

УДК 622.451.001.24:533.6:622.8.001.25

**Бунько Т.В.**, д-р техн. наук, ст. наук. співр.  
(ІГТМ НАН України),  
**Ященко І.О.**, канд. техн. наук  
(Міненерговугілля України)  
**Бокій О.Б.**, аспірант  
(ДВУЗ «ДонНТУ»),  
**Жалілов О.Ш.**, магістр  
(ДП «Седідоввугілля»),  
**Новіков Л.А.**, магістр  
(ІГТМ НАН України)

**ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВИКИДІВ ШАХТНОГО  
МЕТАНУ В АТМОСФЕРУ ПІД ЧАС ФУНКЦІОНУВАННЯ ШАХТНИХ  
ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ І ДЕГАЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ, ЯКІ  
РЕКОНФІГУРУЮТЬСЯ**

**Бунько Т.В.**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.  
(ИГТМ НАН Украины)  
**Ященко И.А.**, канд. техн. наук  
(Минэнергоуголь Украины)  
**Бокий А.Б.**, аспирант  
(ГВУЗ «ДонНТУ»),  
**Жалилов А.Ш.**, магистр  
(ГП «Селидовуголь»),  
**Новиков Л.А.**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины)

**СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ВЫБРОСОВ ШАХТНОГО  
МЕТАНА В АТМОСФЕРУ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ  
РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ И  
ДЕГАЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Bunko T.V.**, D.Sc (Tech.), Senior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine),  
**Yashchenko I.A.**, Ph.D (Tech.)  
(Minenergougol of Ukraine)  
**Bokij O.B.**, Doctoral Student  
(SHEI «DonNTU»)  
**Zhalilov A.Sh.**, M.S. (Tech.)  
(SP «Selidovvugillya»),  
**Novikov L.A.**, M.S. (Tech.)  
(IGTM NAS of Ukraine)

**DECLINE OF ECOLOGICAL RISK OF TROOP LANDINGS OF MINE  
METHANE IN ATMOSPHERE AT FUNCTIONING OF  
RE-CONFIGURATED MINE VENTILATION AND  
DECONTAMINATION SYSTEMS**

**Анотація.** Обґрунтовано критерій оцінки екологічних ризиків функціонування високопродуктивних вугільних шахт з використанням комплексної дегазації і подальшої утилізації метану. Критерій диференційовано враховує об'єми емісії метану в атмосферу і метану, який каптується, а також адитивно враховує організовані і неорганізовані викиди (постійна і динамічна складові критерію) парникових газів з вугільних шахт. Використовування цього критерію дозволило дати екологічну оцінку розробленим технічним рішенням зниження викидів метану в атмосферу.

Проведені дослідження і встановлені закономірності: перерозподілу метану у вуглепородному масиві під дією очисних робіт; між продуктивністю очисного вибою і його метановістю, гіперболічна залежність тривалості дегазації вуглепородного масиву від розміру складаючих його блоків, що дозволило визначити раціональні параметри (кількості і кути напряду «кущів») дегазаційних свердловин. Приведені приклади структури шахтної вентиляційної системи, що реконфігурується, шляхом зміни схем провітрювання в процесі відпрацювання виїмкового стовпа. Висловлені основні положення розрахунку систем дегазації з урахуванням чинників обводнення і забрудненості метаноповітряної суміші, що транспортується.

**Ключові слова:** дія метану на навколишнє середовище, вміст метану у вугільних пластах, викиди метану в атмосферу, дегазаційні свердловини, багатометановість вугільних шахт, імітаційне моделювання, критерій оцінки екологічного ризику.

За останні два сторіччя концентрація метану в атмосфері Землі збільшилася більш ніж удвічі. Шахтний метан належить до групи парникових газів і його потенціал утримання тепла в атмосфері у 21 раз вищий за потенціал двоокису вуглецю (останній прийнято за одиницю). Тому в умовах підвищення середньої температури Землі його емісія в атмосферу стає небажаною. В той же час, метан є цінною паливно-енергетичною сировиною.

На високопродуктивних вугільних шахтах інтенсивність емісії метану постійно зростає. В той же час істотною перешкодою для використання каптуємого метану є його недостатня концентрація, пов'язана з низькою проникністю вугільних пластів на родовищах України. Підвищення ефективності його уловлювання (каптаж) понизить викиди метану в атмосферу, а утилізація газу для енергетичних потреб дозволить трансформувати метан при його спалюванні в двоокис вуглецю – парниковий газ з меншим потенціалом утримання тепла в атмосфері, а також одержати додатково економічний ефект.

Відомі роботи присвячені рішення окремих питань зниження викидів в атмосферу і не базуються на комплексному підході до вирішення цього питання в умовах високопродуктивних багатометанових вугільних шахт. Відсутність обґрунтованого критерію оцінки екологічних ризиків викидів метану утрудняє оцінку екологічної небезпеки при обґрунтовуванні і ухваленні технічних рішень щодо уловлювання і використання метану вугільних родовищ.

Для зниження екологічного ризику викидів шахтного метану важливо обґрунтувати ефективні технічні рішення щодо скорочення викидів метану в атмосферу, оснований на встановлених закономірностей руху метаноповітряної суміші в системі «джерела емісії метану – гірничі виробки – земна поверхня» і встановити ступінь зниження екологічного ризику, яка при цьому може бути досягнута.

Таким чином, обґрунтування комплексного критерію оцінки екологічних ризиків викидів метану в атмосферу, який враховує можливість утилізації ме-

тану засобами вентиляції і дегазації, встановлення закономірностей емісії шахтного метану з газоносних гірських масивів, які інтенсивно розробляються, для його уловлювання і подальшої переробки, є актуальною науковою задачею, яка має важливе значення для підвищення екологічної безпеки шахтних природно-промислових систем.

Аналіз екологічної небезпеки, шляхів і обсягів викидів метану у атмосферу вугільними шахтами, сучасних уявлень про форми вмісту метану у вугільних пластах, його міграції та утилізації дозволив зробити наступні висновки:

- міграція метану із шахти на земну поверхню змінює склад атмосфери, а також представляє небезпеку для біосфери. До негативних наслідків викидів метану в атмосферу відноситься підсилення парникового ефекту, промислове забруднення повітря. При цьому метан є джерелом можливого істотного поповнення енергетичних ресурсів країни. Враховуючи особливості зв'язку метану з вугіллям, основним засобом його видобування є системи дегазації шахт;

- відсутність обгрунтованого критерію оцінки ризиків викидів метану в атмосферу ускладнює об'єктивну оцінку екологічної небезпеки при обгрунтуванні і ухваленні технічних рішень по утилізації метану вугільних шахт. Разом з тим запровадження сучасних технологій, засобів вуглевидобування і збільшення глибини розробки приводить до необхідності встановлення нових закономірностей, які зв'язують метановість виїмкових дільниць і емісію метану в атмосферу під впливом очисних і дегазаційних робіт в умовах високопродуктивних вугільних шахт;

- серед важливих умов здійснення керування метановиділенням значне місце посідає раціональний вибір часу і умов переходу до іншої схеми провітрювання виїмкової дільниці, що є невід'ємною умовою функціонування вентиляційних систем шахт, які ре конфігуруються;

- аналіз літературних джерел показав, що основна частина відомих експериментальних даних по метановиділенню була одержана для темпів виїмання вугільних пластів до 1000...1500 т/добу. Однак з появою сучасних технологій, засобів вуглевидобування і збільшення глибини розробки не встановленими залишаються закономірності і екологічні наслідки емісії шахтного метану при інтенсивному відпрацюванні вугільних родовищ;

- важливою особливістю українських родовищ є низька проникність (менш 1мДа) шарів гірських порід і вугільних пластів, що істотно утруднює попередню їх дегазацію або вживання екрануючих свердловин. Недостатня ефективність шахтних дегазаційних установок і низький відсоток утилізації метану визначають актуальність досліджень з їх вдосконалення;

