

ДЕЯКІ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ ГАЗООБІЛЬНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ УКРАЇНИ

¹Мінєєв С.П., ²Самохвалов Д.Ю., ¹Костриця А.О., ³Лисняк С.С., ⁴Філатьєва Е.М.,
⁴Шиповський І.Є.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, ²Управління Держпраці України, ³ДВГРС України, ⁴Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ ГАЗООБИЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ УКРАИНЫ

¹Минеев С.П., ²Самохвалов Д.Ю., ¹Кострица А.А., ³Лисняк С.С.,
⁴Филатьева Э.Н., ⁴Шиповский И.Е.

¹Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, ²Управление Гоструда Украины, ³ГВГСС Украины, ⁴Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

SOME ISSUES OF MONITORING AND DETERMINING THE CATEGORY OF GAS ACTIVITY OF COAL MINES OF UKRAINE

¹Minieiev S.P., ²Samokhvalov D.Yu., ¹Kostritsia O.O., ³Lysnyak S.S., ⁴Filatyeva E.M.,
⁴Shypovskiy I.Ye.

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Science of Ukraine, ²Office of State Labor of Ukraine, ³SPMS of Ukraine, ⁴Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Анотація. У статті розглянуто ведення гірських робіт в шахтах при розробці високогазоносних вугільних пластів. В процесі їх відпрацювання з вугільних пластів і вміщуючих порід виділяється метан та інші гази, здатні горіти і утворювати з повітрям вибухові суміші. В залежності від характеру і інтенсивності метановиділення для забезпечення вибухопожежобезпеки в підземному просторі необхідно застосування комплексу додаткових заходів. Тому, при веденні гірських робіт на вугільних шахтах, обов'язково визначають вміст шкідливих газів шахтного повітря і встановлюють категорію шахти за метаном. За допомогою стаціонарної автоматичної апаратури і приладів періодичної дії у процесі цих робіт визначають: склад, швидкість, температуру і вологість повітря, вміст метану і вуглекислого газу. Особлива увага приділяється контролю і виявленню шарових і місцевих скупчень метану в гірничих виробках шахти. Останнє особливо актуально, оскільки гірничі виробки в шахтах зазвичай провітрюються турбулентними повітряними потоками. Однак метан, що виділяється у виробці, перемішується з повітрям не відразу, а тільки через деякий час на відстані від джерела метановиділення, де його концентрація в перетині вентиляційних струменів вирівнюється.

В результаті моніторингу і виконаних досліджень була наведена уточнена методика вимірювань при визначенні газоносності вугільного пласта і встановлення фактичної категорійності шахт за метаном. Наведені результати перевірки багатогазовості деяких шахт України та встановлення категорії за метаном. Крім цього, було вивчено і надано конкретне роз'яснення оцінки аерогазодинамічного стану вуглепородного масиву. Розглянуто, як приклад, деякі елементи розрахунку метанобільності шахти «Алмазна» ПСП «ШУ «Добропольское» ТОВ «ДТЕК «Добропіллявугілля» на 2021 рік. Так, шахта «Алмазна» з 2019 року віднесена до надкатегорних за метаном з відносною метановиділення 16,34 м³/т.с.д. В даний час, на шахті відпрацьовується пласт I₁ в 3-й північній лаві гор. 550 м. Пласт I₁ вибухонебезпечний за вугільним пилом і не схильний до самозаймання. Наведені дані за телеметричною інформацією за серпень 2020 року по 1-й північній лаві пласта I₁ гор. 550 м.

Ключові слова: моніторинг, метан, вугільний пласт, категорія шахти за метаном, газоносність, вибухопожежобезпека

Вступ. Під час ведення гірничих робіт на сучасних глибинах в шахтах зазвичай розробляються високогазоносні вугільні пласти, які, як правило, ще і викидонебезпечні. В процесі їх відпрацювання з вугільних пластів і вміщуючих порід виділяється метан та інші гази, здатні горіти і утворювати з повітрям вибухові суміші. Останнє викликає необхідність, в залежності від характеру і

інтенсивності метановиділення, застосування комплексу додаткових заходів щодо забезпечення вибухопожежобезпеки в підземному просторі [1, 5]. Тому при веденні гірничих робіт на вугільних шахтах, обов'язково визначається склад газів шахтного повітря і встановлюється категорія шахти за метаном [6- 9].

На момент аварій порядок перевірки складу повітря встановлюють відповідальні керівники від шахти і керівник гірничорятувальних робіт від ДВГРС. Методика, порядок і місця Розташування вимірювальних пунктів встановлюються, відповідно до вимог [7]. У процесі цих робіт визначають: склад, швидкість, температуру і вологість повітря, вміст метану і вуглекислого газу за допомогою стаціонарної автоматичної апаратури і приладів періодичної дії. Особлива увага приділяється контролю і виявленню шарових і місцевих скупчень метану в гірничих виробках даної шахти [10, 11]. Останнє особливо актуально, оскільки гірничі виробки в шахтах зазвичай провітрюють турбулентними повітряними потоками. Однак метан, що виділяється у виробку, перемішується з повітрям не відразу, а тільки через деякий час на відстані від джерела метановиділення, де його концентрація в перетині вентиляційних струменів вирівнюється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки виконано досить багато досліджень з оцінки газоносності, характеристик індикаторних газів, шарових і місцевих скупчень метану в звичайній обстановці і при ліквідації наслідків аварій в шахті, а також проаналізовані небезпеки при виконанні цих робіт [1, 11-16]. Досить часто при проведенні роботи в подібних умовах відбуваються вибухи метаноповітряних сумішей, які призводять до аварій з важкими наслідками [17-20].

