



KAPITEL 7 / CHAPTER 7¹
**RECOMMENDATIONS FOR THE PREVENTION OF SUDDEN METHANE
BREAKS FROM THE SOIL OF PREPARATION**

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-28-00-024

Вступ

В останніх класифікаціях газодинамічних явищ до них віднесені раптові руйнування порід ґрунту з проривами газу та вугілля у виробку або прориви газу з ґрунту виробки [1-6]. Незважаючи на достатню наукову та практичну опрацьованість даного питання [1-9] чіткої однозначності у черговості та порядку виконання заходів прогнозу та боротьби з цим явищем немає. Тому автори у цій статті спробували надати основні технологічні прийоми, необхідні для безпечного ведення гірничих робіт у подібних зонах.

Незважаючи на те, що раптові руйнування порід ґрунту з проривом метану у виробку віднесені до газодинамічних явищ, вони мають суттєві відмінності від них. Від раптових викидів породи вони відрізняються тим, що походять не з оголеної поверхні вибою, а на деякій відстані від вибою. Динамічне підняття порід ґрунту відбувається з їх руйнуванням у вигляді січущих тріщин, або великих брил (блоків) без відкидання їх на значну відстань. Якщо це явище відбувається у виробці, в підошві якої розташований вугільний пласт або його окремі пачки, воно відрізняється від раптового викиду вугілля і газу тим, що відсутнє тонкодисперсне подрібнення вугілля, його відкидання і винесення на значну відстань. Так, при виникненні раптового руйнування порід ґрунту в похилих виробках у ряді випадків відбувається різке виділення води та газу. У горизонтальних і похилих виробках максимальне підняття зруйнованих порід спостерігається, як правило, посередині ширини виробки. У протяжних виробках зазвичай довжина ділянки зі зруйнованою породою ґрунту в 5-6 разів більше ширини виробки. Найбільша довжина такої ділянки становила 32 м, а максимальна висота підняття – 1,7 м [18].

¹*Authors: Minieiev Serhii Pavlovykh, Nazarov Oleksandr Yevheniiovych, Kostrytsia Andrii Oleksiiiovych*



У лавах деформація порід ґрунту починається від груди вибою. Характер деформацій нагадує зсув. Тріщини, що утворюються, майже паралельні лінії вибою. Протяжність зруйнованого ґрунту в лавах досягає 90 м, а підняття – 0,4 м [8].

7.1. Опис існуючої проблеми

Як правило, характерними ознаками, що передують раптовому руйнуванню товщі порід, що залягають у підшві виробки або ґрунту пласта, слід вважати короткочасні глухі удари в глибині масиву, що переходять у сильний шум або наростаючий гул з подальшим підняттям ґрунту виробок. Раптове руйнування порід супроводжується звуковим ефектом, аналогічним вибуху або гарматному пострілу, пружними коливаннями ґрунту виробок та повітряними поштовхами [6]. При цьому в ґрунті виробки утворюється одна або кілька тріщин, орієнтованих за нормаллю або під деяким кутом до нашарування порід, в основному вздовж лінії очисного вибою і поздовжньої осі підготовчої виробки. У лавах раптовому руйнуванню порід ґрунту передують підвищення тиску на кріплення, а при застосуванні механізованого кріплення в ряді випадків виникала його вібрація. У вертикальних стовбурах раптове руйнування порід ґрунту спостерігається за кілька годин після чергового підривання шпурів. Тривалість процесу руйнування порід ґрунту, як правило, становить від кількох десятків секунд (30 с) до кількох годин (до 2 год.) [6- 8].

Джерелами газовиділення, які можуть викликати раптові прориви газу в гірничі виробки, є зони диз'юнктивних геологічних порушень довжиною до 110 м за нормаллю від площини зміщувача і газonosні пласти (прошарки) вугілля або вуглистого сланцю, розташовані в ґрунті виробки на відстані до 25 метрів по нормалі до нашарування порід. Якщо при проектуванні виробок їх проведення планується поблизу джерел газовиділення, зазначених вище, але прориви газу з ґрунту виробок у межах даного шахтного поля не відбувалися, а можливість їх



виникнення невідома, то на стадії проектування передбачається виконання прогнозу безпеки цих явищ за гірничо-геологічними даними.

