десятки та сотні разів.

Показано, що еколого-економічна збалансованість відкритих гірничих робіт досягається при рівнозначності: мінімізації витрат на БВР та екологічного збитку і визначає раціональну потужність заряду ВМ для заданих горно-технічних умов з врахуванням особливостей проявлення метеорологічного, технічного та соціально-гігієнічного фактору в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина".



Мал.4. Модель еколого-економічно збалансованих вибухових робіт в кар'єрі.

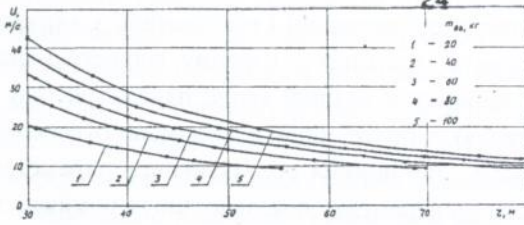
Дано наукове обґрунтування способів і засобів активного пилогазо-пригнічення при вибухових роботах у кар'єрах, які базуються на ідеї подавлення епіцентру ПГХ з застосуванням пневмогідровикиду, гідропострілу, метання рідини вибухом і використання енергії ударних хвиль від зустрічного вибуху спеціальних зарядів ВР в атмосфері. Розроблено експериментальний зразок пристрою активного подавлення пилогазової хмарини УАП шляхом метання рідини вибухом, виконано його промислові дослідження і визначено основні технічні характеристики. Результати підтверджено актом випробувань і показали працездатність пристрою і ефективність викиду рідинних агентів з швидкістю понад 200м/с на відстань до 70м. Розроблено експериментальні зразки пристроїв для пневмовикиду УПП і гідропострілу УГД, проведено їх випробування і визначено основні технічні характеристики, які підтверджують їх працездатність і можливість ефективного викиду рідинних агентів з

швидкістю 130м/с на відстань до 100м з пристрою УПП та з швидкістю понад 200м/с на відстань до 40м з пристрою УГД. Створено експериментальну систему активного подавлення пилогазової хмарини САП ПГХ, яка включає до себе пристрої пневмогідровикиду УПП, гідропострілу УГД та пристрій для метання рідинних агентів вибухом УАП, яка на практиці реалізує наукові ідеї запропонованих способів і засобів подавлення ПГХ.

Проведено полігонні і промислові випробування системи активного подавлення пилогазової хмари, які показали її працездатність, надійність і ефективність при практичній реалізації. Установлено, що система САП ПГХ забезпечує зниження висоти підйому ПГХ в 1,3-5 разів, а вертикальної швидкостя руху ПГХ - в 1,8-2 рази, що дозволяє рекомендувати її для активного подавлення ПГХ в кар'єрах при вибухах зарядів ВР масою до 20т. Отримані результати оформлено актами випробувань. Основні технологічні схеми застосування системи САП ПГХ з урахуванням гірничо-технічних умов і природних схем провітрювання кар'єру в зоні проведення вибухових робіт впроваджено в проектному інституті "Укргіпроруда" у вигляді "Рекомендацій по захисту атмосфери на кар'єрах від пилогазових викидів при вибухових роботах".

Розроблено перспективні пропозиції щодо запобігання утворенню пилу при вибухах свердловинних зарядів шляхом закріплення верхнього шару підривного блоку, рівного по глибині величині перебуру свердловин попереднього горизонту (4-5м), методом електрозакріплення або тампонування, що дозволяє підвищити характеристики міцності забійки в 6-14 разів і запобігти передчасному вильоту забійки із свердловини. Новизна цього технічного рішення підтверджена авторськими свідоцтвами [16,24], а їх ефективність - результатами лабораторних досліджень. Запропоновано нову схему активної дегазації підірваних блоків у кар'єрі шляхом вимушеної продувки блоку гарячими повітряно-кисневими струменями за допомогою перфорованих повітроводів, які заздалегідь розташовуються під розвал підірваної маси, що забезпечує скорочення часу простою гірничого обладнання за фактором провітрювання підірваних блоків у кар'єрі.