Тому при виконанні зазначених вище досліджень необхідно досить детально враховувати параметри фільтрації газів у вуглепородному масиві, наявність вільного і сорбованого метану в вугіллі, реалізацію спалахів і причини вибухів метаноповітряної суміші, зрушення масиву, властивості міцності вугілля і інші фактори, які призводять до вибухів та пожеж [2, 17-24]. Після аварії на шахті працює експертна комісія, яка і встановлює остаточну причину її реалізації [25].

Визначення газовості та встановлення категорії шахт за метаном, як правило, проводять на підставі систематизації і обробки результатів перевірки складу і вимірювання витрат повітря, що виконують відповідно до вимог [7] і даних телеінформації датчиків стаціонарної апаратури контролю вмісту метану і витрат повітря, встановлених у вихідних (вхідних) вентиляційних струменях виїмкових дільниць вугільної шахти.

Мета статті (постановка завдання). Мета даної статті – уточнення методики вимірювань при визначенні газоносності конкретного вугільного пласта і встановлення фактичної категорійності шахт за метаном.

Методи дослідження. Вимірювання концентрації метану в встановлених місцях (пунктах) визначають за допомогою стаціонарної автоматичної апаратури і приладів періодичної дії. Опрацювання результатів вимірювання виконують за наступною методикою. Витрата газу, що проходить у пункті при кожному вимірюванні:

$$I_i = 0,01Q_iC_i, \quad (1)$$

де Q_i – витрата повітря в пункті вимірювання, м³/хв; C_i – концентрація газу в повітрі у пункті вимірювання, %.

При автоматичному телеконтролі вмісту метану середню за місяць витрату газу I_{mi} , (м³/хв.) у вихідному струмені виїмкової дільниці визначають за формулою:

$$I_{mi} = 0,01 \frac{\sum_{k=1}^{n_g} Q_{ki}}{n_g} \times \frac{\sum_{j=1}^{n_m} C_{mj}}{n_m}, \quad (2)$$

де Q_{ki} – витрата повітря в пункті вимірів, м³/хв; n_g – кількість вимірювань витрат повітря за місяць; n_m – кількість визначень середніх за добу концентрації метану апаратурою АГК протягом трьох місяців; C_{mj} – кількість середніх за добу значень концентрації метану за даними телеінформації, що видається апаратурою АГК, %.

При контролі вмісту метану переносними приладами середню за місяць витрату газу I_{mi} , (м³/хв) у вихідному струмені виїмкової дільниці визначають за формулою:

$$I_{mi} = 0,01 \frac{\sum_{k=1}^{n_g} \bar{Q}_{ki}}{n_g} \times \frac{\sum_{j=1}^{n_n} \bar{C}_{nj}}{n_n}, \quad (3)$$

де \bar{C}_{nj} – середня за добу концентрація метану за даними переносних приладів, %; n_n – кількість визначень середньодобової концентрації метану за даними переносних приладів протягом трьох місяців.

Слід зазначити, що у формули (2) і (3) підставляють значення витрат повітря Q_k із вентиляційного журналу, значення середньої за добу концентрації C_{mi} у формулу (6) – із Журналу оператора АГК, а середню за добу концентрацію C_{ni} у формулу (3) – із Книги вимірів метану й обліку загазувань [7, 26].

При автоматичному телеконтролі витрат повітря у формули (2) і (3) замість Q_k підставляють середні за добу значення витрат повітря у вихідному струмені виїмкової дільниці за даними Журналу оператора АГК, а замість n_g – кількість середніх за добу значень витрат повітря за даними телевимірювань протягом місяця. Середня за рік (місяць) витрата газу в пункті вимірювання обчислюється за формулою:

$$\bar{I}_i = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}, \quad (4)$$

де $\sum I_i$ – сума витрат газу, яка визначена за результатами всіх вимірювань, проведених у даному пункті протягом року (місяця), м³/хв; n – кількість визначень I_i за рік (місяць), які прийняті до розрахунку.

Якщо при визначенні витрат газу значення $I = 0$, то таке вимірювання в розрахунок не приймають.

Витрата метану в дегазаційному трубопроводі при окремому вимірюванні обчислюється таким чином:

$$I_{mp} = \sum I_{ck}, \quad (5)$$

де $\sum I_{ck}$ – сума витрат метану, який відсмоктується з кожної свердловини, м³/хв.

Значення I_{ck} беруть із Книги обліку роботи дегазаційних свердловин, передбаченої [7], а середня за рік (місяць) витрата метану в дегазаційному трубопроводі обчислюється за формулою:

$$\bar{I}_{mp} = \sum_{i=1}^{n_{mp}} I_{mpi} / n_{mp}, \quad (6)$$

де $\sum I_{mp}$ – сума витрат метану в дегазаційному трубопроводі за окремими вимірюваннями протягом року (місяця), м³/хв; n_{mp} – кількість вимірювань у дегазаційному трубопроводі протягом року (місяця).