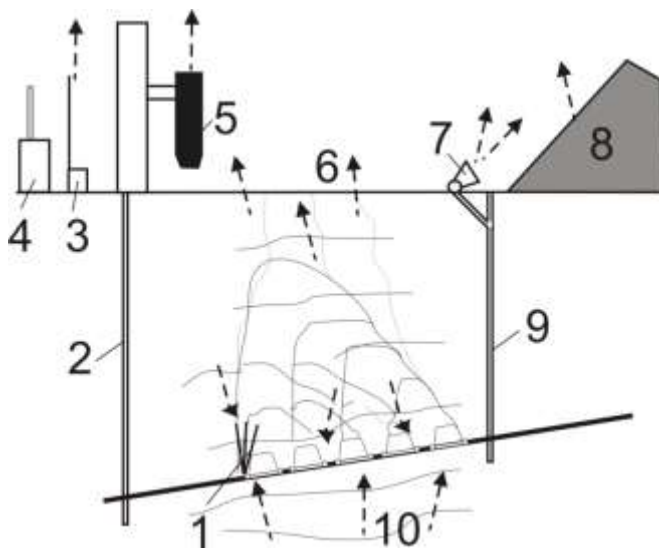
- однією з причин недостатньої ефективності дегазації є неврахування обводнення і забруднення дегазаційних трубопроводів;

- широке вживання когенераційних установок, яке дозволяє знизити екологічні ризики викидів метану в атмосферу, стримується низькими показниками (об'ємом суміші, яка каптується, і її якістю) видобутку метану. Існуючі способи і системи дегазації технічно не забезпечують високого рівня уловлювання метану і подачі його в пристрої утилізації. Якість газової суміші, яка відсмокту-

ється, невисока і нестабільна, вміст метану в ній часто нижче 25%, що вимагається за технічних умов.

Основні етапи методики проведення досліджень зниження екологічних ризиків викидів метану в атмосферу включають експериментальні і теоретичні дослідження закономірностей перерозподілу метану в межах виїмкової ділянки і його емісії в процесі розробки вугільного родовища [1,2]. Як експериментальні ділянки вибрані інтенсивно відпрацьовувані поля багатометанової шахти ім. О.Ф. Засядька.

Узагальнена схема руху потоків шахтних газів на земну поверхню відображена на рис.1.



- 1 – каптаж дегазаційними свердловинами;
- 2 – перенос гірськими виробками з гірничою масою і водою;
- 3 – вакуум-насосна установка;
- 4 – утилізаційна установка;
- 5 – виділення з вугілля в бункерах і на складах;
- 6 – виділення із ґрунтів;
- 7 – викиди з вентиляційними потоками;
- 8 – виділення з породних відвалів;
- 9 – перенос гірськими виробками з вентиляційним струменем;
- 10 – остаточний метан у надрах

Рисунок 1 – Схема руху основних потоків шахтних газів

Згідно цього рисунка, основна емісія метану у навколишнє середовище виникає: з оголених поверхонь пласта, що розробляється, і оточуючого його породного масиву; з відбитих від масиву шматків вугілля і породи у виробки (вентиляційний струмінь) або атмосферу; по тріщинах, порах розущільнених порід та інших каналах з підпрацьованого і надпрацьованого масиву в дегазаційні свердловини або у вироблений простір; через геологічні порушення, тріщини, пори у виробленому гірському масиві у верхні шари ґрунту і на поверхню.

Слід відзначити, що викиди метану в атмосферу з вентиляційними потоками (дивись 7, рис. 1) містять значну кількість вугільного пилу, який, в залежності від дисперсного складу, може розноситися на значні відстані від джерела пило-виділення і теж негативно впливати на екологічний стан довкілля [9].

В основу концепції зменшення емісії метану вугільних шахт (мається на увазі два види його виділень: емісія у підземні гірничі виробки і викиди в атмосферу) покладено комплексування функціонування вентиляційної і дегазаційно-іонної систем для досягнення двох взаємопов'язаних видів мети: зменшення екологічного ризику функціонування гірничого виробництва, збільшення обсягів видобутку і використання техногенного метану.

Аналіз структури екологічного ризику викидів метану з вугільної шахти в атмосферу показав, що можна визначити такі його складові: постійну та динамічну [3]. Постійна складова відображає викиди метану в атмосферу з вентиляційних стовбурів під час нормальної роботи шахти та визначається як

$$R = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i^b C_i^b ;$$

або є здобутком відносного метановиділення з гірничих виробок шахти ( $q, \text{м}^3/\text{м}$ ), її продуктивності ( $A_\phi, \text{т}/\text{рік}$ ) і тривалості ( $t, \text{років}$ ) ведення гірничих робіт  $R = q \cdot A_\phi \cdot t \cdot \beta$ . Зменшення екологічного впливу можливе шляхом скорочення відносного метановиділення  $q$  з гірничих виробок.

Динамічна складова відображає екологічний ризик, пов'язаний з технологічними факторами виникнення несприятливих подій (обвалення вугілля і порід, вибухи метану і вугільного пилу, газодинамічні явища, пожежі). Слід відзначити, що параметр інтенсивності екологічного ризику (впливу) ( $R, \text{м}^3$ ), пов'язаний з викидами метану в біосферу, може бути приблизно оцінений за відомою методикою «доза - ефект». Наукові дослідження фахівців ДонНТУ закономірностей екологічного впливу метану на навколишнє середовище довели, що вони мають лінійний характер, тому для оцінки екологічного ризику можна використовувати метановиділення, як базовий параметр. Для комплексної оцінки метановості високопродуктивних виїмкових ділянок вугільних шахт, які ведуть видобуток вугілля і метану, обсяги каптуємого метану і метану, який поступає до рудникової атмосфери повинні враховуватись не залежно; також необхідно враховувати концентрацію метану на вихідному струмені, нормативні значення якої регламентуються Правилами безпеки у вугільних шахтах. Структура екологічного ризику представлена на рис. 3. В загальному вигляді комплексний показник метановості  $\overline{J}_{\text{діл}}$  диференційовано враховує обсяги метану в рудниковій атмосфері  $\overline{J}_{\text{діл}}^\phi$  і каптуємого метану  $\overline{J}_{\text{ск}}^{\text{кап}}$  і має вигляд  $\overline{J}_{\text{діл}} = (\overline{J}_{\text{діл}}^\phi, \overline{J}_{\text{ск}}^{\text{кап}}, c_{\text{діл}}^{\text{вих}})$ , де  $\overline{J}_{\text{ск}}^{\text{кап}}$  - визначається, як сума середніх витрат метану  $\overline{J}_{\text{ск}}^{\text{кап}} = \overline{J}_{\text{ск под}}^{\text{кап}} + \overline{J}_{\text{ск пов}}^{\text{кап}}$ , каптуємих дегазаційною установкою із підземних і поверхневих свердловин,  $\text{м}^3/\text{хв}$ .

Використовування у вугільній промисловості поняття екологічного ризику (або впливу) вимагає точного кількісного визначення двох найважливіших значень: максимального припустимого та неістотно малого ризику. Тому введено показник  $\beta$  - вірогідності викидів метану в атмосферу, що приймає такі значення: для умов багатометанових шахт ( $\beta=1$ ) і для умов негазових шахт ( $\beta=0$ ). Нами реалізована наступна послідовність розрахунку: визначення параметрів інтенсивності емісії метану  $\rightarrow$  визначення параметрів екологічної оцінки  $\rightarrow$  управління параметрами екологічного впливу.