В розділі розглянуто питання теорії розрахунку технічних систем активного гідропилогазоподавлення у кар'єрах. Розроблено методики розрахунку параметрів метання рідинного струменя стислим повітрям, методика розрахунку метання струменя порохом зарядом, методика розрахунку параметрів метання рідинних агентів вибухом і методика розрахунку повітряних ударних хвиль для подавлення ПГХ при масовому вибуху в кар'єрі. Методики дозволяють розрахувати значення робочих параметрів технічних пристроїв

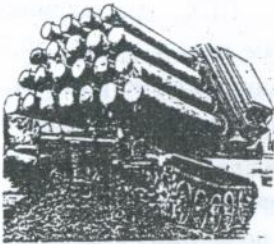


Мал.6. Зменшення величини вертикальної швидкості руху газу в ПГХ при ударно-хвильовому способі подавлення

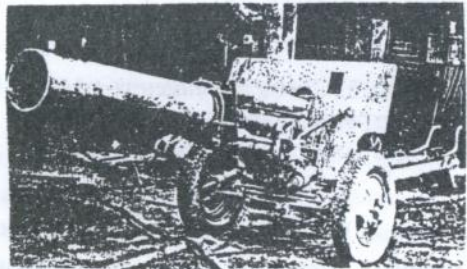
захисту атмосфери при вибухових роботах у кар'єрах підтверджена 5 актами впровадження та 3 актами промислових випробувань нових пристроїв для боротьби з ПГХ, а наукова новизна розробок - 13 винаходами.

РОЗДІЛ 6. Розробка технічних рішень щодо захисту атмосфери в кар'єрах з застосуванням конверсійної військової техніки.

Визначено можливості використання конверсійної військової техніки для захисту атмосфери на кар'єрах. Розроблено експериментальні зразки установок для боротьби з ПГХ на базі танка Т-55 (установка УППО-1, мал.7) і артсистеми ЗІС-3 (установка УГД-85/310н, мал.8), які пройшли полігонні випробування і рекомендовані до вжитку на кар'єрах. Установлено, що ефект активного подавлення епіцентру ПГХ при масовому вибусі з застосуванням установки УППО-1 забезпечується за рахунок залпового пневмогідровидику 7,2т рідинного теплопилгогазопригнічувального агента на протязі 250мс з швидкістю до 150м/с на дальність до 100м, при цьому площа зони пилгогазоподавлення сягає до 1000м².



Мал.7. Загальний вигляд конверсійної установки УППО-1



Мал.8. Загальний вигляд конверсійної установки УГД-85/310н

Ефект активного подавлення епіцентру ПГХ при масовому вибусі з застосуванням УГД-85/320н забезпечується за рахунок дії повітряної ударної хвилі при гідропострілі і викиду в епіцентр агента масою 140кг з швидкістю до 440м/с на відстань до 45м.

Встановлено закономірності зміни основних параметрів гідропострілу із установки УГД-85/310н і параметрів пневмогідровибросу із установки УППО-1

(дальність і швидкість вильоту агента, площа і об'єм гідроструменя) в залежності від часу витікання струменів зі стволів установок. Дано рекомендації щодо підвищення на 25-30% ефективності викиду агента із установки УППО-1 за рахунок використання чопа в стволі. Отримано експериментальні залежності для розрахунку параметрів водоповітряного струменя при одиночних та залпових викидах агента із установки УППО-1. Дано співставлення експериментальних і розрахункових параметрів гідроструменів при пневмогідровикиді. Установлено, що середнє відхилення розрахункових значень дальності, площі перерізу та об'єма гідроструменя від фактичних не перевищує 5-15%, а значень швидкості -10-15%, що дозволяє рекомендувати розроблені методики розрахунку для практичного застосування на кар'єрах і в проектних установах.

На базі машини для спецобробки військової техніки ТМС-65 розроблено проект установки УРМ-К для регулювання мікроклімату в кар'єрах. Проведено полігонні випробування ТМС-65, установлено фактичні параметри зміни температури, вологості і швидкості водоповітряного реактивного струменя, визначено межу регулювання теплового режиму атмосфери в зоні дії установки. Установлено, що ефективний радіус такої зони складає 150м. За результатами випробувань розроблено принципову схему розміщення установки УРМ-К в зоні екскаваторного забою і запропоновано раціональні схеми роботи установки в кар'єрі в залежності від напрямку вітру в забої.

Розроблено новий спосіб провітрювання і дегазації підірваних блоків у кар'єрі з використанням автономної, герметичної броньованої установки на шасі танка, що дозволяє здійснити інтенсивну дегазацію і утилізацію шкідливих вибухових газів, скоротити час простою устаткування за фактором провітрювання підірваних блоків у кар'єрі. Запропонован спосіб боротьби з ПГХ з застосуванням конверсійних ракетних установок для активного подавлення епіцентру ПГХ шляхом його послідовного "розстрілювання" ракетами з кумулятивними зарядами ВР, ракетами з теплоподавлюючими агентами та ракетами з пилогазоподавлюючими речовинами. Запропоновано спосіб очистки атмосфери від ПГХ з використанням конверсійних парашутних систем військово-транспортної авіації шляхом уловлювання ПГХ спеціальними фільтрами при його проходженні через парашутні сісеми, які викидаються в атмосфері кар'єру назустріч ПГХ.