Середня витрата газу, що виділився у виробку або її частину на ділянці між пунктами вимірювань:

а) за відсутності розгалужень або злиття вентиляційних струменів між двома крайніми пунктами вимірювання:

$$\bar{I}_e = \bar{I}_k - \bar{I}_n, \quad (7)$$

де \bar{I}_e – середня витрата газу, що виділився у виробку між кінцевими пунктами вимірювань, м³/хв; \bar{I}_k і \bar{I}_n – середня витрата газу в пунктах вимірювань, які розташовані відповідно на початку та кінці виробки (або її ділянки), рахуючи за ходом вентиляційного струменя, м³/хв; визначається за формулою (4);

б) за наявності розгалужень або злиття вентиляційних струменів між крайніми пунктами вимірювань:

$$\bar{I}_e = \bar{I}_k - \bar{I}_n - \sum \bar{I}_{np} + \sum \bar{I}_{vid}, \quad (8)$$

де $\sum \bar{I}_{vid}$, $\sum \bar{I}_{np}$ – сумарна витрата газу, відповідно віднесеного з виробки і принесеного до неї струменями, що відгалужуються і зливаються, які розташовані між початковими і кінцевими пунктами, м³/хв.

При визначенні газовості виїмкової дільниці, шахтопласта й шахти за рік. Середня абсолютна газовість виїмкової дільниці:

$$\bar{I}_{dil} = \bar{I}_{dil.f} + \bar{I}_{d.3} + 0,45\bar{I}_{d.n} + \bar{I}_{d.e} + \bar{I}_{d.nl} + \bar{I}_{e.om}, \quad (9)$$

де $\bar{I}_{dil.f}$ – середнє фактичне газовиділення у виробках виїмкової дільниці, м³/хв; визначають за формулою [4]; 0,45 – коефіцієнт, що враховує вплив дегазації на збільшення витрат каптованого метану свердловинами, які пробурені з поверхні; $\bar{I}_{d.3}$, $\bar{I}_{d.n}$, $\bar{I}_{d.e}$, $\bar{I}_{d.nl}$ – середня витрата метану, каптованого дегазаційною установкою відповідно зі зближених пластів підземними і поверхневими свердловинами, виробленого простору і пласта, який розробляється, м³/хв; визначається за

формулою (6); $\bar{I}_{в.от}$ – середня витрата метану, що відводять трубопроводом або виробкою, яку не підтримують (дренажною) за межі виїмкової ділянки, м³/хв

$$\bar{I}_{в.от} = \bar{I}_{к.зМ1} - \bar{I}_{к.зМ2}, \quad (10)$$

$\bar{I}_{к.зМ1}, \bar{I}_{к.зМ2}$ – середня витрата метану в 15-20 м за і перед змішувальною камерою, м³/хв.

Тоді, середня абсолютна газовість шахтопласта буде:

$$\bar{I}_{шт} = \sum \bar{I}_{шт.вих} + \sum (\bar{I}_{д.з} + 0,45\bar{I}_{д.н} + \bar{I}_{д.в} + \bar{I}_{д.пл}), \quad (11)$$

де $\sum \bar{I}_{шт.вих}$ – сума середньої витрати газу у вихідних струменях шахтопласта, м³/хв, яку визначають за формулою (4); $\sum (\bar{I}_{д.з} + 0,45\bar{I}_{д.н} + \bar{I}_{д.в} + \bar{I}_{д.пл})$ – сума середньої витрати метану, що відсмоктують дегазаційними установками з виробок шахтопласта, м³/хв.

Середня абсолютна газовість шахти:

$$\bar{I}_{ш} = \sum \bar{I}_{ш.вих} + \sum (\bar{I}_{д.з} + 0,45\bar{I}_{д.н} + \bar{I}_{д.в} + \bar{I}_{д.пл}), \quad (12)$$

де $\sum \bar{I}_{ш.вих}$ – сума середньої витрати газу у вихідних струменях шахти, м³/хв, визначають за формулою (4); $\sum (\bar{I}_{д.з} + 0,45\bar{I}_{д.н} + \bar{I}_{д.в} + \bar{I}_{д.пл})$ – сума середньої витрати метану, що відсмоктують дегазаційними установками, м³/хв.

Виклад основного матеріалу. Встановлення категорії шахти за метаном виконується наступним чином з використанням викладених вище методики і методів досліджень. Категорію шахти за метаном встановлюють за величиною відносної метановості, та шахти, де були випадки місцевих (шарових) скупчень, спалахів або випадків вибухів метану. Причому, якщо дві або декілька шахт об'єднані в одну вентиляційну систему, то для них встановлюють єдину категорію за метаном. Як відомо, відносну метановість діючих шахт встановлюють щорічно в січні за результатами опрацювання щомісячних вимірювань, проведених відповідно до вимог [7]. Причому, відносну газовість шахти, горизонту, шахтопласта та виїмкової ділянки визначають за формулою:

$$q = \frac{1440 \sum_{i=1}^{n_i} \bar{I}_i N_i}{\sum_{i=1}^{n_i} A_i} k_3, \quad (13)$$

де n_i – кількість місяців роботи об'єкта протягом року; \bar{I}_i – витрата газу на об'єкті (видобувній ділянці, крилі, горизонті, шахтопласті та шахті) в i -му місяці, м³/хв; величину \bar{I}_i визначають за формулами (9), (11), (12); N_i – кількість фактично відпрацьованих днів у місяці з видобутку вугілля; A_i – видобуток вугілля на об'єкті за кожний місяць у минулому році, т; k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив зольності гірничої маси, що добувають, на зміну відносної газовості; для

виїмкових дільниць визначають за формулою (14), а для інших об'єктів приймають рівним одиниці.

$$k_3 = \frac{100 - A_{пл}}{100 - A_{г.м}}, \quad (14)$$

де $A_{пл}$ – пластова зольність вугілля (зольність вугільних пачок), %; $A_{г.м}$ – середня фактична зольність гірничої маси, що добувають, %.