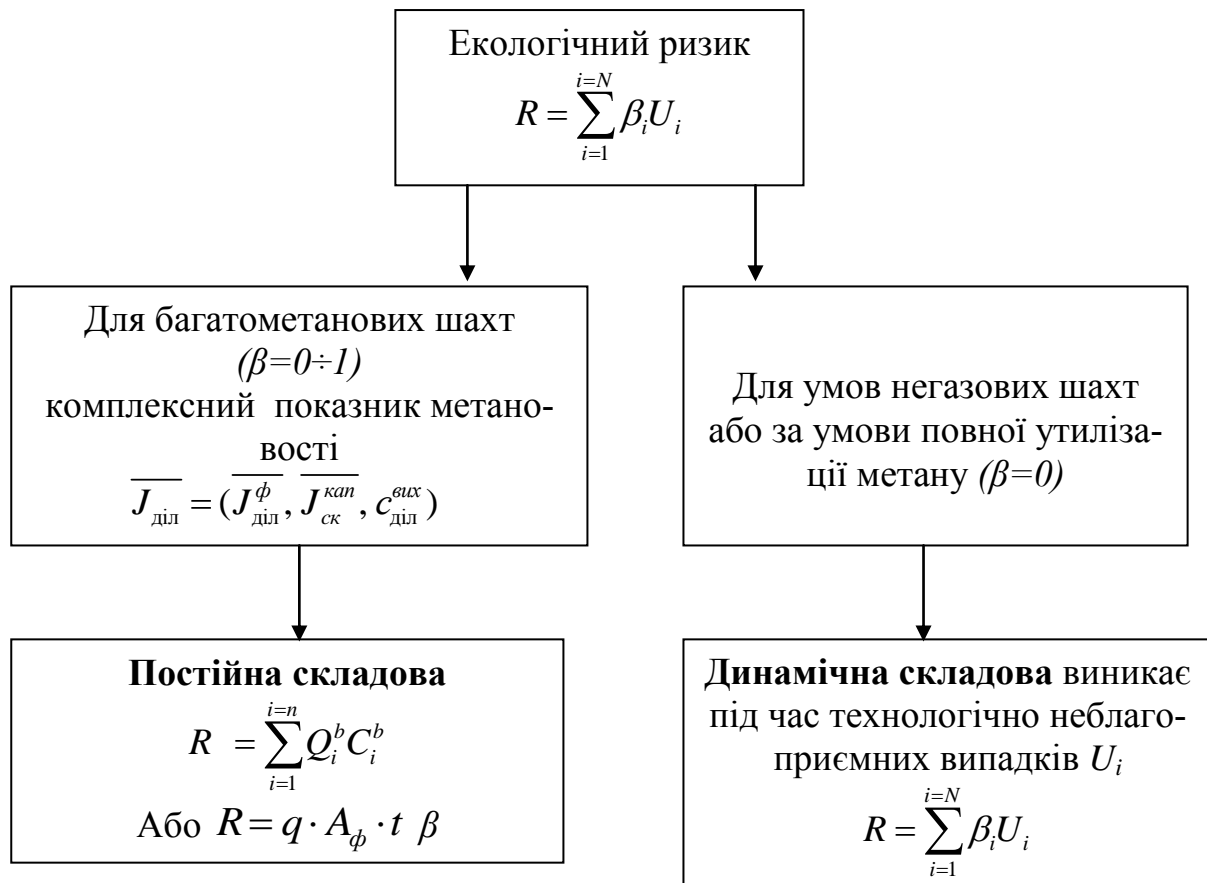


Рисунок 3 - Структура компонентів екологічного ризику: постійна (організовані викиди метану в земну атмосферу) і динамічна складова (аварійні ситуації або такі ситуації, які не прогнозуються)

Кількісною оцінкою рівню ризику є величина  $R = \beta U$ , де  $\beta$  – вірогідність настання несприятливої події,  $U$  – екологічний збиток в результаті цієї події. Якщо можливе настання декількох несприятливих подій з різною вірогідністю і відповідними збитками, то

$$R = \sum_{i=1}^{i=N} \beta_i U_i.$$

У процесі спалювання метану утворюється менш шкідливий парниковий газ – діоксид вуглецю. Величина критерію екологічного ризику в цьому випадку за період виконання робіт з утилізації газу  $t_0$ , років, визначається підсумовуванням впливу метану і діоксиду вуглецю:

$R'' = R + R' = (1 - k_y) \cdot q \cdot A_{\phi} \cdot t + \frac{1}{21} \cdot q \cdot A_{\phi} \cdot t_0$  та знаходиться в інтервалі від  $(q \cdot A_{\phi} \cdot t)$  при  $\beta = 1$  до  $(0,05 \cdot q \cdot A_{\phi} \cdot t)$  при  $\beta = 0$ , тобто при повній утилізації метану.

З математичної точки зору шляхи руху метаноповітряної суміші можуть бути відображені мережними структурами, що включають зосереджені джерела метановиділення [4,5]. Мережна структура задається графом  $G(X, U)$ , для кож-

ної гілки якого відомі  $l(i,j)$ , швидкість повітря  $v(i,j)$ ,  $S(i,j)$ , концентрація метану в початковому вузлі гілки  $c(i)$  і кінцевому вузлі  $c(j)$ . Таким чином, кожна гілка  $(i,j)$  цієї мережі може бути однозначно визначена вектором станів  $K(i, j, Q, l, S, R, J, c(i), c(j))$ . При моделюванні газорозподілу в мережі враховуються мережні закони, залежності між аеродинамічним опором виробки  $R(i,j)$ , її перетином  $S(i,j)$ , довжиною  $l(i,j)$  і коефіцієнтом аеродинамічного опору виробки; при цьому необхідно визначити розподіл витрат повітря  $Q(i,j)$ , депресій  $H(i,j)$ , концентрацій метану.

Результати розрахунків показують (рис. 4), що при частоті тріщин  $\Gamma$  менше  $50 \dots 100 \text{ м}^{-1}$ , що відповідає характерному розміру блоку більше  $1 \dots 2 \text{ мм}$ , тривалість витікання всього метану  $t$  з блоку складає десятки і сотні діб. Це перевищує тривалість знаходження ділянки в зоні фільтрації і термін відпрацювання виймкового стовпа.

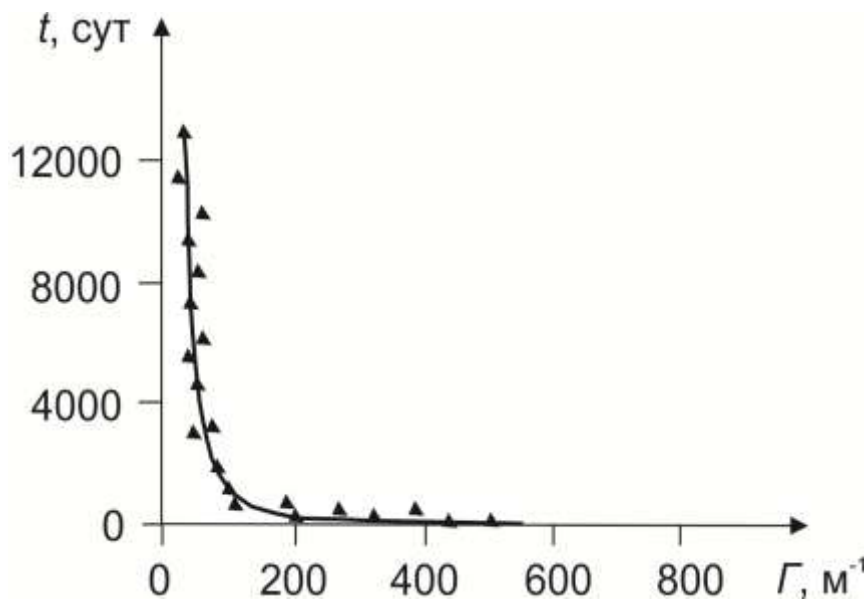
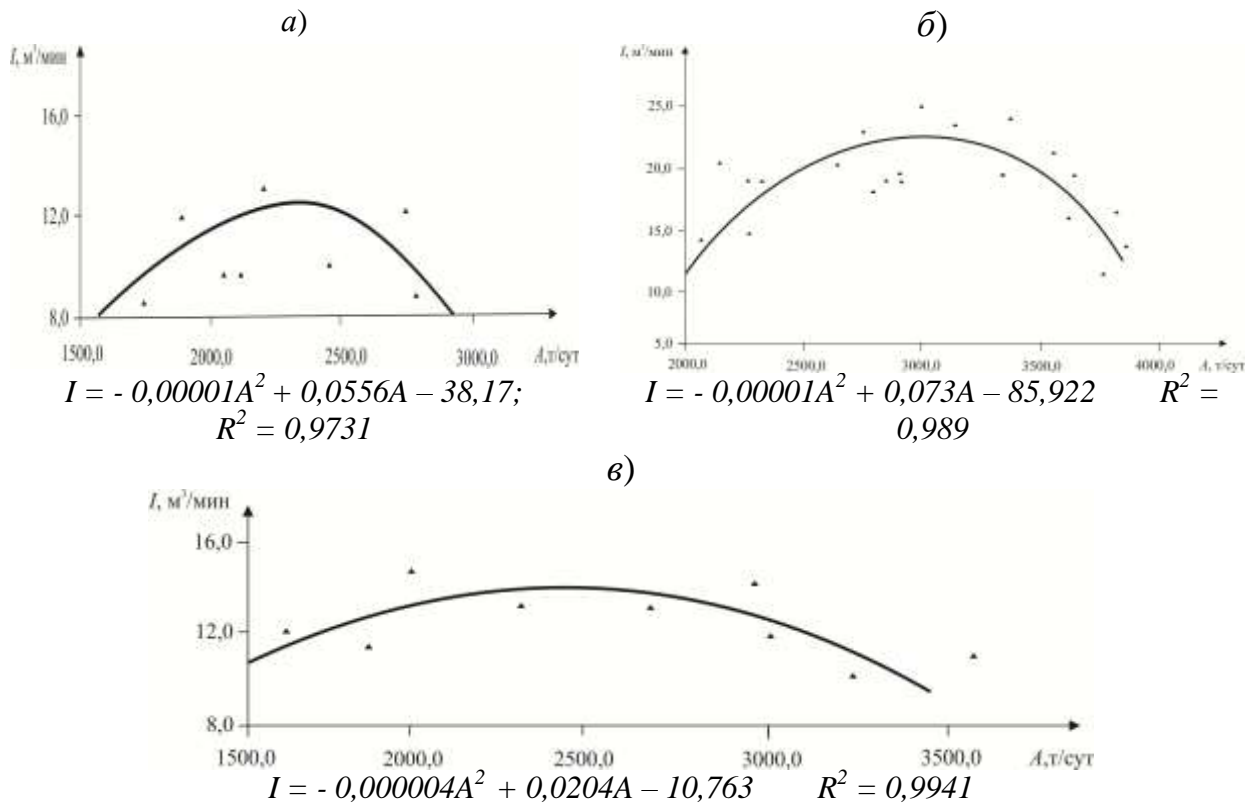