Наукова новизна технічних рішень щодо захисту атмосфери в кар'єрах з застосуванням конверсійної військової техніки підтверджена 4-ма авторськими свідоцтвами на винаходи [19-22], а їх практична значимість - актом випробувань експериментальних установок та 3-ма актами впровадження "Рекомендацій..." в проектному інституті "Укргіпроруда".

В дисертаційній роботі отримано нові науково обгрунтовані результати в області захисту атмосфери від забруднення, охорони праці та аерології на кар'єрах шляхом встановлення закономірностей процесів формування мікроклімату, повітряного обміну, радіаційного, теплового та пилогазового режиму в глибоких кар'єрах, аеротехногенного забруднення навколишнього середовища при масових вибухах та розробки на їх основі теорії пилогазо-термодинамічних розрахунків, ефективних технічних систем контролю та активного пилогазоподавлення в атмосфері кар'єру, які в сукупності вирішують важливу наукову проблему підвищення техногенної безпеки в екосистемі "кар'єр - навколишнє середовище - людина".

Найбільш важливі наукові та практичні результати, висновки і рекомендації такі:

СТАН ПИТАННЯ. Екологічні проблеми відкритих гірничих робіт є одним з основних факторів, що визначають в теперішній час перспективу розвитку кар'єрів та гірничо-металургійного комплексу країни у цілому, що ставить їх у число пріоритетних державних задач економічного та екологічного значення. Питання захисту атмосфери від забруднення та забезпечення безпечної життєдіяльності при відкритій розробці родовищ корисних копалин є актуальною проблемою гірничої справи і представляє собою складову частину загальної проблеми підвищення техногенної безпеки в екосистемі " кар'єр - навколишнє середовище - людина". Проблема, що розглядається, дуже багатогранна, торкається інтересів сотень тисяч людей, виробництва у цілому і до сьогодення за багатьма науковими напрямками ще не вирішена, і це потребує комплексного розгляду її аспектів, включаючи метеорологічний, технічний, соціально-гігієнічний та еколого-економічний аспекти.

МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ включають до себе комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, узагальнення відомих сучасних досягнень науки і техніки стосовно проблеми, яка розглядається. В області теоретичних досліджень використовувались: метод конформних відображень, теорія вільних струменів, фільтрації та гідродинаміки вибуху, методи математичного моделювання, інтегральні методи розв'язку рівнянь газової динаміки та термодинаміки. В області експериментальних досліджень застосовувались методи експериментальної метеорології (кулепілотні,

актинометричні, анемометричні, фітокліматичні та аерологічні натурні спостереження); методи агробіологічних та біоекологічних досліджень; хроматографічний, фотометричний, атомно-абсорбційний методи досліджень; метод електронної мікроскопії; стандартні методи спостережень санітарно-гігієнічної служби; методи швидкісної технічної кінозйомки; полігонні та промислові випробування об'єктів досліджень. Обробка експериментальних даних на ПЕОМ проводилась методами математичної статистики, кореляційного та регресивного аналізу. Ряд методів, у порівнянні з відомими, використовувались вперше, що дозволило отримати нові наукові дані про процеси, які вивчались, встановити ряд фізичних ефектів та нових закономірностей, завдяки чому визначити нові методичні підходи а також розробити оригінальні технічні рішення щодо захисту атмосфери в кар'єрах, а саме: метод конформних відображень, фітокліматичні, агробіологічні та біоекологічні методи, метод електронної мікроскопії, метод швидкісної технічної кінозйомки з застосуванням унікальної камери КС-35-2000 тощо.

ОБГРУНТУВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ підтверджується застосуванням основних положень теорії та практики відкритих гірничих робіт, аерології кар'єрів та охорони праці, застосуванням математичних моделей, що базуються на фундаментальних положеннях теорії функцій комплексного змінного, теорії вільних струменів та гідродинаміки вибуху, аеродинаміки та термодинаміки багатоскопONENTНИХ середовищ; узгодженістю розробленої теорії розрахунку параметрів атмосфери в кар'єрах та у відкрито-підземних гірничих виробках з фізичними уявленнями про діючі газодинамічні процеси; задовільною збіжністю результатів теоретичних, натурних та експериментальних досліджень (розбіжність не перевищує 10-15%); позитивними результатами промислової перевірки нових способів та засобів захисту атмосфери в кар'єрах, а також впровадженням результатів досліджень на кар'єрах та в проектних організаціях.

