

**ПРО МЕТОДИ КАТЕГОРИЗАЦІЇ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ****<sup>1</sup>Мінєєв С.П.**<sup>1</sup>*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України***О МЕТОДАХ КАТЕГОРИЗАЦИИ ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ****<sup>1</sup>Минеев С.П.**<sup>1</sup>*Інститут геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины***ON METHODS OF CATEGORIZING THE OUTBURST-HAZARDOUS OF COAL SEAMS****<sup>1</sup>Minieiev S.P.**<sup>1</sup>*Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of NAS of Ukraine*

**Анотація.** У статті на підставі аналізу існуючих методів категоризації викидонебезпечності вугільних пластів розроблені пропозиції щодо вдосконалення методики категоризації викидонебезпечності вугільних пластів при веденні гірських робіт.

Методика дослідження полягає в аналізі існуючих методів категоризації викидонебезпечності вугільних пластів зі зниженням глибини і швидкості ведення гірських робіт. Встановлена необхідність коригування нормативного документа по категоризації викидонебезпечних вугільних пластів з урахуванням можливого прояву не тільки раптових викидів вугілля і газу, але і інших відомих видів газодинамічних явищ, а також виявлення основних критеріальних ознак і показників, які повинні визначатися досить просто і без істотних витрат часу. Виконано оцінку ряду вугільних пластів, яка залежить в окремих випадках від марки пласту (виходу летючих), але не у всіх випадках від показника  $M$ . Встановлено, що в нормативному документі явна недоробка отриманих залежностей (можливо, через відсутність необхідного обсягу даних по вивченню природної газоносності та інших властивостей і умов прояву раптових викидів вугілля та газу). Так, при значеннях показників  $M = 24,5 - 26,2$  і  $M = 23,7 - 27,6$  критичне значення природної газоносності і глибини ведення прогнозу однакові. Такий феномен авторами документу не пояснюється, як і чому при визначенні показника  $M$  за різними залежностями виходять однакові критерії викидонебезпечності. Виконання комплексних досліджень для оцінки газодинамічного стану потенційно викидонебезпечних зон на загрозованих пластах в міру поглиблення гірничих робіт виявило необхідність своєчасної зміни їх категорії на викидонебезпечну до реалізації першого викиду. В статті розглянуті методики віднесення вугільних пластів до категорій викидонебезпечності.

Встановлена необхідність коригування нормативного документа по категоризації викидонебезпечних вугільних пластів з урахуванням повнішої класифікації всіх видів газодинамічних явищ.

**Ключові слова:** категоризація, викидонебезпечність, вугільні пласти, раптові викиди, нормативний документ

**Вступ.** Згідно з аналізом даних про газодинамічні явища (ГДЯ), які відбулися в шахтах, були запропоновані різні тлумачення про зв'язок викидонебезпечності вугільних пластів з їх властивостями (газонасиченістю, ступенем метаморфізму, ступенем перетворення органічних речовин і т.д.) [1]. Ще в 1934 р. Биковим було встановлено [2], що межа вмісту летючих в пластах з раптовими виділеннями коливається, приблизно, від 12 до 32 %. В 1949 р. І.М. Яровим був зроблений висновок про відсутність раптових викидів на пластах з вмістом летючих речовин більш 35 % [3]. В 1961 р. В.В. Ходот [4] встановив, що викидонебезпечність безпосередньо не зв'язана зі стадією метаморфізму. Роботами В.І. Николіна [5, 6] доведена залежність викидонебезпечності вугільних пластів Донбасу від ступеня метаморфізму вугілля. Станом на 1970 р. і надалі, досвід відпрацювання пластів Донбасу підтвердив відсутність викидонебезпечності на пластах, які характеризуються виходом летючих речовин  $V^2 > 35$  %, або логарифмом питомого електричного опору зразків  $\lg \rho > 3,3$  [6-9].

Узагальнення накопичених статистичних даних про умови прояву раптових викидів вугілля та газу дозволило МакНДІ розробити для умов Донбасу

показники, при яких повинен здійснюватися прогноз викидонебезпечності [7-14] (табл. 1).