Рисунок 4 - Залежність тривалості дегазації блоків гірського масиву від їх тріщинуватості

Встановлено залежність між навантаженням на очисний вибій ( $A$ ) і метановиділенням в очисну виробку ( $I$ ) в умовах відпрацювання пластів  $l_1$  і  $m_3$  на шахті ім. О.Ф. Засядька. При навантаженні в інтервалі  $500 < A < 2500$  т/добу спостерігалось збільшення метановиділення з  $I=4 \dots 8$  до  $11 \dots 20 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Подальше зростання продуктивності лави до  $3500$  т/добу і більше призводило до зменшення  $I$  до значень  $5 \dots 15 \text{ м}^3/\text{хв}$ .

Метановиділення в очисну виробку залежно від навантаження на очисний вибій описується параболою з гілками, направленими вниз (рис. 5). Підтвердженням встановленої закономірності є експериментальні дані, одержані у трьох лавах пласта  $l_1$  шахти ім. О.Ф. Засядька в умовах відпрацювання потужного вугільного пласта з коефіцієнтом кореляції не менше за  $0,7$ .



а) – 12 східна. лава пл.  $l_1$ ; б) – 9-а західна лава пласта  $l_1$ ; в) 10 зап. лавы пл.  $l_1$   
Рисунок 5 - Зв'язок між метановиділенням ( $I$ ) і продуктивністю ( $A$ ) очисного вибою шахти ім. О.Ф. Засядька

Нелінійний характер метановиділення в очисну виробку можна пояснити сумісною дією геомеханічних і газодинамічних факторів. При невеликих швидкостях посування вибою створюються сприятливі умови для формування фільтруючого середовища в гірському масиві, який оточує лаву, і витікання газів в очисну виробку.

В цих умовах збільшення темпів вуглевиймання визначає зростання метановиділення в очисну виробку. Подальше збільшення швидкості посування очисного вибою приводить до скорочення розмірів області дренажування метану, що підтверджується зниженням конвергенції ґрунту і покрівлі; тому відбуватиметься скорочення виділення метану в очисну виробку. При цьому збільшується по гіперболічній залежності тривалість дифузії газу з шматків вугілля.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок про те, що одним з перспективних способів скорочення емісії в атмосферу парникових газів є керування вуглевидобутку за індивідуальним для кожного шахтопласта рівнем, що дозволяє скоротити емісію метану на 50% та більше.

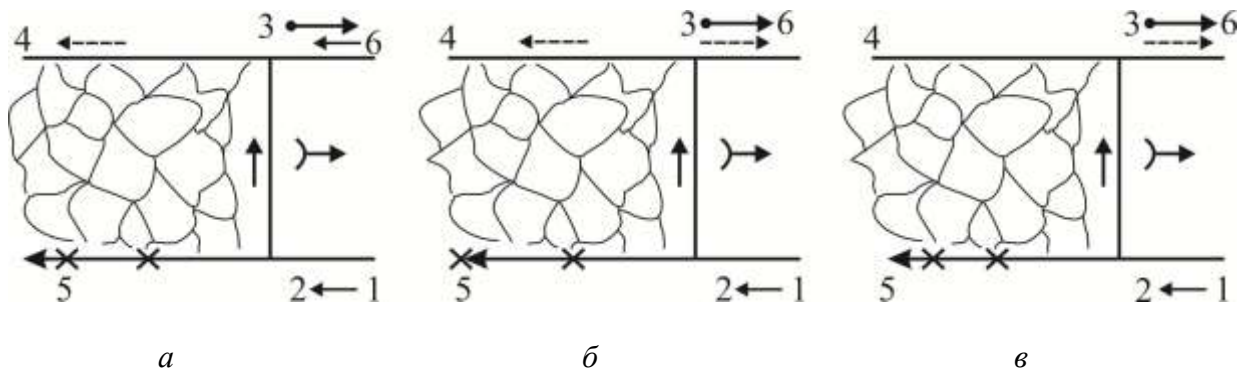
Емісію метану на виїмкових ділянках можна також скоротити **зміненням** схем їх провітрювання, що і здійснюється на багатьох шахтах галузі. Приклад шахти ім. О.Ф. Засядька, де цей метод використовується давно і успішно – не єдиний, він використовується на багатьох багатометанових шахтах вугільної галузі [4]. Не вдаючись до технічних подробиць, можна навести наступні приклади.



**Приклад 1.** Шахта «Добропільська» відноситься до надкатегорних, метано-виділення в якій складає  $24,77 \text{ м}^3/\text{хв.}$ , середньодобовий видобуток вугілля  $3473 \text{ т/добу}$ . Дегазацією з шахти відводиться  $7,07 \text{ м}^3/\text{хв}$  метану.

4-та південна лава флангового ухилу пл.  $l_{12}$  гор. 450м має середню потужність пласта 1,5 м, кут падіння якого  $10^\circ$ ; глибина робіт 610 м.; лава обладнана механізованим комплексом ДМ; газовиділення в лаві  $2,6 \text{ м}^3/\text{хв}$ , на виїмковій ділянці-  $3,94 \text{ м}^3/\text{хв.}$ ; довжина лави 170 м, виїмкового поля -1270 м.

При навантаженні 944-1200 т/добу лава працювала за трьома схемами провітрювання (рис. 6). Перший період – прямоточна з підсвіженням 2-В-Н-в-пт (рис. 6,*а*). Другий період – комбінована поворотноточна з газовідводом з виробленого простору по неконтрольованій виробці 1-К-Н-в-вт (рис. 6,*б*), підтримуваній смугою бетонних блоків шириною 1,2 м з чуракової перемичкою шириною 0,5 м. Третій період – чисто поворотноточна 1-М-Н-в-вт (рис. 6,*в*) в кінці відпрацювання виїмкового поля з подовжньою перегородкою для провітрювання тупика вентиляційного штреку. Витрата повітря в лаві складала  $630 \text{ м}^3/\text{хв}$ , на підсвіження в перший період подавалося  $132 \text{ м}^3/\text{хв}$ .