Для більшого розуміння фізики обговорюваного явища розглянемо характерні випадки прояву раптових руйнувань порід ґрунту з проривом газу у виробки, що відбулися раніше.

На шахті №1 «Самсонівська» ВО «Краснодонвугілля» під час проведення заїзду на нижній приймальний майданчик бремсберга №3, що споруджується по породі буропідривним способом при підході вибою до пласту i^1_3 на глибині 706 м сталося раптове руйнування порід ґрунту із проривом газу. Пласт i^1_3 небезпечний по раптовим викидам вугілля та газу, його потужність поблизу заїзду змінювалася від 1,1 до 1,5 м, а кут його залягання – від 8° до 20° .

Явище сталося в такий спосіб. Під час буріння шпурів під ногами прохідників раптово почав підніматися ґрунт протягом 5 м за шириною виробки, при цьому найбільша висота підняття (до 1 м) була в середній її частині. Рейковий шлях був піднятий протягом 7 м від вибою, а загальна площа підняття – 27 м^2 (рисунок 1). У місці раптового підняття ґрунту утворилися дві тріщини, з яких виділявся метан, якого протягом перших 4 годин після явища виділилося більше $3,5 \text{ тис. м}^3$.

Як інший характерний приклад можна навести раптове підняття та руйнування ґрунту транспортерного штреку, що відбулося під час збирання підірваної породи 24.10.80 г на шахті «Західна» (рисунок 2).

Раптове руйнування супроводжувалося глухими ударами у глибині масиву. Концентрація метану у вихідному струмені штреку утримувалася лише на рівні $2,1\%$ протягом години. Початкова витрата метану з тріщин, що утворилися, склала близько $13 \text{ м}^3/\text{хв}$. Максимальна висота підняття ґрунту – 1,5 м, довжина – 11,4 м, площа підняття – $44,6 \text{ м}^2$. Склад ґрунту в штреку: сланець піщано-глинистий – 2,3 м, пісковик – 2 м, сланець піщано-глинистий – 3 м, сланець глинистий – 0,4 м, пісковик – 11,5 м, сланець глинистий – 5 м, вугілля – 0,3 м.