НАЙБІЛЬШ ВАЖЛИВІ НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ, ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ полягають у наступному:

1. Розроблено комплексний підхід щодо розгляду та вирішення питань аерології кар'єрів, вибухових гірничих робіт, охорони праці та атмосфери в рамках єдиної екосистеми "кар'єр - навколишнє середовище - людина". Це дозволило обгрунтувати стратегію розвитку відкритих гірничих робіт в напрямку створення екологічно чистого кар'єру та розробити концепцію пере-

орієнтації крупномасштабних екологічно шкідливих масових вибухів в кар'єрах на еколого-економічно збалансовані гірничі роботи шляхом застосування вибухового видобутку руд малими об'ємами ВР (до 10т) та впровадження засобів активного пилогазоподавання, що дозволить виключити викиди ПГХ в навколишнє середовище.

2. Здійснено розвиток наукових основ пилогазотермодинаміки атмосфери глибоких кар'єрів, розроблено теорію та методи розрахунку параметрів атмосфери для вирішення практичних задач аерології, охорони праці та екологічного моніторингу в кар'єрі, виявлено основні закономірності провітрювання відкрито - підземних гірничих робіт. Розвинута теорія базується на методі конформних відображень, що дозволяє враховувати при розрахунках поля концентрацій у кар'єрі особливості динамічних та конвективних течій, кривизну вісі факелу розповсюдження шкідливостей в атмосфері та специфіку відкрито - підземних гірничих робіт.

3. Визначено основні закономірності формування мікроклімату в глибоких (більш як 350м) кар'єрах Кривбасу, виявлено особливості радіційного та геотермального режиму, що є значним внеском у розвиток наукових основ кар'єрної метеорології на сучасному етапі розвитку глибоких кар'єрів України і дозволило розробити принципи створення та експлуатації комп'ютерної системи моніторингу атмосфери в екосистемі "кар'єр - навколишнє середовище - людина", створити експериментальний зразок системи АСМАК на базі вимірювальної станції та апаратно - програмного комплексу, адаптованого до IBM PC. При цьому в основі довгострокового прогнозу використовуються результати поточного прогнозу та база даних з унікальною метеоінформацією щодо реального розподілу метеопараметрів атмосфери в кар'єрах, що значно збільшує оперативність та достовірність результатів розрахунку.

4. Одержали подальший розвиток та узагальнення закономірності формування ПГХ при вибухових роботах на кар'єрах, які використані для розробки пилогазотермодинамічної моделі масового вибуху. На основі нових уявлень про механізм заснування ПГХ запропоновані, науково обгрунтовані та розроблені нові способи та засоби захисту атмосфери при масових вибухах шляхом активного ударно-хвильового подавлення та локалізації епіцентру ПГХ, які базуються на використанні енергії ударних повітряних хвиль, пневмогідровикиду, гідропострілу та метання рідких пилегазоподавлюючих агентів зустрічним вибухом в епіцентр ПГХ. Це дозволило створити експериментальну систему активного пилегазоподавлення епіцентру ПГХ в момент його зародження та формування в атмосфері кар'єру на протязі

перших 600 мс процесу, та притягнути для захисту атмосфери в кар'єрі конверсійну військову техніку.

5. Розроблена теорія ударно-хвильового подавлення ПГХ та методи розрахунку параметрів гідроструменів в технічних пристроях УПП та УГД системи активного пилогазоподавлення САП ПГХ, які дозволяють встановити якісні та кількісні характеристики процесу гідровикиду, раціональні технічні та технологічні параметри пристроїв та системи в цілому при їх проектуванні для конкретних умов експлуатації на кар'єрах.

6. Вперше проведений морфометричний та хімічний аналіз часток пилу в ПГХ, встановлено наявність в ній отрутних елементів Pb, Mn, Cr, виявлений ефект сорбування мікрочасток на поверхні респірабельних часток пилу, підвищує її небезпеку при дії на організм гірничих робітників. Дана біологічна оцінка стану фітоценозів в зоні відкритих гірничих робіт, по 17-ти хімічним елементам визначений спектр забруднення металами рослин і ґрунту та встановлені параметри зміги біологічної активності ґрунтових ферментів під впливом кар'єрного пилу.

7. Дана гігієнічна оцінка умов праці в глибоких кар'єрах Кривбасу та їх класифікація по пиловому та газовому фактору, вібраційним та шумовим навантаженням, що одержують робочі оснони професій. Встановлені закономірності зміни рівня професійних захворювань по професіям та віковим категоріям гірничих робітників, що дозволяє прогнозувати особливості її зміни в часі.

8. Запропоновані перспективні способи та пристрої захисту атмосфери від пилу, покращення умов праці гірничих робітників та підвищення ефективності провітрювання кар'єрів і відкрито-підземних гірничих робіт, в тому числі на рівні винаходів [15,17, 23,25-28].