Таблиця 1 – Умови викидонебезпечності вугільних шахтопластів

| Вихід летючих речовин за масою, % | Логарифм питомого електроопору антрациту, більше | Природна газонасність пласта, більше м <sup>3</sup> на 1 т горючої маси | Глибина, з якої здійснюється прогноз, м |
|-----------------------------------|--|---|---|
| 35 – 27                           | –  | 6   | 400                                     |
| 26 – 18                           | –  | 8   | 300                                     |
| 17 – 19                           | –  | 10  | 250                                     |
|                                   | 3,3  | 20  | 150                                     |

На глибинах, на яких вугільні пласти характеризуються параметрами  $V^2 > 35 \%$ ,  $\lg \rho > 3,3$ , прогноз викидонебезпечності не здійснюється, і пласти розроблюються як невикидонебезпечні. Ці вимоги базуються на поділі (віднесення) пластів на категорії викидонебезпечності. Причому, пластів в цілому, але не окремих ділянок шахтного поля. Основним показником встановлено вихід летючих речовин за масою, який в свою чергу характеризує ступінь метаморфізму вугілля. А метаморфізм вугілля, згідно з [15] – це «процес зміни внутрішньої будови, хімічного складу і фізичних властивостей викопного вугілля під дією температури і тиску, що виникають при геологічних процесах. Хімічні зміни визначаються поступовим зростанням процентного вмісту водню і кисню в органічній речовині в напрямку від бурого вугілля до кам'яного, потім - до антрацитів і органічних антрацитів». «Інструкція...» [14] чітко регламентує умови віднесення вугільних пластів до різних категорій викидонебезпечності. В ній немає даних про те, що до обліку приймаються середні значення виходу летючих, про що згадується в роботі [5]. Більше того, дивовижний висновок в роботі [5] про неприпустимість одиничних включень виходу летючих і газонасності. Тим більше, що «сітка» набору вихідних даних або ділянки відбору в роботі [5] не встановлюються і там же наведені дані про 5 % площі зон прояву фактичної викидонебезпечки на викидонебезпечних пластах. Усереднення даних може привести до неправильної класифікації вугільних пластів на категорії небезпеки за раптовими викидами і погіршити умови відпрацювання пластів. Про те буде сказано нижче (приклади шахт, де вугільні пласти були кваліфіковані згідно з [5, 14] як невикидонебезпечні).

Приділяючи велику увагу ступені метаморфізму вугілля, в роботах [5, 14] ігнорується факт визначення природної газонасності, до обліку приймаються дані з мережі свердловин на стадії геологорозвідувальних робіт. Чомусь немає рекомендацій про уточнення значень природної газонасності, або хоча б періодичної перевірки за фактом ведення гірничих робіт, а також, на жаль, відсутність надійної сучасної апаратури. Хоча, слід зазначити, що періодично з'являються скориговані методики і вдосконалена апаратура [13, 16-21].

Необхідність удосконалення граничних значень проявів викидонебезпечності (табл. 1) підтвердили ряд випадків раптових викидів вугілля та газу, які відбулися на шахтах Донбасу. Так, на шахті ім. К.Є. Ворошилова ВО

«Дзержинськвугілля», раптовий викид трапився в 1979 р. на пласті  $l_5$ , при  $V^{daf} = 35,3 \%$ , на шахті ім. В.І. Леніна ВО «Артемвугілля» – на пласті  $m_3$ ,  $V^{daf} = 38,6 \%$  в 1982 р., на шахті ім. А.Ф. Засядько – на пласті  $m_3$ ,  $V^{daf} = 35,3 \%$  в 1982 р. Таким чином, нормативний спосіб категоризації шахтопластів, що існував на той час, в окремих випадках приводив до помилкового віднесення шахтопластів до невикидонебезпечних і, отже, вимагав уточнення. Крім того, аналізуючи зміну мінеральних глибин, на яких відбулися перші раптові викиди вугілля та газу в умовах зрозбивкою вугільних пластів на 6 груп метаморфізму з виходом летючих речовин від менше 9 % до більше 29 % (проаналізовано 333 випадка на шахтопластах Донбасу [6, 21]), було зроблено висновок про збільшення середньої мінімальної глибини перших викидів при розробці шахтопластів у міру зменшення ступеня метаморфізму вугілля (збільшення  $V^{daf}$ ). Таким чином, була отримана статистична залежність мінімальної глибини викидів вугілля та газу від ступеня метаморфізму вугілля.