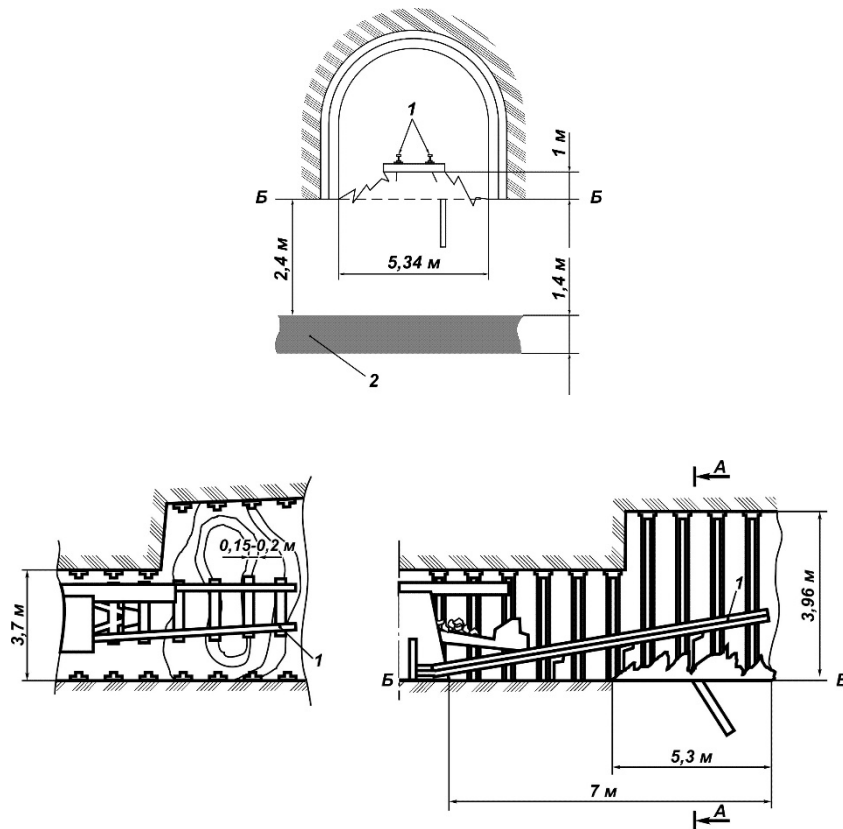


Рисунок 1 – «Ескіз раптового руйнування порід ґрунту із проривами газу в заїзд шахті «Самсонівська»: зверху – поперечний переріз заїзду; знизу - ББ - положення підшви виробки до ВРПГ; 1 - рейки колії; 2-вугільний пласт»

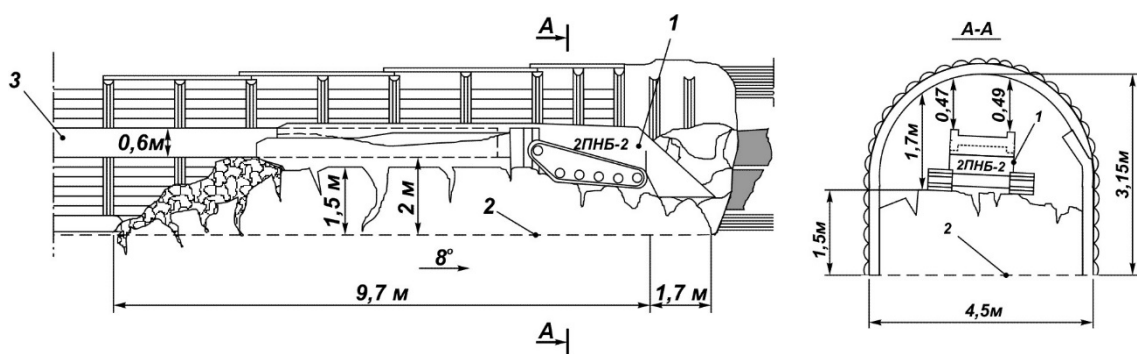


Рисунок 2 – «Ескіз раптового підняття та руйнування ґрунту в транспортерному штреку №038 шахти «Західна»: 1 - вантажна машина; 2 - положення підшви виробки до ВРПГ; 3 - вентиляційна труба»



Раніше МакНДІ, УНИМИ, ІГД ім. А.А. Скочинського, ІГТМ НАН України та іншими організаціями були розроблені рекомендації щодо технології проведення виробок у зонах небезпечних за раптовими руйнуваннями порід ґрунту з проривами метану [11]. В цілому, технологія проведення гірничих виробок, небезпечних по раптовим руйнуванням порід ґрунту з проривами метану, відрізняється тим, що до операцій прохідницького циклу, безпосередньо спрямованих на спорудження виробки, додається ще ряд операцій: це - прогноз раптових руйнувань порід ґрунту з проривом метану; способи попередження раптових руйнувань порід ґрунту з проривами метану та заходи щодо забезпечення безпечного ведення гірничих робіт. Тому при проведенні виробок у масиві гірських порід, небезпечних за раптовими руйнуваннями порід ґрунту, в першу чергу має застосовуватися прогноз раптових руйнувань порід ґрунту і тільки в небезпечних зонах, виявлених прогнозом, повинні застосовуватися заходи щодо запобігання цим явищам. Причому прогноз використовується розрахунковий та експериментальний.

Сутність розрахункового методу прогнозування, запропонованого в роботі [8, 11], полягає в розгляді товщі порід від подошви виробки до глибини, поки не зустрінеться пласт вугілля, вуглистого або глинистого сланцю. Якщо такий шар у ґрунті не виявлений, то дана виробка проводиться в умовах безпечних по раптовим руйнуванням порід ґрунту. Якщо ж зустрічається такий шар, то всі шари, розташовані над ними, приймаються як пружна плита, що лежить на пружній основі. Потім розраховується коефіцієнт постілі для даної основи і напруги, що виникають в плиті. Далі на підставі порівняння розрахункових напруг із граничними робиться висновок про можливість руйнування плити. Запропонована методика [4] дозволяє розрахувати координати та глибину руйнування плити.