Для встановлення категорії діючої шахти за метаном приймають найбільшу відносну газовість виїмкової дільниці, крила, шахтопласта або шахти в цілому. Причому шахти, які будують, або діючі, незалежно від величини відносної метановості переводять в III категорію, де були випадки місцевих (шарових) скупчень, спалахів або випадків вибухів метану та в надкатегорійную, якщо в її виробках відбувається суфлярне виділення або прорив метану.

При переведенні шахт у надкатегорні з причини суфлярного виділення метану, суфляром слід вважати газовиділення з видимих тріщин, шпурів або свердловин, що розкривають тріщинуваті породи, величиною $1 \text{ м}^3/\text{хв}$ і більше на ділянці виробки довжиною не більше 20 м; суфляри у квершлагах або інших виробках при їх підході до пластів або пропластків вугілля до уваги не приймають.

До небезпечних за суфлярами відносять пласт, на якому під час проведення виробок мали місце суфляри експлуатаційного походження (виділення метану із суміжних пластів і пропластків тріщинами, що утворюються в гірничих породах у результаті їх зрушування при проведенні виробок).

У разі виникнення суфлярів у місцях геологічних порушень небезпечними за суфлярними виділеннями вважають всі пласти в межах шахтного поля.

Шахти, що передані на ліквідацію, зберігають ту категорію за метаном, яка була перед їх ліквідацією протягом одного року.

Крім зазначених розрахунків, для визначення категорії шахти за метаном додатково використовують такі дані [6, 7, 26]:

а) категорія шахти за метаном та її абсолютна і відносна газовість (за метаном і діоксидом вуглецю (вуглекислим газом) у попередньому році;

б) середньорічна витрата метану, який відсмоктувався дегазаційними установками, $\text{м}^3/\text{хв}$;

в) небезпечність шахти за вугільним пилом;

г) відомості про те, чи мали місце коли-небудь у виробках шахти суфлярні виділення й прориви метану, та дані про їх витрати і кількість за минулий річний період;

г) відомості про те, чи відбувалися коли-небудь у виробках шахти раптові викиди вугілля і газу та викиди породи;

д) відомості про те, чи мали місце коли-небудь у виробках нафтогазовиявлення, а також перелік діючих підготовчих виробок і виїмкових дільниць, небезпечних за нафтогазовиявленнями.

На підставі зазначених вище матеріалів керівник (або замісник) органу Держгірпромнагляду і керівник організації, до складу якої входять шахти, спільним наказом встановлюють категорії шахт за метаном. Один екземпляр наказу шахта

України повинна надсилати до ІГТМ НАН України. А у разі виявлення метану в діючих виробках шахти, яка вважалася негазовою, останню негайно переводять у категорію газових за метаном, і обов'язково здійснюють відповідний газовий режим. У разі появи у виробках шахти раптових викидів вугілля і газу, викидів породи або суфлярних виділень шахту негайно переводять у відповідну категорію.

Для більш конкретного роз'яснення оцінки аерогазодинамічного стану вуглепородного масиву розглянемо, як приклад, деякі елементи розрахунку метанобільності шахти «Алмазна» ПСП «ШУ «Добропольское» ТОВ «ДТЕК «Добропіллявугілля» на 2021 рік [26]. Шахта «Алмазна» з 2019 року віднесена до надкатегорних за метаном з відносною метановістю 16,34 м³/т.с.д. В даний час, на шахті відпрацьовується пласт l_1 в 3-й північній лаві гор. 550 м. Пласт l_1 вибухонебезпечний за вугільним пилом і не схильний до самозаймання. Дані за телеметричною інформацією за серпень 2020 року по 1-й північній лаві пласта l_1 гор. 550 м наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Данні за телеметричною інформацією в 1-й північній лаві пласта l_1 гор. 550 м

Число місяця	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
СН ₄	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9

Число місяця	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
СН ₄	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9

Використовуючи дані табл. 1 визначимо за формулою (2) абсолютну метановість у вихідному струмені 1-ої північної лави (I_{mi}).

$$I_{mi} = 0,01 \frac{\sum_{k=1}^{n_g} Q_{ki}}{n_g} \times \frac{\sum_{j=1}^{n_m} C_{mj}}{n_m} = 0,01 \cdot \frac{1263 + 1268 + 1456}{3} \cdot \frac{25,1}{31} = 10,76 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Визначимо каптаж метану поверхневою дегазацією:

$$I_{\text{дер}} = 0,01 \times (38 + 38 + 38)/3 \times 39,0/3 = 4,94 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Середня абсолютна метановість буде визначатися згідно [7, 9] і становитиме:

$$I_{\text{ср.}} = 10,76 + 4,94 + 15,70 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Далі визначається відносна метановість по ділянці 1-ої північної лави вугільного пласта l_1 гор. 550 м за формулою (13).

$$q = \frac{1440 \sum_{i=1}^{n_i} \bar{I}_i N_i}{\sum_{i=1}^{n_i} A_i} k_3 = \frac{1440 \cdot 15,70 \cdot 31}{54000} \cdot 1,16 = 15,06 \text{ м}^3/\text{т.с.д.}$$

Розрахунок абсолютної і відносної газовості зробимо аналогічно, як для даної шахти, так і для інших шахт, зокрема: шахти «Добропілля» та «Білицька» ПСП

«ШУ «Добропольское» ТОВ «ДТЕК «Добропіллявугілля»; шахти «Центральна», «Капітальна» і №5/6 ГП «Мірноградвугілля»; шахта «Степова» ГП «Львіввугілля». Отримані дані зведемо в вигляді даних за багатогазовістю шахт та встановлення категорії за метаном в табл. 2.