а) – 2-В-Н-в-пт; б) – 1-К-Н-в-вт; в) – 1-М-Н-в-вт

Рисунок 6 – Зміна схем провітрювання в процесі відпрацювання виїмкового стовпа на шахті «Добропільська»

На рис. 6,*а*: 1-2 – конвеєрний штрек, по якому рухається струмінь свіжого повітря для провітрювання виймальної ділянки; 2-3 – очисна виробка з висхідним провітрюванням; 3-4 – неконтрольована частина вентиляційного штреку для відводу вихідного струмені виймальної ділянки; 3-6 – вентиляційний штрек, по якому рухається додатковий струмінь свіжого повітря для підсвіження вихідного струмені із очисної виробки; 2-5 – погашаєма частина конвеєрного штреку (або підтримувана охоронно-ізолюючої смугою для повторного використання в якості вентиляційного штреку).

На рис. 6,*б*: 3-4 – неконтрольована частина вентиляційного штреку для відводу частині вихідного струмені із очисної виробки на сторону виробленого простору; 3-6 – вентиляційний штрек для відводу частині вихідного струмені із очисної виробки на сторону вуглепородного масиву.

На рис. 6,*в*: 3-4 – погашаєма частина вентиляційного штреку; 3-6 – вентиляційний штрек для відводу вихідного струмені виймальної ділянки.

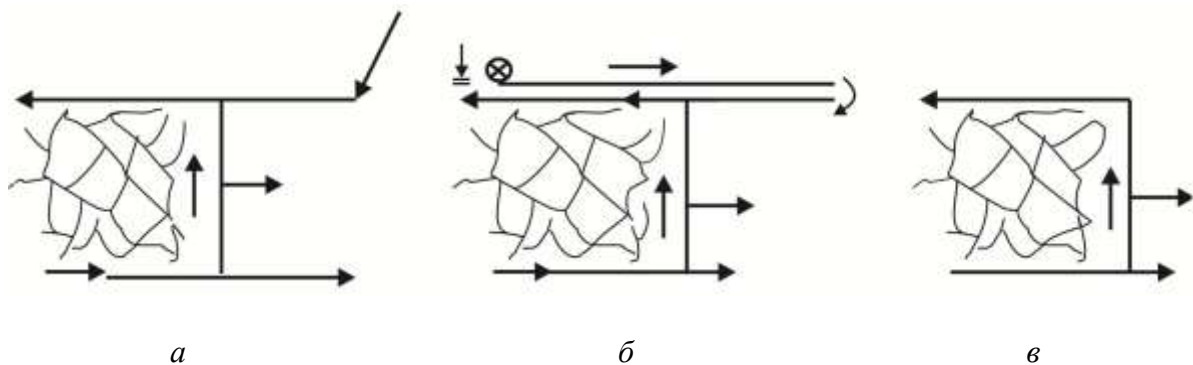
**Приклад 2.** Шахта «Щегловська-Глибока» - надкатегорна, небезпечна по ра-

птових викидах метану, суфлярним його виділенням і вибухам вугільного пилу, абсолютна газоносність шахти  $40,85 \text{ м}^3/\text{хв}$ , середньорічна витрата метану, що відсмоктується установками дегазації -  $20,53 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Середньодобовий видобуток шахти 3116 т/добу. Глибина робіт 1000 м.

4-та західна лава по пласту  $l_1$  мала 3 періоди провітрювання (рис. 7).

Перший період – схема другого рівня 2-В-Н-в-вт з відособленим розбавленням шкідливостей типу (рис. 7,*а*). Другий період – схема з підсвеженням 2-В-Н-в-вт (рис. 7,*б*) з використанням вентилятора місцевого провітрювання. Третій період - поворотноточна схема 1-В-Н-в-вт (рис. 7,*в*) при суцільній системі розробки.

Лава відпрацьовувала пласт потужністю 2,2 м, кут падіння якого  $13-17^\circ$ , газоносність пласта  $15-20 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ , довжина лави 320 м, виїмкового поля - 1000 м. Вентиляційний штрек підтримувався жорсткою смугою шириною 2 м з напівблоків. Навантаження на лаву 1500 т/добу, подача повітря на ділянку –  $1535 \text{ м}^3/\text{хв}$ ., підсвіження в перший період –  $541 \text{ м}^3/\text{хв}$ , в другій -  $195 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Газовиділення в лаві  $3,64 \text{ м}^3/\text{хв}$ , на ділянці  $21,71 \text{ м}^3/\text{хв}$ , дегазацією відводилося  $9,74 \text{ м}^3/\text{хв}$ .

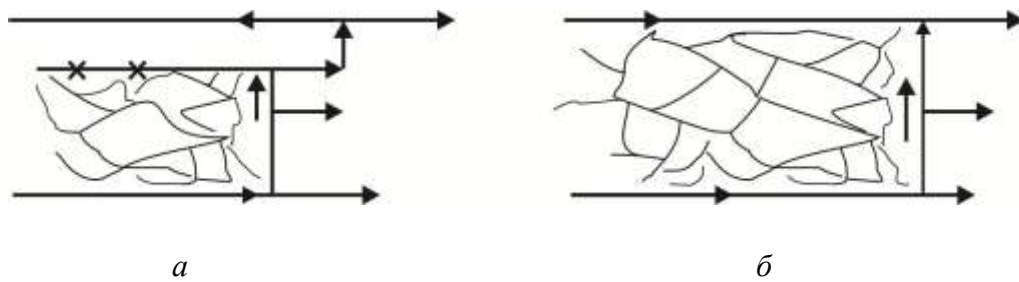


*а*) – 2-В-Н-в-вт; *б*) – 2-В-Н-в-вт; *в*) – 1-В-Н-в-вт

Рисунок 7 – Зміна схем провітрювання в процесі відпрацювання виїмкового стовпа на шахті «Щегловська-Глибока»

**Приклад 3.** Шахта ім. О. О. Скочинського – небезпечна по раптових викидах вугілля і газу. Її середня абсолютна газоносність  $34,11 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Дегазацією відводиться  $6,16 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Шахта небезпечна по вибуховістю вугільного пилу, середньодобовий видобуток вугілля 1491 т/добу.

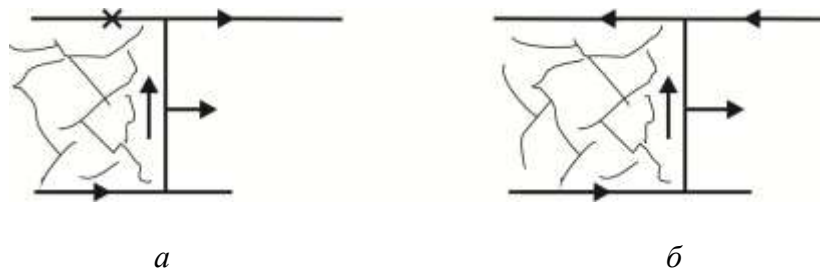
Друга західна лава УПЦП (рис. 8) розробляє пл.  $h_{16}$ , потужністю 1,4-2,0 м з кутом падіння  $14-15^\circ$ . Газоносність пласта  $18-20 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ . Лава обладнана комплексом ЗМКД-90. Планований видобуток 467-790 т/добу. Довжина лави – 150 (перший період) і 225 м (другий період), виїмкового поля – 2150 м. Газовиділення на ділянці відповідно по періодах  $5,52 \text{ м}^3/\text{хв}$  і  $8,78 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Витрата повітря на провітрювання  $850 \text{ м}^3/\text{хв}$  і  $1273 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Глибина робіт 1300 м.



*a)* – 1-М-Н-в-пт; *б)* – 2-М-Н-в-пт

Рисунок 8 – Зміна схем провітрювання в процесі відробітку виїмкового стовпа на шахті ним. О.О. Скочинського (західна лава УПЦП)

5-та західна лава ЗП по пл.  $h_{16}$  провітрювалась по двох схемах (рис. 9). Потужність пласта 1,28-1,5 м, кут падіння якого 8-10°. Планове навантаження 680 т/добу. Лава обладнана комплексом КД-90. Довжина лави 240 м, а її виїмкового поля – 1240 м. Газовиділення в очисній виробці 4,58 м<sup>3</sup>/хв, на ділянці 8,54 м<sup>3</sup>/хв. Витрата повітря  $Q_{оч1} = 708$  м<sup>3</sup>/хв,  $Q_{оч2} = 1281$  м<sup>3</sup>/хв. Глибина розробки 1240 м.