Методологія експериментального прогнозу раптових руйнувань порід ґрунту та проривів газу у виробку в даний час нормативно узаконена [1]. Прогноз зазвичай виконують за допомогою спеціальної комп'ютерної програми. При цьому, за її допомогою визначають можливу глибину руйнування порід у ґрунті



виробки. h_k та наявність джерел газовиділення на цій глибині. Якщо глибина руйнування порід h_k дорівнює або більше відстані до джерела газовиділення h_e ($h_k \geq h_e$), то ця ділянка виробки відноситься до небезпечної по раптовим проривам газу. Відстань до джерела раптового прориву газу визначається за резонансною частотою акустичного спектру сигналу. Комп'ютер видає прогноз "небезпечно", якщо не менше ніж у трьох пунктах спостережень підряд в очисній виробці або у двох пунктах у підготовчій виробці відстань до джерела газовиділення буде рівною або менше глибини руйнування порід у ґрунті виробки $h_e \leq h_k$. Прогноз "небезпечно" змінюється на "безпечно" за умови $h_e > h_k$.

У небезпечних зонах по раптовим проривам газу проведення виробки здійснюють з поточним прогнозом небезпеки проривів газу та застосуванням способів запобігання цим явищам. Спосіб поточного прогнозу на відміну від застосовуваних нині регіональних способів прогнозу повинен дозволити локалізувати можливу ділянку прориву метану за довжиною виробки для ефективного застосування заходів щодо їх запобігання. [11, 12].

Поточний прогноз небезпеки раптових проривів газу здійснюють за параметрами акустичного сигналу, що збуджується ударами молотка по підшві виробки згідно з методикою, викладеною в ПБ [1]. За допомогою підземного блоку апаратури АПСС, що закріплюється в породах ґрунту, акустичний сигнал передається на поверхню та обробляється на комп'ютері спеціальною програмою. При цьому пункти збудження акустичного сигналу знаходяться рівномірно по довжині очисного вибою на відстані не більше 10 м один від одного, а в підготовчій виробці - на відстані не більше 3 м від вибою [5].

Акустичні спостереження в очисних і підготовчих виробках проводять не більше ніж через 5 м зсуву вибоїв і полягають у визначенні в кожному пункті спостережень відстані від підшви виробки до найближчого джерела газовиділення, з якого може статися раптовий прорив газу. У очисних виробках поточний прогноз вводять після відходу вибою лави не менше ніж на 20 м від розрізної печі, а в підготовчих - на такій же відстані від гирла виробки, що проводиться.



7.2. Способи запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту.

До останнього часу відомі такі способи боротьби з динамічними руйнуваннями порід ґрунту виробок: штучна дегазація вугільних пропластків (пластів) і породної товщі, розташованої в ґрунті виробки; розміцнення ґрунту; розпушування крайової частини пласта; зміна способу керування покрівлею пласта; зміна положення виробки; випереджальне відпрацювання захисних пластів та деякі інші [5]. Кожен з цих способів мав свої переваги, сферу застосування та недоліки. Подальші дослідження дозволили скоригувати ряд з цих розробок і рекомендувати до застосування при проведенні виробок безпосередньо в небезпечних зонах наступні способи запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту, які умовно можна розділити на чотири групи [13- 16]:

- способи, спрямовані на зниження тиску газу в порожнинах розшарування (захисний над-, підріток ґрунту виробки, штучна дегазація);
- спрямовані на збільшення розмірів ґрунтової плити (зміни положення виробки щодо найближчого розшарування);
- засновані на підвищенні міцності порід ґрунту (анкери і так далі);
- спрямовані на зниження напружень у породах ґрунту (торпедування і так далі).

Далі розглянемо методологію застосування цих заходів.