Таблиця 2 – Данні про газівість та категорії за метаном деяких вугільних шахт

№ п/п	Назва шахти	Категорія у минулому 2020 році	Середня абсолютна багатогазовість шахти з урахуванням каптованого метану, м ³ /хв		Середньорічна витрата метану, відсмоктуваного дегазаційною установкою, м ³ /хв	Середньодобовий видобуток шахти протягом року, т	Відносна багатогазовість шахти, м ³ /т		Небезпе-чність за пилом	Чи мають місце суфлярні виділення або прориви метану	Небезпе-чність за раптовими викидами	Встановлена ка-тегорія за мета-ном на 2018 рік
			за CH ₄	за CO ₂			за CH ₄	за CO ₂				
1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	шх. Добро-пільська, ШУ Добро-пільське	Надкате-горна	25,4	-	11,4	3182,0	16,2	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	Надкатегорна
2.	шх. Алма-зна, ШУ Добро-пільське	Надкате-горна	19,56	-	3,38	2489,0	15,06	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	Надкатегорна
3.	шх. Біли-цька, ШУ Добро-пільське	III	1,5	-	-	0,0	0,0	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	III
4.	шх. Сте-пова, ГП Львіввугілля	Надкате-горна	49,1	-	-	-	51,0	-	небез-печна	небезпечна	небез-печна	надкатегорна
5.	шх. Межі-ринська, ГП Львіввугілля	Надкате-горна	8,78	-	-	817,0	15,47	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	надкатегорна
6.	шх. Лісова, ГП Львіввугілля	Надкате-горна	19,4	-	-	760,0	44,48	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	надкатегорна
7.	шх Центра-льна, ГП Мірноград-вугілля	Надкате-горна	4,10	-	-	42,88	46,0	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	надкатегорна
8.	шх. Капіта-льна, ГП Мірноград-вугілля	Небез-печна по рапто-вим ви-кидам	18,84	-	3,79	1193	73,19	-	небез-печна	Ні/Ні	небез-печна	небезпечна за раптовими ви-кидами
9.	шх. №5/6, ГП Мірноградвугілля	Надкате-горна	2,3	-	-	19,8	124,5	-	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	надкатегорна
10.	шх. Дніп-ровська, ДТЕК Пав-лоградвугілля	Надкате-горна	20,38	0,72	Дегазація не застосову-ється	-	8,42	0,07	небез-печна	Ні/Ні	безпечна	Надкатегорна

Обговорення результатів. Результати перевірки багатогазовості шахт та встановлення категорії за метаном, які затверджені спільним наказом Держпраці і підприємством, приведені в табл. 2.

Шахти, які розробляють кам'яне вугілля та антрацити з об'ємним виходом летких речовин менш ніж 165 мл/г сухої беззольної маси і віднесені до небезпечних за метаном, можуть бути переведені у негазові або знижена категорія, якщо протягом 3-х років у них не виявлено виділення метану або виявлено зниження значення відносної метановості за цей період.

Шахти, які були переведені у відповідні категорії за метаном після ГДЯ або суфлярних виділень, випадків місцевих (шарових) скупчень, спалахів, вибухів метану, мають можливість зниження їх категорії за метаном за визначенням

організації, до складу якої входить підприємство та орган Держпраці на основі висновку ІГТМ НАНУ.

Можливість переведення таких шахт у негазові або зниження їх категорії за метаном визначає організація, до складу якої входить підприємство, та орган Держпраці на основі висновку ІГТМ НАНУ. Переведення шахти в негазову або зниження категорії шахти за метаном встановлює спільний наказ організації, до складу якої входить шахта, та орган Держпраці України.

Висновки. 1. Наведена уточнена методика вимірювань при визначенні газоносності конкретного вугільного пласта і встановлення фактичної категорійності шахт за метаном.

2. Вивчено і представлено конкретне роз'яснення оцінки аерогазодинамічного стану вуглепородного масиву. Розглянуто, як приклад, деякі елементи розрахунку метанообільності шахти «Алмазна» ПСП «ШУ «Добропольское» ТОВ «ДТЕК «Добропіллявугілля» на 2021 рік. Так, шахта «Алмазна» з 2019 року віднесена до надкатегорних за метаном з відносним метановиділенням $16,34 \text{ м}^3/\text{т.с.д.}$ В даний час на шахті відпрацьовується пласт l_1 в 3-й північній лаві гор. 550 м. Пласт l_1 вибухонебезпечний за вугільним пилом і не схильний до самозаймання. Наведені дані за телеметричною інформацією за серпень 2020 року по 1-й північній лаві пласта l_1 гор. 550 м.