*a)* – 1-М-Н-в-пт; *б)* – 2-В-Н-в-вт

Рисунок 9 – Зміна схем провітрювання в процесі відпрацювання виїмкового стовпа на шахті ім. О.О. Скочинського (5 зап. лава ЗП):

Приклад 4. На шахті Червоноармійська-Західна №1 4-та південна лава провітрювалась по схемах, приведених на рис. 10



*a)* – 1-М-Н-в-вт; *б)* – 2-В-Н-в-пт

Рисунок 10 – Зміна схем провітрювання в процесі відпрацювання виїмкового стовпа на шахті Червоноармійська - Західна №1

Потужність пласта 1,75м, кут падіння якого 2-5°. Лава обладнана комплексом ЗКД-90Т. Середньодобове навантаження 3000 т/добу. Газовиділення в лаву складає 3,66 м<sup>3</sup>/хв, а на ділянці – 21,6 м<sup>3</sup>/хв. Довжина лави та виїмкового поля відповідно рівні 340 і 560 м. Для забезпечення безпеки робіт застосовувалася

дегазація супутників через свердловини і вироблений простір (ВМЦГ-7, другий період). Витрата повітря в очисному вибої  $786 \text{ м}^3/\text{хв}$ , а на виїмковій ділянці –  $1170 \text{ м}^3/\text{хв}$ .

Для прикладів використані шахти з різними умовами видобутку вугілля і різними схемами провітрювання виїмкових ділянок. Однак їх об'єднує одне: настає момент, коли потрібно керувати метановиділенням, бо існуюча схема провітрювання та дегазації не забезпечує необхідного рівня концентрації метану у висхідному струмені і потрібно приймати інші міри вентиляційного впливу на стан провітрювання виїмкової ділянки (не обмежуватись лише активним чи пасивним регулюванням, а змінюючи топологію ділянки ШВС, що і є відзнакою мережі, яка реконфігурується).

В той же час неможливо залишати поза увагою вплив системи дегазації на стан керування провітрюванням виїмкової ділянки в цілому. Хоча у наведених прикладах доля дегазаційних мір, на перший погляд, незначна (дивись приклад 1), однак без їх урахування можна припуститися суттєвих похибок. До того ж не можна нехтувати фактором обводненості дегазаційних трубопроводів [6,7]. У замкненому об'ємі трубопроводу (на відміну від звичайної вентиляційної виробки) накопичення вологи набуває значних розмірів, збільшуючи опір трубопроводу і якість метаноповітряної суміші, яка ним транспортується.

Методики розрахунку пропускної здібності дегазаційних трубопроводів існують, але врахування фактору обводненості у них недостатнє. В ІГТМ НАН України розроблена узагальнена методика, яка дозволяє в достатній мірі врахувати фактори обводненості та забрудненості трубопроводу. Суть її заключається у наступному.

1. Проводиться аналіз топологічної схеми шахтної дегазаційної системи. Суть етапу – виявлення ділянок системи, у які можливе поступлення води та забруднень, спроможних вплинути на аеродинамічний стан трубопроводу.

Якщо визначити число вакуум-насосів  $n$  и величину розрідження  $B_{vp}$  у входному патрубці, можна провести подальші розрахунки наступним чином.

2. Визначити розрідження  $b_{sk i}$ , концентрацію метану  $c_{sk i}$ , температуру МВС  $T_{sk i}$ , витрату метаноповітряної суміші (МПС)  $Q_{sk i}$  і метану  $q_{sk i}$  у кінцевому перетині дегазаційних свердловин, поєднаних з ділянками трубопроводами.

3. Отримання залежностей витрат МПС  $Q_{k i}$  і метану  $q_{k i}$  від абсолютного тиску  $p_{k i}$  у кінцевих перетинах ділянкових трубопроводів з урахуванням їх забрудненості місцевими і розповсюдженими відкладеннями.

4. Вибір раціональних параметрів шахтної дегазаційної системи з урахуванням технічного стану трубопроводів, рельєфу мережі і факторів, знижуючих пропускну здатність її окремих ділянок.

Абсолютний тиск у кінцевому перетині ділянки мережі визначається як

$$p_{ki}^2 = p_{ni}^2 - 1,62 \rho_i Q_{ni}^2 D^{-4} [\xi_i + \zeta_i] \rho_{ni} R_{ni} T_i,$$

де  $i$  – номер ділянки мережі;  $p_{k i}$ ,  $p_{n i}$  – абсолютні тиски МПС в початковому і кінцевому перетині ділянки, Па;  $\rho_i$  – середня щільність МПС,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $Q_{n i}$  – витрата

МПС у початковому перетині ділянки,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $T_i$  – середня температура МПС на ділянці, К;  $R_{ni}$  – газова постійна МПС у початковому перетині ділянки, Дж/(кг·К);  $\xi_i, \zeta_i$  – коефіцієнти опору тертя і місцевого гідравлічного опору, які визначаються з урахуванням забрудненості трубопроводу.

Під час відводу МПС з  $j$ -го вузла мережі величина витрат МПС і метану визначається як, відповідно,

$$Q_{i:\Gamma_{oj}} = \sum_{j:\Gamma_{\text{он},j} \cup \Gamma_{\text{уз},j}} Q_{ki};$$

$$q_{i:\Gamma_{oj}} = \sum_{j:\Gamma_{\text{он},j} \cup \Gamma_{\text{уз},j}} q_{oi},$$

де  $Q_{ki}$  – витрата МПС у кінцевому перетині ділянки,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $q_{oi}$  – витрата метану на ділянці газопроводу, яка розглядається,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Gamma_{oj}$  – множина гілок, які відводять МПС із  $j$ -го вузла;  $\Gamma_{\text{он},j}$  – множина гілок, які підводять МПС до вузла, який розглядається, з дегазаційних свердловин;  $\Gamma_{\text{уз},j}$  – множина гілок, які підводять МПС до  $j$ -го вузла з інших вузлів мережі.

Таким чином можна врахувати особливості дегазації виїмкових ділянок за умови обводненості дегазаційних трубопроводів, і вплив їх стану на комплексну дію вентиляції і дегазації у процесі керування метановиділенням на виїмковій ділянці.

На основі викладеного розроблені технічні пропозиції щодо зниження надходження метану в атмосферу за рахунок підвищення ефективності його каптажу для енергетичних потреб (на прикладі шахти ім. О.Ф. Засядька), і дана оцінка їх еколого-економічної ефективності. Показано, що генеральним напрямом скорочення негативного впливу шахтних парникових газів на навколишнє природне середовище є їх каптаж з наступним використанням як енергетичного ресурсу для КГЕС. При цьому метан перетворюється на менш шкідливий діоксид вуглецю, знижуючи при цьому екологічний ризик для навколишнього середовища [3].

В результаті проведених в умовах шахти ім. О.Ф. Засядька експериментів визначено доцільні кількість і кути направлення «кущів» свердловин, призначених для дегазації виробленого простору та запропоновано зрошення виробленого простору спеціально підготовленою сумішшю для зменшення метановиділення у рудникову атмосферу.

Слід відмітити, що звичайне, регламентоване, виділення метану у рудникову атмосферу і далі на земну поверхню не обмежується неординарними ситуаціями. Є ще й випадкове виділення метану, спровоковане раптовими його викидами. Оскільки надходження метану у гірничі виробки має випадковий характер, і його наслідки неможливо прогнозувати, а дегазаційна система шахти у початковий період викиду продовжує працювати, треба лише враховувати вплив, статистичними методами, додаткового надходження метану у вентиляційну мережу.

Обробка статистичних даних [8], які описують раптові викиди вугілля і газу

в лавах, отримані МакНДІ за 15 років з 1990 до 2005 рр., показала, що між ними існує деякий зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,5 (рис 11, жирна лінія).