Спосіб запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту та проривів газу за допомогою дегазації надроблюваних пластів. При дегазації надроблюваних пластів свердловинами перебудуються породні та вугільні пласти, у тому числі порожнини розшарування, якщо вони утворюються. Наявність каналу (свердловини) не дозволяє в порожнині накопичитися газу під великим тиском. Зміною відстані між свердловинами, можна вибрати таку відстань між ними, при якому тиск, що утворюється в порожнині буде недостатнім для виникнення в породах ґрунту небезпечних скупчень метану (рисунок 1). Враховуючи технологічність способу, а також, що дегазація в даний час на Донбасі застосовується майже на всіх надкатегорійних і небезпечних по раптовим



викидам шахтах, цей спосіб може бути основним для запобігання проривам метану з пластів, що надробляються.

При проведенні виробок у небезпечних зонах із застосуванням дегазації порід ґрунту дегазаційні свердловини бурять до найближчого в ґрунті вугільного пласта (пропластка) або найближчого розшарування в розвантаженій зоні так, щоб вони повністю його перетинали і впроваджувалися в породний шар, що підстилає. Вважається, що ефективне знімання газу можливе лише в тому випадку, якщо надроблюваний вугільний пласт, повністю перебудується. [4].

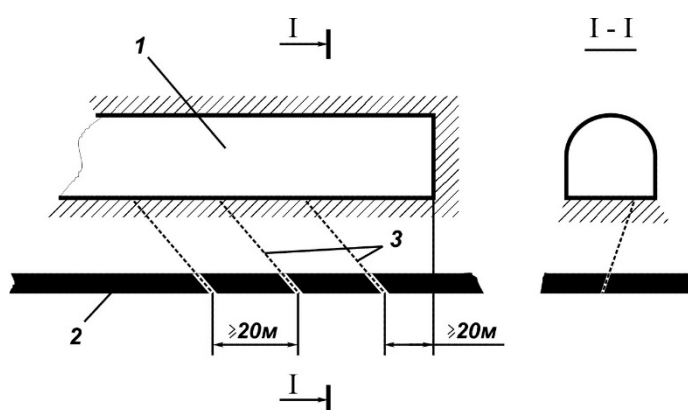


Рисунок 3 – «Схема дегазації надроблюваного пласта: 1 - виробка; 2- вугільний пропласток; 3 – свердловини»

Відстань між вибоями дегазаційних свердловин та відставання їх від вибою виробки не повинна перевищувати 20 м, а вибої свердловин не повинні виходити за контур виробки. Схема дегазації порід ґрунту під час проведення виробок наведена на рис. 3. Свердловини бурять через кожні 20 м просування виробки. В інтервалах між бурінням свердловин виробка проводиться за звичайною технологією, що відповідає конкретним гірничо-геологічним умовам.

При спорудженні камер довжиною менше 10 м дегазія порід ґрунту здійснюється, як правило, двома свердловинами. При довжині камери понад 10 м на кожні 10 м виробки необхідна додаткова свердловина дегазації.

Дегазаційні свердловини підключаються до дільничного дегазаційного трубопроводу, по якому проводиться каптаж метану, або за допомогою



стаціонарних вакуум-насосних установок, розміщених на поверхні, або шахтних пересувних установок. Буріння свердловин, їх обладнання, контроль роботи виконуються у суворій відповідності до «Керівництва з дегазації вугільних шахт» [4, 5].

У очисних, підготовчих та капітальних виробках відстань між суміжними проривами, як правило, перевищує 30 м. Це дозволило у рекомендаціях шахт прийняти відстань між вибоями свердловин для очисних вибоїв не більше 25 м, а відставання вибоїв свердловин від лінії очисного вибою – не більше 20 м. , при цьому забій кожної свердловини не повинен виходити за контур виробки.

Спосіб запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту та проривів газу за допомогою використання захисних пластів. Випереджувальне відпрацювання захисних пластів – найефективніший спосіб запобігання таким газодинамічних явищ, як раптові викиди вугілля, породи, газу. Ведення очисних робіт по пласту, що розробляється, призводить до часткового розвантаження від тиску вищележачої товщі порід під- і надроблюваних вугільних і породних пластів і збільшення їх проникності. В результаті відбувається їхня природна дегазація і знижується тиск газу до величини, при якій раптові викиди не відбуваються.