3. Наведені результати перевірки багатогазовості деяких шахт України та встановлення категорії за метаном, які затверджені спільним наказом Держпраці і підприємством.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах / Брюханов А.М., Бережинский В.И., Колосюк В.П. и др. Донецк: Донбасс, 2004. Т. 2. 632 с.
2. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах / Брюханов А.М., Бережинский В.И., Бусыгин К.К. и др. Донецк: Донбасс, 2004. Т. 1. 548 с.
3. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / Минеев С.П., Рубинский А.А., Витушко О.В., Радченко А.Г. Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2010. 603 с.
4. Минеев С.П. Прогноз и предотвращение выбросов угля и газа на шахтах Украины. Мариуполь: «Східний видавничий дім», 2016. 254 с.
5. Совершенствование способов и средств безопасной разработки угольных пластов, склонных к газодинамическим явлениям / Коптиков В.П., Бокий Б.В., Минеев С.П., Южанин И.А., Никифоров А.В. Донецк: Проминь, 2016. 480 с.
6. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки вугільних шахт: нормативний документ, чинний з 2010-03-22. К., 2010. (Стандарт Мінвуглепрому України).
7. НПАОП – П. Інструкція з контролю складу руднікового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорій шахт за метаном. Макіївка: МакНІІ, 2011. 57 с.
8. СОУ 10.1.00174088.001-2004. Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схеми дегазації: нормативний документ, чинний з 2005-01-01. К., 2004. (Будстандарт України).
9. НПАОП 10.0-7.08-93. Вентиляція вугільних шахт. Керівництво з проектування: нормативний документ, чинний з 1993-12-20. К., 1993. (Стандарт Мінвуглепрому України).
10. Геомеханические и технологические условия газодинамических процессов в угольных шахтах / Антощенко Н.И., Филимонов П.Е., Бокий Б.В. и др. Алчевск: ДонНТУ, 2013. 291 с.
11. Бобров А.И. Борьба с местными скоплениями метана в угольных шахтах. М.: Недра, 1988. 148 с.
12. Дубовик А.И., Филатьев М.В., Филатьева Э.Н. Инженерная геомеханика при отработке угольных пластов. Лисичанск: ДонГТУ, 2017. 250 с.
13. Минеев С.П. Свойства газонасыщенного угля. Днепропетровск: НГУ, 2009. 220 с.
14. Минеев С.П., Прусова А.А., Корнилов М.Г. Активация десорбции метана в угольных пластах. Днепропетровск: Вебер, 2007. 252 с.
15. Закономерность процессов десорбции метана из зоны нарушенности угольного пласта / Минеев С.П., Прусова А.А., Янжула Ф.С. и др. / Геотехническая механика. 2015. Вып. 125. С. 70-81.
16. Vasilkovskiy V., Minieiev S., Kaluhina N. Bonding energy and methane amount at the open surface of metamorphic coal //

International Conference Essays of Mining Science and Practice, 25-27 June 2019. Dnipro: IGTM NASU, 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900108>

17. Минеєв С.П. Вопросы предупреждения аварий, связанных со взрывами в угольных шахтах / Геотехническая механика. 2018. Вып. 138. С. 115-136.
18. Минеєв С.П. О взрыве метана на шахте «Новодонецкая» / Геотехническая механика. 2018. Вып. 138. С. 137-149. <https://doi.org/10.15407/geotm2018.01.137>
19. Минеєв С.П. Враг или друг шахтный метан? Это решают люди / Охрана труда: Приложение к журналу. 2017. № 12. С. 49- 53.
20. Расследование аварии с двумя взрывами метановоздушной смеси / Минеєв С.П., Кочерга В.Н., Дубовик А.И., Лосев В.И., Кишкань М.А. / Уголь Украины. 2016. №9-10. С. 14-22.
21. Пашковський П.С. Эндогенные пожары в угольных шахтах. Донецк: Ноулидж, 2013. 792 с.
22. Предупреждение взрывов пыли в угольных и сланцевых шахтах / Петрухин П.М., Нецпляев М.И., Качан В.Н., Сергеев В.С. М.: Недра, 1974. 304 с.
23. Мясников А.А., Старков С.П., Чикунев В.И. Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах. М.: Недра, 1985. 205 с.
24. Гурич А.А., Малый П.С., Савенко С.К. Ударные воздушные волны в горных выработках. М.: Недра, 1983. 233 с.
25. СОУ-П 10.1.00174088.019:2009. Положення про експертну комісію з розслідування аварій на вугільних шахтах. Макіївка: нормативний документ. Дніпро: Барвікс, 2009. 50 с. (Стандарт Мінвуглепрому України).
26. Расчет категорийности шахты «Алмазная» по метану на 2021 год. Доброполье: Шахта «Алмазная» ПСП «Шахтоуправление «Добропольское». Днепр: ИГТМ НАН Украины, 2020. 14 с.