9. Розроблені та апробовані в полігонних та промислових умовах на Рибальському кар'єрі ВП "Харківвибухпром" експериментальні пристрої для активного пилогазоподавлення при вибухових роботах, в тому числі з застосуванням конверсійної військової техніки: УППХ-1, УАП-93, УГД, УГД-85/310н, УРМ-К та технічна система САП ПГХ, які дозволяють знизити висоту підйому ПГХ при масових вибухах 20т ВМ в 1,3-5 раз, а швидкість його руху в 1,8-2 рази, здійснювати провітрювання та регулювання мікроклімату робочої зони кар'єра в радіусі 100-150м. Одержані результати підтверджують на практиці наукові ідеї запропонованих способів та пристроїв по авторським свідоцтвам [11-14,18,22,29].

10. Розроблена екологічно щадяща технологія вибухового видобутку руд на кар'єрах малими об'ємами ВР з застосуванням засобів активного ударно-

хвильового гідродинамічного пилогазоподавлення. Розрахунком встановлено, що при впровадженні такої технології на кар'єрі Полтавського ДГЗК очікуваний економічний ефект становить 14,2 тис.грн/рік.

РЕКОМЕНДАЦІ ПО ВИКОРИСТАННЮ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.

Результати роботи пройшли апробацію та впроваджені на гірничорудних підприємствах та в проектних організаціях України, що підтверджено 17 актами впровадження та 5 актами випробувань розроблених пристроїв захисту та контролю чистоти атмосфери.

Розроблені методи розрахунку технічних засобів та пилогазодинамічних параметрів атмосфери в кар'єрах рекомендуються до застосування в проектних організаціях ВАТ "Укрпироруда", "Кривбаспроект" та в пилевентиляційній службі ГЗКів, технічна система контролю атмосфери (АСМАК) пройшла полігонне випробування, а система активного пилогазоподавлення при масових вибухах (САП ПГХ) пройшла випробування на Рибальському кар'єрі і рекомендуються до впровадження на підприємствах по відкритій розробці родовищ мінеральної сировини України вибуховим способом. Методики розрахунку і прогнозу пилогазодинамічної обстановки в атмосфері кар'єрів та навко-лишньому середовищі, рекомендації по захисту атмосфери при масових вибухах в кар'єрах можуть бути використані відповідними службами Міністерства екологічної безпеки України при розробці нормативно-технічної документації по охороні атмосферного повітря в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина".

НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

оубліковано в 102 печатних роботах, головними з яких є наступні:

1.Зберовский А.В. Охрана атмосферы в экосистеме "карьер-окружающая среда-человек".-Днепропетровск, РИО АП ДКТ, 1997.-136 с.

2.Кременчуцкий Н.Ф., Зберовский А.В., Бескровный В.И., Хомасуридзе В.Д. Проветривание глубоких карьеров ветровым потоком// Высокопроизводительные глубокие карьеры /Под ред. М.Г.Новожилова.- М.:Недра, 1984.- С.153-169.

3.Зберовский А.В., Кременчуцкий Н.Ф. Исследование способов и средств проветривания близкорасположенных карьеров. // Снижение уровня вредных производственных факторов на горнорудных предприятиях.- М.: Недра.- 1985.- С.18-22.

4.Кременчуцкий Н.Ф., Зберовский А.В., Хомасуридзе В.Д. Аналитическое описание обтекания карьера при активизации ветрового потока воздушной завесой// Изв.вузов. Горный ж.-л.-1986.-№3.- С.43-46.

5.Зберовский А.В. Пути повышения экологической безопасности взры-

вных работ на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. Вып. 4, М.:Изд.МГТУ, 1996, С. 72-74.

6.Кременчуцкий Н.Ф., Хомасуридзе В.Д., Зберовский А.В. Инженерный метод расчета поля скоростей и концентраций вредностей при естественном воздухообмене в карьере // Проектирование открытой разработки месторождений. Сб. научн. тр.- Л.: изд-во ЛГИ.- 1986.-С. 108-111.

7.Зберовский А.В., Кременчуцкий Н.Ф., Григорьев В.Б., Гоман О.Г., Лычагин .Н.Н. Теория расчета взрации карьеров и модели распространения загрязнений в окружающей среде //Металлург. и горноруд. пром-сть.-1997. - № 1.- С.36-37.

8.Зберовский А.В., Григорьев В.Б., Карнаух Н.Г., Выщипан В.Ф. Оценка условий труда при эксплуатации горнотранспортного оборудования в глубоких карьерах //Металлург. и горноруд. пром-сть.-1997.- №2.- С.21-23.