Природна дегазація підробленої чи надпрацьованої товщі порід та вугільних пластів відбувається не миттєво. Для усунення небезпеки зазвичай йде до 3-5 місяців. З достатнім запасом приймається, що для запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту час з моменту під- або надробітку повинен бути не менше 6 міс.

Можна прийняти, що захист виробки від ВРПГ забезпечується, якщо при підробітці вона віддалена від пласта, що розробляється, на відстані S_1 , при надробітку – не більше S_2 10 м, а час, що минув з моменту під- або надробітку, - не менше 6 міс. (рисунок 4). При цьому слід мати на увазі, що розмір захищеної зони в покрівлю та ґрунт, а також необхідний час встановлені аналізом на порівняно невеликій кількості об'єктів і тому вимагають уточнення.

Дослідженнями УкрНДІ були встановлені розміри захисної зони в покрівлю S_1 та ґрунт S_2 захисного пласта, які становлять 70 потужностей, що виймаються,



в покрівлю захисного пласта і 25 в ґрунт для пологих і похилих і 35 – для крутих пластів (рисунок 4) [5, 17].

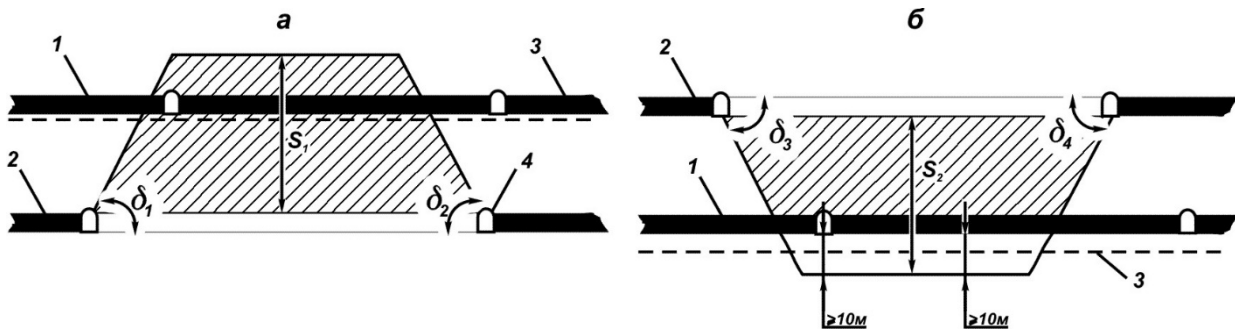


Рисунок 4 – «Межі зон захисту від прориву метану в шахтні виробки з гірничого масиву при його підробітку (а) та надробітку (б): 1- вугільний пласт, що підлягає відпрацюванню або за яким намічено проведення виробок; 2-захисний пласт; 3-потенційне джерело газовиділення; 4- підготовча виробка (δ_1 - δ_4 - кути захисту)»

Виробка вважається захищеною від раптових руйнувань породи ґрунту тоді, коли її підшва знаходиться не менше ніж на 10 м вище за нижню межу зони захисту, а з моменту під- або надробітку пройшло не менше 6 місяців. Значення кутів захисту (δ_1 , δ_4) при підробітку або надробітку табульовані в існуючій довідковій та нормативній літературі [2, 5, 7].

Побудова захищених зон ведеться з обов'язковим обліком зон підвищеного гірського тиску (ПГТ) від ціликів, що залишаються на захисному шарі. У захищеній зоні проведення виробок здійснюється за звичайною технологією.

Спосіб запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту і проривів газу шляхом зміни положення виробки по відношенню до нижченаведеного пласта. Збільшення товщини плити, балки (потужності порід між ґрунтом виробки та найближчим розшаруванням) при постійному тиску газу та геометрії виробок призводить до зменшення напруг, що виникають у породах ґрунту. При веденні очисних робіт збільшити відстані до найближчого розшарування неможливо.



При проведенні підготовчих і капітальних виробок, а також спорудженні камер, змінюючи їх положення по відношенню до надроблюваного пласта, у ряді випадків можна збільшити величину міжпластя h (товщу плити, балки) до величини, при якій у породах ґрунту небезпечна напруга не може розвинутиись [11- 18].