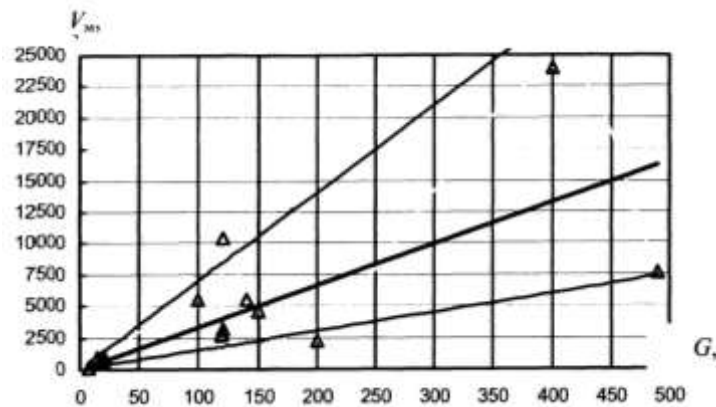


Рисунок 11 – Кореляційне співвідношення між викинутим вугіллям  $G$  і газом  $V_m$  в лавах (тонкими лініями вказаний діапазон розкиду статистичних даних)

Формула зв'язку параметрів викинутих вугілля і газу має вигляд

$$V_m = qG,$$

де  $q$  – коефіцієнт пропорційності (середнє значення –  $33 \text{ м}^3/\text{т}$ , крайні значення відповідно дорівнюють  $15$  та  $70 \text{ м}^3/\text{т}$ ), який відповідає газоносності вугілля.

У результаті обробки даних встановлено, що середньостатистична кількість вугілля  $G_{\text{сер}}$ , викинутого в лаву, дорівнює  $146 \text{ т}$ . Це дозволяє використати отримані результати, як вхідні дані для прогнозування загазування виробок під час викидів вугілля і газу у лаві. Така методика дозволить, хоча досить приблизно, оцінити зміни газового стану виробок, у яких виникає викид, і їх вплив на стан прилягаючих ділянок ШВМ, і об'єми викидів метану через вентиляційні стовбури.

Приведемо приклад розрахунку екологічної ефективності вживання розроблених заходів для шахти ім. О.Ф. Засядька за період 2012 р. Вентиляція шахти в цей період забезпечувалася роботою трьох ВГП, які змонтовані:

на західному вентиляційному стовбурі (установка вентилятора типа ВЦД-32М; продуктивністю  $Q = 10165 \text{ м}^3/\text{хв}$ . при депресії  $H = 570 \text{ мм вод. ст.}$ );

на східному вентиляційному стовбурі №1 (установка вентилятора типа ВЦД-47УМ  $Q = 12608 \text{ м}^3/\text{хв}$  при депресії  $H = 780 \text{ мм вод. ст.}$ );

на східному вентиляційному стовбурі №3 (установка вентилятора типа ВЦД-31,5  $Q = 8683 \text{ м}^3/\text{хв}$  при депресії  $H = 550 \text{ мм вод. ст.}$ );

Концентрація метану у витікаючих струменях повітря шахти знаходилася в межах значень, регламентованих Правилами безпеки. В цей період шахта працювала з продуктивністю  $A = 1591 \text{ тис. т/рік}$  при загальному абсолютному метановиділенні  $145 \text{ м}^3/\text{хв}$ . В цей період шахта утилізувала  $340\,402,52 \text{ т}$  викидів в еквіваленті  $\text{CO}_2$  або  $22\,693\,501 \text{ м}^3$  метану. В одиницях абсолютного метановиділення це приблизно складає  $43 \text{ м}^3/\text{хв}$ ; коефіцієнт уловлювання при цьому  $k_v = 43/145$ ;  $k_v = 0,3$ . Постійна складова, яка відображає викиди метану в атмосферу з

вентиляційних стовбурів під час нормальної роботи шахти визначена по формулі:

$$R = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i^b C_i^b = Q_1^b C_1^b + Q_2^b C_2^b + Q_3^b C_3^b = (12608 \cdot 0.36)/100 + (10165 \cdot 0.4)/100 + (8683 \cdot 0.2)/100 = 102, \text{ м}^3/\text{мин}$$

Одержані з використанням запропонованих технологічних прийомів показники утилізації метану на шахті ім. О.Ф. Засядька (період 2008-2013 рр) представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники утилізації метану

Рік	Всього обсяг споживання метану КГЕС, м <sup>3</sup>	Вироблено електроенергії всього на КГЕС, Мвт/год	Вироблено тепла, Гкал
2008	38247229	131893	59112
2009	38056977	132620	56508
2010	50711582	175932	74582
2011	35558157,5	122046,26	53709,15
2012	19112603,1	65666,77	31836,09
2013	10891643,85	38129,836	17222,98
Всього	274249309,16	708711,96	334426,79

В результаті впровадження способу інтенсифікації роботи дегазаційних свердловин під час довідпрацювання запасів пласта  $m_3$  ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька» очікуваний річний економічний ефект становитиме 1756,5 тис. грн (за умови використання 30 свердловин).

Технічні рішення, направлені на скорочення викидів вуглеводнів з гірничих виробок, а також витрачання традиційних видів палива або заміну їх альтернативними видами енергії, дозволяють поліпшити екологічну обстановку на прилеглий до шахти території і зменшити парникові ризики.

#### Висновки.

1. Вперше запропоновано критерій оцінки екологічного ризику функціонування високопродуктивних вугільних шахт, який диференційовано враховує обсяги емісії метану в атмосферу і метану, який каптується, а також адитивно враховує організовані і неорганізовані викиди (постійна і динамічна складові критерію) парникових газів з вугільних шахт. Використовування цього критерію дозволило дати екологічну оцінку розробленим технічним рішенням зниження викидів метану в атмосферу.

2. Вперше експериментально встановлено параболічну залежність між продуктивністю очисного вибою і кількістю метану, що виділяється з нього. Для кожного шахтопласта існує екстремум продуктивності, перевищення якого приводить до скорочення виділення метану із вибою. В умовах відпрацювання пластів  $m_3$  і  $l_1$  шахти ім. О.Ф. Засядька величина екстремуму складає 2500-3000 т/добу. Це дозволило обґрунтувати новий технологічний прийом зниження емісії парникових газів з пласта у рудникову атмосферу. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено гіперболічну залежність тривалості дегазації вуглепородного масиву від розміру блоків, які його складають, що дозволило

визначити раціональні параметри (кількості і кути напряду «кущів») дегазаційних свердловин.

3. Зниження рівня екологічного ризику викидів метану в атмосферу одержане шляхом упровадження розроблених теоретичних та технічних рішень. Для його найбільш повного зниження необхідно розробити методи оптимізації роботи дегазаційної системи з урахуванням її обводненості та забрудненості (у першому наближенні такі методи у ІГТМ НАН України вже розроблені), обґрунтування найбільш доцільних інтервалів існування та зміни схем провітрювання виїмкових ділянок (тобто вибору інтервалів реконфігурації ШВМ по газовому фактору), розрахунку, у межах можливого, впливу на аерогазодинамічний стан ШВМ несанкціонованих надходжень метану у ШВМ (під час раптових викидів вугілля і газу).

4. Очікуваний економічний ефект (невідривний від досягнення екологічних наслідків) від впровадження розроблених способів підвищення дебіту підземних дегазаційних свердловин в умовах ш. ім. О.Ф. Засядька складає 1756,5 тис.грн.