9.Григорьев В.Б., Зберовский А.В., Кременчуцкий Н.Ф. Основы компьютерного контроля экологических параметров атмосферы при работе горных машин и механизмов в карьерах //Металлург. и горноруд. пром-сть.- 1997.- №2.- С.19-20.

10.Зберовский А.В., Григорьев В.Б., Собко Б.Е. Система оперативного контроля параметров атмосферы подземного пространства. В сб. научн.статей Международной конф. "Проблемы и перспективы освоения подземного пространства крупных городов". -Днепропетровск, -1997, С. 114-118.

11.А.с. I24I760, СССР, Кл. E2IC37/00. Способ ведения взрывных работ на карьерах/ А.В.Зберовский, Н.Ф.Кременчуцкий, В.В.Соболев - (СССР).-№3726033/22-03; Заявлено 11.04.84; Опубл. 1.03.86, Бюл. №24. -4 с.

12.А.с. № I446339, СССР, Кл. E2IFI/00, 5/02. Устройство для подавления пылегазового облака в карьерах /А.В.Зберовский, Н.Ф.Кременчуцкий, В.В.Дубей, В.Д.Хомасуридзе, А.И.Гетало (СССР).- №4230083/22-03; Заявлено 15.04.87; Опубл. 23.12.88, Бюл. №47. -3 с.

13.А.с. I476I49 СССР, МКИ E2IF5/00. Способ борьбы с пылегазовым облаком при взрывных работах в карьере /А.В.Зберовский, Б.Е.Собко, В.М.Матвейчук, Гетало А.И., Жулай Г.Н. (СССР).-№4253153/23-03; Заявлено 28.05.87; Опубл. 30.04.89, Бюл.№16.-4с.

14.А.с. I493796, СССР, Кл. E2IFI/00, 5/02. Способ подавления пылегазового облака в карьере / А.В.Зберовский, И.М.Абдурагимов, В.В.Дубей, А.И.Гетало, Г.Н.Жулай, Ю.В.Макашов (СССР).- №4228364/23-03; Заявлено 13.04.87; Опубл. 15.07.89, Бюл. №26.- 4 с.

15.А.с. I499056, СССР, Кл. E2IF1/00, 5/00. Устройство для проветривания карьеров, утилизации карьерных вод и пылегазоподавления / А.В.Зберовский, Н.Ф.Кременчуцкий, А.И.Гетало, В.Д.Хомасуридзе, В.К.Прудников, Л.А.Сафонов, И.В.Зусман(СССР).- №4271302/23-03; Заявлено 15.05.87; Опубл. 07.08.89, Бюл. №29.- 4 с.

16.А.с. I61364I СССР, МКИ E2IF5/00. Способ борьбы с пылегазовым облаком при взрывных работах в карьере /А.В.Зберовский, В.И.Бондаренко, Б.Е.Собко (СССР).-№44I7869/3I-03; Заявлено 28.04.88; Опубл. 15.12.90, Бюл. №46.- 3 с.

17.А.с. I63II9I СССР, МКИ E2IF5/20.Пылеуборочное устройство ПУМ-I /А.В.Зберовский, Н.Ф.Кременчуцкий, Б.Е.Собко, Д.Л.Беличенко, Л.Д.Беккер (СССР).- №4456350/03; Заявлено 18.07.88; Опубл. 28.02.9I, Бюл. №8.- 4 с.

18.А.с. I693263 СССР, МКИ E2I F5/00. Способ борьбы с пылегазовым облаком в карьерах /А.В.Зберовский, Б.Е.Собко (СССР).- №4749899/03; Заявлено 18.09.89; Опубл. 23.II.9I, Бюл. №43.- 4 с.

19.А.с. I634800, СССР, Кл. E2IF1/00. Способ очистки атмосферы карьера / А.В.Зберовский, Д.В.Волк, С.А.Алексеевко, А.В.Коваленко (СССР).- №6678I7/03; Заявлено 27.03.89; Опубл. 15.03.9I, Бюл. №10.-2с.

20.А.с. I640447, СССР, Кл. E2IF5/00. Способ подавления пылегазового облака в карьере / А.В.Зберовский, Д.В.Волк, В.И.Максименко, В.П.Кравец, А.Н.Решетняк (СССР).- №4680298/03; Заявлено 18.04.89; Опубл. 07.04.9I, Бюл. №13.- 4 с.

2I.А.с. I698454 СССР, МКИ E2IF1/00.Способ проветривания взрывных блоков в карьере./А.В.Зберовский, Б.Е.Собко (СССР).-№4754099/03; Заявлено 25.10.89; Опубл. 15.12.9I, Бюл. №46.- 3 с.