Таким чином, при проведенні підготовчих і капітальних виробок для запобігання ВРПГ можна рекомендувати зміну положення виробки по відношенню до пласта, що надроблюється (рисунок 5). При невеликій відстані між ґрунтом виробки і надпрацьовуваним вугільним пластом (до 1,5 м) можна здійснювати підрижку ґрунту аж до ґрунту надроблюваного пласта. (рисунок 5).

У ряді випадків попередження раптових руйнувань порід ґрунту може бути досягнуто шляхом зміни положення виробки щодо найближчого розшарування. Якщо прогнозом встановлено можливість руйнування порід ґрунту виробки на глибині h_k , то розташовувати виробку слід таким чином, щоб відстань від підшови виробки h до найближчого розшарування перевищувала h_k , або, щоб вугільний пропласток, що залягає в ґрунті, при проведенні виробки виймався на повну потужність. Описані технологічні схеми проведення виробок із застосуванням способів запобігання раптовим руйнуванням порід ґрунту пройшли промислову перевірку на шахтах Донбасу і в даний час застосовуються.

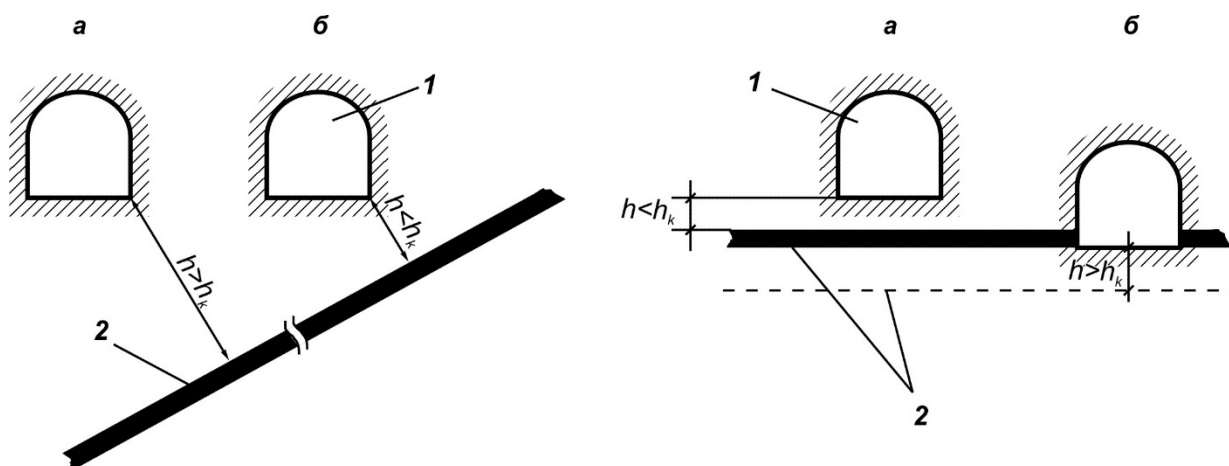


Рисунок 5 – «Безпечне (а) та небезпечне (б) розташування виробок в умовах пологого та похилого залягання вугільних пластів: 1- підготовча виробка; 2-потенційне джерело газовиділення; h_k – критична відстань»



Зменшення ширини виробленого простору, розвантаженого від тиску вищележачої товщі порід або ширини виробок при фіксованому тиску газу в порожнині, може знизити напругу до безпечних величин. Однак за умовами технологій часто зменшувати ширину виробки неможливо. Зменшити ширину виробленого простору, розвантаженого від тиску вищележачої товщі порід, можливо. Це може бути досягнуто за допомогою застосування, наприклад, щільної закладки виробленого простору, залишання у виробленому просторі багать з жорстких, непіддатливих матеріалів (металевих, залізобетонних, бетонних і т.п.) по досить густій сітці або застосування камерно-стовпових систем розробки. Застосування цих способів можливе, проте вони не технологічні, трудомісткі і не можуть конкурувати з іншими способами, як, наприклад, дегазацією пластів, що надробляються, під- і надробітком та інших. Тому вони не знайшли широкого застосування. В даний час широко відомі і застосовуються способи зміцнення порід, наприклад, за допомогою тампонажу, закачування породи через свердловини різних полімерів, цементних або глинистих сумішей, застосування анкерів та інше. Однак ці способи вимагають буріння густішої сітки свердловин, ніж для дегазації і вони не мають переваг у порівнянні з іншими можливими способами.