REFERENCES

1. Bryukhanov, A.M., Berezhinskiy, V.I. and Kolosyuk, V.P. (2004), *Rassledovaniye I predotvrashcheniye avaryi na ugolnykh shakhtakh. Tom 2* [Investigation and Prevention of Accidents at Coal Mines. Vol. 2], Donbas, Donetsk, Ukraine.
2. Bryukhanov, A.M., Berezhinskiy, V.I. and Busygin, K.K. (2004), *Rassledovaniye I predotvrashcheniye avaryi na ugolnykh shakhtakh. Tom 1* [Investigation and Prevention of Accidents at Coal Mines. Vol. 1], Donbas, Donetsk, Ukraine.
3. Mineev, S.P., Rubinskiy, A.A., Vitushko, O.V. and Radchenko, A.V. (2010), *Gornye raboty v slozhnykh usloviyakh na vybrosoopasnykh plastakh* [Mining operations in difficult conditions in the outburst seams], Skhidny vidavnychiy Dim, Donetsk, Ukraine.
4. Mineev, S.P. (2016), *Prognoz I predotvrashcheniye vybrosov uglja I gaza na shakhtakh Ukrainy* [Forecast and Prevention of Coal and Gas Emissions from Ukraine's Mines], Skhidny vidavnychiy Dim, Donetsk, Ukraine.
5. Koptikov, V.P., Boki, B.V., Mineev, S.P., Yuzhanin, I.A. and Nikiforov, A.V. (2016), *Sovershenstvovaniye sposobov I sredstv bezopasnoy razrabotki ugolnykh plastov, sklonnykh k gazodinamicheskim yavleniyam* [Improvement of Methods and Means of Safe Development of Coal Plates Prone to Gasodynamic Phenomena], Promin, Donetsk, Ukraine.
6. Ukraine Ministry of Coal Industry (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10. Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh* [NPAOP 10.0-1.01-10. Safety Rules in Coal Mines], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
7. *NPAOP – P. Instruksiya z kontrolyu I skladu rudnikovogo povitrya, vyznatsennya bagatogazovosti ta vstanovlennya kategoriy shakht za metanom* [Instructions on the Control of the Composition of Mine Air, Determining a Lot of Gas and Establishing the Categories of Mines for Methane] (2011), MakNDI, Makeyevka, Ukraine.
8. Ukraine Ministry of Coal Industry (2004), *SOU 10.1.00174088.001-2004. Degazatsiya vugilnykh shakht. Vymogy do sposobiv ta skhemy degazatsii* [SOU 10.1.00174088.001:2004. Degassing of Coal Mines. Requirements for Methods and Schemes of Degassing], Budstandard of Ukraine, Kiev, Ukraine.
9. Ukraine Ministry of Coal Industry (1993), *NPAOP 10.0-7.08-93. Ventilyatsiya vugilnykh shakht. Kerivnytstvo z proektuvannya* [NPAOP 10.0-7.08-93. Ventilashion of Coal Mines. Design guide], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
10. Antoshchenko, N.I., Filimonov, P.Ye. and Boki, B.V. (2013), *Geomtkhanicheskiye I tekhnologicheskkiye usloviya gazo-dinamicheskikh protsessov v ugolnykh shakhtakh* [Mechanics and Technological Verbs Gaza Dynamics Processes in Coal Mines], DonNTU, Alchevsk, Ukraine.
11. Bobrov, A.I. (1988), *Borba s mestnymi skopleniyami metana v ugolnykh shakhtakh* [Control of Local Methane accumulations in Coal Mines], Nedra, Moscow, USSR.
12. Dubovik, A.I., Filatyev, M.V. and Filatyeva, E.N. (2017), *Inzhenernaya geomekhanika pri otrabotke ugolnykh plastov* [Engineering Geomechanics in the Development of Coal Seams], DonGTU, Lisichansk, Ukraine.
13. Mineev, S.P. (2009), *Svoystva gazonasysyshchenogo uglja* [Saturated Coal Gas Properties], NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
14. Mineev, S.P., Prusova, A.A. and Kornilov, M.G. (2007), *Activatsiya desorbtsii metana v ugolnykh plastakh* [Activation of Methane Desorption in Coal Seams], Veber, Dnepropetrovsk, Ukraine.
15. Mineev, S.P., Prusova, A.A. and Yanzhula, F.S. (2015), "Regularity of the Processes of Desorbtion of Methane from Zones of Disturbance of the coal composition", *Geo-Technical Mechanics*, no. 125, pp. 70-81.
16. Vasilkovskiy, V., Minieiev, S. and Kaluhina, N. (2019), "Bonding energy and methane amount at the open surface of metamorphic coal", International Conference Essays of Mining Science and Practice, 25-27 June, Dnipro, Ukraine. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900108>
17. Mineev, S.P. (2018), "About the prevention if accidents associated with methane explosions in coal mines", *Coal of Ukraine*, no. 1-2, pp. 50 -59.
18. Mineev, S.P. (2018), "Novodonetskaya mine accident investigation", *Geo-Technical Mechanics*, no. 138, pp. 137-149. <https://doi.org/10.15407/geotm2018.01.137>
19. Mineev, S.P. (2017), "Enemy or friend is mine methane? People decide", *Labor protection: Supplement to the magazine*, no.

12, pp.49-53.

20. Mineev, S.P., Kocherga, V.N., Dubovik, A.I., Losev, V.I. and Kishkan, M.A. (2016), "Investigation of an accident with two explosions of methane air mixture", *Coal of Ukraine*, no. 9-10, pp.14-22.

21. Pashkovskiy, P.S. (2013), *Endogenniye pozhary v ugolnykh shakhtakh* [Endogenic Fires in Coal Mines], Donetsk, Nolidzh, Ukraine.

22. Petrukhin, P.M., Netseplyayev, M.I., Kachan, V.N. and Sergeyev, V.S. (1974), *Preduprezhdeniye vzryvov pyli v ugolnykh I slantsevykh shakhtakh* [Explosion Prevention of dust in Coal and Shale Mines], Nedra, Moscow, USSR.

23. Myasnikov, A.A., Starikov, S.P. and Chikunov, V.I. (1985), *Preduprezhdeniye vzryvov gaza I pyli v ugolnykh shakhtakh* [Explosion Prevention of gas and dust in Coal Mines], Nedra, Moscow, USSR.

24. Gurin, A.A., Malyi, P.S. and Savenko, S.K. (1983), *Udarniye vozdushniye volny v gornykh vyrabotkakh* [Air Shock waves in mine workings], Nedra, Moscow, USSR.

25. Ukraine Ministry of Coal Industry (2009), *SOU-P 10.1.00174088.019-2009. Polozhennya pro ekspertnu komissiyu z rassliduvannya avaryi na vugilnykh shakhtakh. Makiivka* [SOU-P 10.1.00174088.019:2009.Regulations on the Expert commission for the investigation of accidents at coal mines. Makiivka], Ukraine Ministry of Coal Industry, Barviks, Dnipro, Ukraine.

26. *Calculation of mine categorization for 2021. Dobropolye: Mine "Almaznaya" PSP "Mine management "Dobropolskoye" (2020)*, IGTM NASU, Dnipro, Ukraine.