22.А.с. I696725 СССР, МКИ E2IF1/08. Устройство для подавления пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах УППО-I /А.В.Зберовский, А.С.Репетило (СССР).- №4737863/03; Заявлено 18.09.89; Опубл. 07.12.9I, Бюл. №45.- 4 с.

23.А.с. I744269, СССР, Кл. E2IF5/00. Устройство для обеспыливания при загрузке емкостей из бункера./А.В.Зберовский, Д.В.Волк, Я.И.Бондарь, В.В.Волк (СССР).- №4788285/03; Заявлено 02.02.90; Опубл. 30.06.92, Бюл. №24.- 3 с.

24.А.с. I739052 СССР, МКИ E2IF5/00. Способ борьбы с пылью и газом при ведении взрывных работ в карьере /А.В.Зберовский, В.И.Бондаренко, Б.Е.Собко (СССР).- №4756I63/03; Заявлено 09.II.89; Опубл.07.06.92, Бюл. №2I.-4 с.

25.А.с. I752975, СССР, Кл. E2IF1/00. Способ искусственного про-

(СССР).- №4672I79/03; Заявлено 03.04.89; Опубл. 07.08.92, Бюл. №29.-4с.

26. А.с. 1798522, СССР, МКИ E2IF5/00. Способ очистки атмосферы в карьерах /А.В.Зберовский, Ю.В.Волк, Б.Е.Собко (СССР).- №4805005/03; Заявлено 21.03.90; Опубл. 28.02.93, Бюл. №8.- 2 с.

27. Патент 2066769 РФ, Кл.6E2IFI/00. Устройство для искусственной вентиляции в глубоких карьерах /А.В.Зберовский, Б.Е.Собко, Г.П.Кривцун (Украина); №5067574/03; Заявлено 07.08.92; Опубл. 20.09.96, Бюл. №26.-6с.

28. Патент 2082010 РФ, Кл. 6E2IFI/00. Способ проветривания открыто-подземных горных выработок /А.В.Зберовский, Б.Е.Собко, А.В.Сливной (Украина); №5067575/03; Заявлено 07.08.92; Опубл. 14.02.96, Бюл. №17.-5с.

29. Патент 2059076 РФ, Кл. E2IF5/00. Способ подавления пылегазового облака в карьерах / А.В.Зберовский, Б.Е.Собко, Ю.В.Волк. (Украина); №5020977/03; Заявлено 03.07.91; Опубл. 27.04.96, Бюл. №12. -6 с.

30. Патент 2084635 РФ, Кл. E2IFI/00. Установка для регулирования микроклимата в карьерах /А.В.Зберовский, Ю.В.Волк (Украина); №5068113/03; Заявлено 20.07.92; Опубл. 20.07.97, Бюл. №20.- 4 с.

ОСОБИСТІЙ ВНЕСОК АВТОРА в роботах, опублікованих в співавторстві: [2, 7, 8] - проведення теоретичних та натурних досліджень, аналіз результатів; [9] - постановка задач, розробка принципів створення та експлуатації системи АСМАК; [4, 6] - розробка математичних моделей, вирішення чисельних задач; [3] - теоретичні, експериментальні дослідження та натурні шаропілотні спостереження; [10] - постановка задач, розробка схеми інформаційних потоків системи моніторингу; в винаходах [11- 30] - розробка ідеї та суті винаходу, формулювання відмітних ознак та формули винаходу.

АННОТАЦІЯ

ЗБЕРОВСКИЙ А.В. Научные основы защиты атмосферы в экосистеме "карьер-окружающая среда-человек". -Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2I.00.08 -"Техногенная безопасность".- Национальная горная академия Украины, Днепропетровск, 1997.

Диссертация посвящена решению современных аспектов защиты атмосферы в экосистеме "карьер-окружающая среда-человек". В работе развивается новое направление борьбы с пылегазовым облаком при массовых взрывах в карьерах, основанное на применении способов и средств активного ударно-волнового гидродинамического пылегазоподавления, рассматриваются вопросы создания компьютерной системы контроля параметров атмосферы и улучшения условий труда в карьерах, даются новые характеристики микроклимата в глубоких (более 350м) карьерах Кривбасса и раз-

робаються нові методи розрахунку газодинамічних параметрів атмосфери в кар'єрах і оточуючій середі. Встановлено ефект сорбування мікрочастинок на поверхні респірабельної фракції пилу в пилогазовій хмарі при масових вибухах і дано оцінку біоекологічної небезпеки пилу при її розповсюдженні в оточуючій середі. Предложено способи і технічні засоби пилогазоподавлення в кар'єрах з використанням конверсійної військової техніки, ефективність яких обґрунтована теоретично і підтверджена промисловими випробуваннями. Основні результати роботи впроваджені на кар'єрах і в проектних організаціях при розробці заходів по захисті атмосфери і покращенню умов праці гірників в глибоких кар'єрах.