7.3. Прогноз небезпеки проривів метану з ґрунту виробок.

Останнім часом ІГТМ НАН України для умов шахтоуправління «Покровське» було розроблено рекомендації щодо прогнозу небезпеки раптових руйнувань порід ґрунту виробки та проривів метану. [19].

Як приклад розглянемо ці рекомендації на прикладі підготовчої виробки вентиляційний хідник розвантажувальної лави №1 центральної панелі блоку №11 по вугільному пласту d₄. Для їх розробки був використаний гірничо - геологічний прогноз про детальну розвідку шахти та матеріали геологічної документації гірничих виробок, що оконтурюють лаву.



Згідно з гірничо-геологічним прогнозом вугільний пласт d_4 на ділянці ведення робіт має просту та складну будову. Складається з трьох вугільних пачок, розділених поміж собою прошаром алевроліту потужністю 0,04 – 0,08м. Вугілля - чорне, напівблискуче, смугасте за рахунок напівматових різностей, злам нерівний, за нашаруванням раковистий, місцями з рідкими пірітними лінзами.

За даними геологорозвідувальних свердловин сумарна геологічна потужність вугільного пласта d_4 коливається в межах 1,59 – 1,95 м. Природна газоносність вугільного пласта на ділянці ведення робіт становить 10,0 – 15,0 м³/т.с.б.м. Вугільний пласт на ділянці проведення виробки віднесений до викидонебезпечного та небезпечного за раптовими видавлюваннями вугілля.

На основі уявлень про механізм руйнування масиву розроблено фізичну та математичну моделі раптових руйнувань підосви гірничих виробок із проривом у них метану. Відповідно до прийнятої в «Інструкції ...» фізичної моделі, розташовані нижче підосви виробки шари пружних порід (пісковик, алевроліт) розглядаються як защемлена плита, що також лежать на пружній, але більш м'якій основі (вугілля, вуглисті або глинисті сланці). В результаті опорного та газового тиску в масиві плита прогинається у бік виробленого простору та імпульсно руйнується з можливим проривом метану у виробку.

Прогноз раптових проривів метану із підосви вентиляційного хідника розвантажувальної лави №1 центральної панелі блоку №11 для умов ПрАТ «Шахтоуправління «Покровське», зроблений на ПЕОМ за спеціально розробленою програмою відповідно до «Інструкції з прогнозу та попередження раптових проривів метану із підосви гірничих виробок». Вихідні дані для виконання прогнозу надані шахтою.

На підставі виконаних досліджень, Інститут вважає, що підготовча виробка вентиляційний хідник розвантажувальної лави №1 центральної панелі блоку №11 на ПрАТ «ШУ «Покровське» поза зонами диз'юнктивних порушень є безпечним за раптовими проривами метану з підосви виробки.



Висновки

1. В даний час найбільш ефективним для будь-яких гірничо-геологічних умов є метод запобігання розглянутих явищ, заснований на дегазації масиву, що надробляється, за допомогою буріння свердловин. Однак при розробці нового ефективного способу поточного прогнозу проривів метану з'явиться можливість локалізувати небезпечні ділянки по довжині виробки або виїмкової ділянки, що вимагатимуть застосування інших локальних способів запобігання цим явищам. Тому розробка нових методів прогнозу та боротьби з раптовими проривами метану з ґрунту необхідний напрямок для досліджень та технологічних рішень..

2. Для умов шахтоуправління «Покровське» по підготовчий виробці вентиляційний хідник розвантажувальної лави №1 центральної панелі блоку №11 було виконано ряд розрахунків, в результаті яких були отримані комп'ютерні висновки про те, що досліджувана виробка безпечна за проривами метану з ґрунту.