Про авторів

Мінєєв Сергій Павлович, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу управління динамічними проявами гірського тиску, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), м. Дніпро, Україна, sergminee@gmail.com

Самохвалов Дмитро Юрійович, магістр, голова управління гірничого нагляду в Донецькій області.

Костриця Андрій Олексійович, аспірант, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), м. Дніпро, Україна.

Лисняк Сергій Сергійович, магістр, замісник начальника 10 загону ДВГРС України.

Філатьєва Ельвіра Миколаївна, аспірант, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Шиповський Іван Євгенович, кандидат технічних наук, докторант, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

About the authors

Minieiev Serhii Pavlovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department of Pressure Dynamics Control in Rocks, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Science of Ukraine, Dnipro, Ukraine, sergminee@gmail.com

Samokhvalov Dmytro Yuriiovych, Master of Science, Head of Mining Supervision Department in Donetsk Region.

Kostritsia Andrii Oleksiiovych, Doctoral Student, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Science of Ukraine, Dnipro, Ukraine.

Lysnyak Sergii Sergiiovych, Master of Science, Deputy Chief of the 10th Detachment SPMS of Ukraine.

Filatjeva Elvira Mykolaiivna, Doctoral Student, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine.

Shipovskiy Ivan Yevgenovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Doctoral Student, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine.

Аннотация. В статье рассмотрено ведение горных работ в шахтах при разработке высокогазоносных угольных пластов. В процессе их отработки из угольных и вмещающих пород выделяется метан и другие газы, способные гореть и создавать с воздухом взрывоопасные смеси. В зависимости от характера и интенсивности метановыделения для обеспечения пожаровзрывобезопасности в подземном пространстве необходимо применение комплекса дополнительных мероприятий. Поэтому при ведении горных работ на угольных шахтах обязательно определяют состав вредных газов шахтного воздуха и устанавливают категорию шахты по метану. С помощью стационарной автоматической аппаратуры и приборов периодического действия в процессе этих работ определяют: состав, скорость, температуру и влажность воздуха, содержащее метана и углекислого газа. Особое внимание уделяется контролю и обнаружению слоевых и местных скоплений метана в горных выработках шахты. Последнее особенно актуально, поскольку горные выработки в шахтах обычно проветриваются турбулентными воздушными потоками. Однако метан, который выделяется в выработке, перемешивается с воздухом не сразу, а только через какое-то время на расстоянии от источника метановыделения, где его концентрация в поперечном сечении вентиляционных струй выравнивается.

В результате мониторинга и выполненных исследований была приведена уточнённая методика измерений при определении газоносности угольного пласта и установления фактической категоричности шахт по метану. Приведены результаты проверки газообильности некоторых шахт Украины и установления категории по метану. Кроме этого, было изучено и приведено конкретное разъяснение оценке аэрогазодинамического состояния углеродного массива. Рассмотрено, как пример, некоторые элементы расчёта метанобильности шахты «Алмазная» ПСП «ШУ «Добропольское» ТОВ «ДТЕК «Добропіллявугілля» на 2021 год. Так, шахта «Алмазная» с 2019

года отнесена к сверхкатегорийным по метану с относительной метановыделением 16,34 м³/т.с.д. В данное время на шахте обрабатывается пласт l_1 в 3-й северной лаве гор. 550 м. Пласт l_1 взрывоопасный по угольной пыли и не склонный к самовозгоранию. Приведены данные по телеметрической информации за август 2020 года по 1-й северной лаве пласта l_1 гор. 550 м.

Ключевые слова: мониторинг, метан, угольный пласт, категория шахты по метану, газоносность, взрывопожаробезопасность

Abstract. In the paper, the problems of performing mining operations in the mines with high content of gas in the seams are discussed. In the course of their mining, methane and other gases release, which are capable to burn and, together with air, can form explosive mixtures. Depending on the nature and intensity of methane emissions, it is necessary to undertake a set of additional measures in order to ensure explosion and fire safety in the underground space. Therefore, to carry on mining operations in the coal mines, it is obligatory to specify gas composition in the mine air and give the mine a category by methane. During these works, the following should be determined by means of the stationary automatic equipment and devices of periodic action: composition, rate, temperature and humidity of air and content of methane and carbon dioxide. Special attention should be focused on the control and detection of local accumulations of methane in the mine workings and in the seams. The local accumulations are especially relevant because workings in mines are usually ventilated by turbulent air streams. However, methane released in the working is mixed with air not immediately but after some time and at a certain distance from the source of methane release where its concentration in the cross section is equalized.

As a result of monitoring and research carried out, a refined measurement procedure was provided for determining gas content in the coal seam and assigning a mine an actual category by methane. The results of checking gas content of some mines in Ukraine and assigning them a category by methane are presented. Besides, aerodynamic state of the coal massif was studied, assessed and provided with detailed explanations. As an example, some elements of calculations of the methane content in the Almaznaya Mine, Dobropolskoye Company of the DTEK "Dobropillyavugillya" for the year 2021 is considered. Since 2019, the Almaznaya Mine was classified as a mine with extremely high content of methane with emissions of 16,34 m³/t per 1 ton of dry ash-free mass. Today, a seam l_1 in the 3rd north longwall, horizon 550 m, is being developed. The seam l_1 is explosive by coal dust and not prone to spontaneous combustion. In addition, telemetric data on the 1st north longwall of the seam l_1 , horizon 550 m, for August, 2020, are presented.

Keywords: monitoring, methane, coal seam, mine category by methane, gas content, explosion and fire safety

Стаття надійшла до редакції 26.02.2021