Ключові слова: екосистема, захист атмосфери, мікроклімат, умови праці, аерологія кар'єра, масовий вибух, пилогазова хмара, пилогазоподавлення, конверсійна військова техніка.

АНОТАЦІЯ

ЗБЕРОВСЬКИЙ О.В. Наукові основи захисту атмосфери в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина".-Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 21.00.08 - "Техногенна безпека".- Національна гірничо-академія України, Дніпропетровськ, 1997.

Дисертація присвячена вирішенню сучасних аспектів захисту атмосфери в екосистемі "кар'єр-навколишнє середовище-людина". У роботі розвинуто новий напрямок боротьби з пилогазовою хмарою під час проведення масових вибухів у кар'єрах, який базується на застосуванні способів і засобів активного ударно-хвильового гідродинамічного пилогазоподавлення, розглядаються питання створення комп'ютерної системи контролю параметрів атмосфери та покращення умов праці в кар'єрах, даються нові характеристики мікроклімату в глибоких (більш 350м) кар'єрах Кривбасу та розробляються нові методи розрахунку газодинамічних параметрів атмосфери в кар'єрах і навколишньому середовищі.

Встановлено ефект сорбування мікрочастинок на поверхні респірабельної фракції пилу в пилогазовій хмарі під час проведення масових вибухів і дано оцінку біоекологічної небезпеки пилу під час її розповсюдження в навколишньому середовищі. Запропоновані способи та технічні засоби пилогазоподавлення в кар'єрах з використанням конверсійної військової техніки, ефективність яких обґрунтована теоретично і підтверджена промисловими випробуваннями. Основні результати роботи впроваджені на кар'єрах і в проектних організаціях

під час розробки заходів по захисту атмосфери і покращенню умов праці гірничих робітників в глибоких кар'єрах.

Ключові слова: екосистема, захист атмосфери, мікроклімат, умови праці, аерологія кар'єру, масовий вибух, пилогазова хмара, пилогазоподавлення, конверсійна військова техніка.

Summary

A.V. Zherovsky. Scientific Basis of Atmosphere Protection in Ecosystem. -Manuscript.

Thesis for a doctor's degree in speciality 21.00.08-"Technogenic Safety".- National Mining University of Ukraine ,Dnepropetrovsk, Ukraine, 1997.

Thesis is devoted to the solution of modern aspects of atmosphere protection in ecosystem: colliery - environment - a person. A new direction of control for the gas-and-dust cloud under the conditions of shotfiring in collieries is being developed on the basis of using new and technologies of active hydrodynamic percussion-wave dust-and-wave suppression. The problems of creating a new computer monitoring system to realize control for the atmosphere parameters and for improvement of labour conditions in collieries are also being discussed. WE try to give new characteristics of microclimate in deep collieries of Krivbass(over 350 m.)and to work out new calculation methods to define gasodynamic parameters of atmosphere both in collieries and in the environment.The effect of microparticles sorbating on the surface of dust respiratory fraction in gas-and-dust cloud under the conditions of mass explosion has been adjusted. We have also estimated biological and ecological danger of dust during the process of its distribution in the environment. We offer new methods and technical means of dust and gas suppression in collieries by means of using conversion military equipment. The efficiency of such methods and technical means is theoretically proved and confirmed by the commercial tests. The main results of the investigation have already been integrated at collieries and in desing institutions to work out measures of atmosphere protection and to improve the conditions of work for the miners in deep collieries.

Key words: ecosystem, atmosphere protection, microclimate, conditions of work, aerology, mass explosion, dust-and-gas cloud, dust suppression, conversion, military engineering, technogenic.

Зберовський Олександр Владиславович

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ В ЕКОСИСТЕМІ
“КАР'ЄР - НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ - ЛЮДИНА”

/автореферат/

Відповідальний за випуск Р.С. Крисін

Здано до набору 24.11.97р. Підписано до друку 24.11.97р.

Формат 30x42/4. Папір rollux. Спосіб друку - різнографія.

Умовн. друк. арк. 2,0. Умов. фарб. від. 2,0. Обл. вид. арк. 2,0.

Вид. № 45. Тираж 100 прим. Безкоштовно.

Видруковано у РВК НГА України. 320037, м. Дніпропетровськ,
пр. К.Маркса, 19, Національна гірнича академія України

431761

AB 39.230