5. Соціальний ефект полягає в підвищенні екологічної безпеки функціонування високопродуктивних багатометанових вугільних шахт і створенні комфортних умов мешкання населення у вугледобувних регіонах.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Костенко, В.К. Влияние очистных работ на процесс выделения метана из породного массива / В.К. Костенко, А.Б. Бокий, Е.В. Шевченко // Известия Донецкого горного института, 2007.- №2. – С.36-43.
2. Костенко, В.К. Перераспределение метана в горном массиве под влиянием очистных работ / В.К. Костенко, А.Б. Бокий, Е.В. Шевченко / Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. - №2. – С.64-69.
3. Бокий, А.Б. Обоснование технических решений по повышению экологической безопасности подземной разработки угольных месторождений / А.Б. Бокий // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2013. -Вип. 114. –С. 287-292.
4. Совершенствование метода расчета реконфигурируемых шахтных вентиляционных систем с использованием параллельных вычислений / Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, А.Ш. Жалилов, А.Б. Бокий // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2014.- Вип.119. –С. 87-99.
5. Совершенствование метода расчета концентраций метана по сети горных выработок, включающих рассредоточенные источники метановыделения / Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, А.Ш. Жалилов, А.Б. Бокий // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2015.- Вип.120. –С. 31-43.
6. Новиков, Л.А. Газодинамика обводненных участков дегазационного трубопровода и методы расчета их параметров / Л.А. Новиков // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 120. – С. 234-243.
7. Новиков, Л.А. Повышение эффективности работы дегазационных систем угольных шахт / Л.А. Новиков, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, Б.В. Бокий // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2004. – Вып. 51. – С. 120-126.
8. Брюханов, А.М. Математическое моделирование закономерностей формирования взрывоопасной среды при внезапных выбросах угля и газа в очистных выработках / А.М. Брюханов // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2007. -Вип. 69. –С. 90-96.
9. Колесник, В.Е. Моделирование процесса распространения пылевого выброса шахтного вентилятора главного проветривания с учетом дисперсного состава и диффузии пыли / В.Е. Колесник, Л.А.



Головина // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішреклам-сервіс, 2008. - Вип. 29. – Ч.1. Межрегіональні проблеми екологічної безпеки. – С. 137-144.

#### REFERENCES

1. Kostenko, V.K., Bokiya, A.B. and Shevchenko, Ye.V. (2007), «Influence of cleansing works on the process of selection of methane from a pedigree array», *News of the Donetsk mine institute*, no 2., pp. 36-43.
2. Kostenko, V.K., Bokiya, A.B. and Shevchenko, Ye.V. (2008), «Reapportionment of methane in a mine massf under influencing of cleansing works», *Visti Donetskogo girnychogo instytutu: Vseukrayinskiy naukovno-tekhnichniy zhurnal girnychogo profilyu*, no. 2, pp.64-69.
3. Bokiya, A.B. (2013), «Substantiation of the technical decisions on the increase ecological safety of underground development of coal deposits», *Geo-Technical Mechanics*, no. 114, pp. 287-292.
4. Bunko, T.V., Kokoulin, I.Ye., Zhalilov, A.Sh. and Bokiya, A.B. (2014), «Perfection of method calculation of the re-configured mine ventilation systems with the use of parallel calculations», *Geo-Technical Mechanics*, no. 119, pp. 87-99.
5. Bunko, T.V., Kokoulin, I.Ye., Zhalilov, A.Sh. and Bokiya, A.B. (2015), «Perfection of method calculation of concentrations of methane on the network of the mine workings including the dispersed sources of methane emission», *Geo-Technical Mechanics*, no. 120, pp. 31-43.
6. Novikov, L.A. (2015), «Gfs-dynamics of water intrusion areas of decontamination pipeline and methods of calculation of its parameters», *Geo-Technical Mechanics*, no. 120, pp. 234-243.
7. Novskov, L.A., Bunko, T.V., Kokoulin, I.Ye. and Bokiya, B.V. (2004), «Rise efficiency of work of the decontamination systems of coal mines», *Geo-Technical Mechanics*, no. 51, pp. 120-126.
8. Bryukhanov, A.M. (2007), «Mathematical modelling of conformities to the law of forming of explosive environment at the sudden troop landings of coal and gas in the cleansing workings», *Geo-Technical Mechanics*, no. 69, pp. 90-96.
9. Kolesnyk, V.Ye. and Golovina, L.A. (2008), «Modelling process of distribution of the dust troop landing of mine ventilator of above all ventilation taking into account dispersion composition and diffusion of dust », *Visnyk Odeskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury*, no. 29, part 1. Mezregionalni problemy ekologichnoyi bezpeky, pp. 137-144.

#### Про авторів

**Бунько Тетяна Вікторівна**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, [bunko2007@mail.ru](mailto:bunko2007@mail.ru)

**Яценко Ігор Олексійович**, кандидат технічних наук, заступник начальника управління охорони праці, промислової безпеки, фізичного і громадянського захисту Міністерства енергетики і вугільної промисловості України, Київ, Україна.

**Бокій Олександр Борисович**, аспірант Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» України (ДВУЗ «ДонНТУ»), Донецьк, Україна, [bokiy@yahoo.com](mailto:bokiy@yahoo.com)

**Жалілов Олександр Шамільєвич**, інженер, головний механік ДП «Селідоввугілля», Селідове, Україна, [alnat01@mail.ru](mailto:alnat01@mail.ru)

**Новіков Леонід Андрійович**, молодший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, [inov71@yandex.ru](mailto:inov71@yandex.ru)

#### About the authors

**Bunko Tanyana Viktorovna**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [bunko2007@mail.ru](mailto:bunko2007@mail.ru)

**Yashchenko Igor Alekseevich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), deputy of chief of management of labour industrial safety, physical and civil defence of Ministry of energy and coal industry of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

**Bokiy Alexander Borisovich**, Doctoral student of State Higher Educational Institute «The National Technical University» of Ukraine (SHEI «DonNTU»), Donetsk, Ukraine, [bokiy@yahoo.com](mailto:bokiy@yahoo.com)

**Zhalilov Alexandr Shamilyevich**, Master of Science, Chief mechanical engineer of the state enterprise «Selidovugol», Selidovo, Ukraine, [alnat01@mail.ru](mailto:alnat01@mail.ru)

**Novikov Leonid Andriyovych**, Junior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths

**Аннотация.** Обоснован критерий оценки экологических рисков функционирования высокопроизводительных угольных шахт с использованием комплексной дегазации и последующей утилизации метана. Критерий дифференцировано учитывает объемы эмиссии метана в атмосферу и каптированного метана, а также аддитивно учитывает организованные и неорганизованные выбросы (постоянная и динамическая составляющие критерия) парниковых газов из угольных шахт. Использование этого критерия позволило дать экологическую оценку разработанным техническим решениям снижения выбросов метана в атмосферу.

Проведенные исследования и установленные закономерности перераспределения метана в углепородном массиве под действием очистных работ между производительностью очистительного забоя и его метанообильностью, гиперболическая зависимость длительности дегазации углепородного массива от размера составляющих его блоков, что позволило определить рациональные параметры (количества и углы направления «кустов») дегазационных скважин. Приведены примеры реконfigurирования структуры шахтной вентиляционной системы путем изменения схем проветривания в процессе отработки выемочного столба. Изложены основные положения расчета дегазационных систем с учетом факторов обводненности и загрязненности транспортируемой метановоздушной смеси.

**Ключевые слова:** действие метана на окружающую среду, содержание метана в угольных пластах, выбросы метана в атмосферу, дегазационные скважины, метанообильность угольных шахт, имитационное моделирование, критерий оценки экологического риска.

**Abstract.** The criterion of ecological risks estimation of high-performanced coal mines functioning with the use of the complex degassing and subsequent utilization of methane was grounded. A criterion is differently takes into account the volumes of methane emission in an atmosphere and drained methane, and also additive takes into account the organized and unorganized troop landings (permanent and dynamic constituents of criterion) of hotbed gases from coal mines. The use of this criterion allowed to give ecological estimation of developed technical decisions for decline of the troop landings of methane in an atmosphere.

Conducted researches and set conformities to the law: redistributions of methane in an coal-rock array under action of cleansing works; between productivity of cleansing face and its methane capacity, hyperbolical dependence of duration of degassing of coal-rock array on the size of making its blocks, that allowed to define the rational parameters (amounts and corners of direction of «bushes») of decontamination mining holes. The examples of re-configuration structure of the mine ventslation system by the change of charts of ventilation in the process of working off a mining post are resulted. It is expounded basic positions calculation of the decontamination systems taking into account the factors of inundation and muddiness of transported methane-air mixture.

**Keywords:** action of methane on an environment, methane yield in coal layers, troop landings of methane in an atmosphere, decontamination mining holes, methane-capacity of coal mines, imitation modelling, criterion of ecological risk estimation.

*Статья поступила в редакцию 1.06.2015*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.Г. Шевченко*