Розглядаючи взаємозв'язок природної газоносності, ступеня метаморфізму вугілля і статистичної вірогідності виникнення раптових викидів, встановлено, що у вугіллі невисокого ступеня ( $V^{daf} < 35 \%$ ) починається прояв викидонебезпечності, що досягає максимуму у вугіллі середнього ступеня метаморфізму ( $V^{daf} \approx 19 \%$ ), і зменшується у низькоморфізованого вугілля ( $V^{daf} \approx 9 \%$ ). Але характер зміни природної газоносності показує, що в двох пластах різної марки (відрізняються по  $V^{daf}$ ) природна газоносність може бути однаковою. Тому і критичні значення природної газоносності повинні бути однаковими. Але в пропонованих в [6, 14, 23] показниках категоризації пластів (табл. 1 – табл. 3) із зменшенням ступеня метаморфізму спостерігається збільшення критичного значення природної газоносності. Очевидно, що для окремих марок вугілля абсолютні критичні значення природної газоносності отримані не точно (із запасом).

При вивченні і аналізі природної газоносності [6] були взяті до уваги, переважно, дані про природну газоносність і ступінь метаморфізму в місці прояву раптових викидів за картками викидів і каталогами МакНДІ по газоносності. На жаль, ніяких експериментальних даних про визначення природної газоносності пластів і ступеня метаморфізму пласта в конкретних гірничо-геологічних умовах немає. Тому всі подальші отримані дані і висновки можна приймати до відома з певною часткою запасу достовірності. Проте, були отримані емпіричні залежності, що дозволяють розраховувати критичну глибину  $H_{кр}$  і критичну газоносність  $X_{кр}$ , які обумовлюють можливість прояву викидонебезпечності пластів Донбасу [6]:

$$X_{кр} = 0,3 \cdot (55 - M), \text{ м}^3/\text{т}, \quad (1)$$

$$H_{кр} = 11 \cdot (9,1 + M), \text{ м}, \quad (2)$$

де  $M$  – комплексний показник ступеня метаморфізму.

Прогноз викидонебезпечності необхідно здійснювати з тієї глибини розробки, на якій фактична газоносність досягає її критичних значень, а, при цьому, глибина початку прогнозу викидонебезпечності повинна бути не менше критичної.

В основу уточнення способу категоризації пластів була запропонована [6] залежність між викидонебезпечністю і ступенем метаморфізму вугілля Донбасу, що розроблена «Донбасгеологія» [22]. За цією шкалою для вугілля  $V^{daf} = 9-18\%$ . Ступінь їх метаморфізму визначається показником стадії вуглефікації (неточність зростає від марки ОС до марки Ж). Для вугілля з  $V^{daf} > 29\%$  вихід летючих практично ненадійно відображає ступінь метаморфізму. Автором шкали метаморфізму вугілля Донбасу [22] запропоновано визначити по виходу летючих речовин в сукупності з товщиною пластичного шару  $y$  (в мм). Для визначення стадії метаморфізму вугілля запропоновано величина  $M$  – комплексний показник метаморфізму [6] і, який визначається з урахуванням даних еталонної шкали метаморфізації для вугілля з  $V^{daf} = 9-29\%$  за формулою:

$$M = V^{daf} - 0,14 \cdot y, \quad (3)$$

а для вугілля з  $V^{daf} > 29\%$  – за формулою:

$$M = \frac{4 \cdot V^{daf} - 91}{y + 2,9} + 24. \quad (4)$$

Уточнення способу категоризації шахтопластів по викидонебезпечності, які запропоновані, усувають такі недоліки викладеного раніше [14]: можливість виникнення раптових викидів вугілля і газу для гірничих робіт на пластах вугілля ГЖ шляхом зменшення критичної глибини до 380 м замість 400 м, зміни величини граничного критерію природної газоносності до  $15 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  на антрацитових пластах. Для практичного використання глибину, з якої необхідно здійснювати прогноз викидонебезпечності на шахтах Донбасу, було запропоновано визначати згідно з [23] (табл. 2).

Таблиця 2 – Визначення глибини здійснення прогнозу викидонебезпечності

| Вихід летючих речовин $V^{daf}$ , % | Комплексний показник ступеня метаморфізму вугілля $M$ , у.о. | Природна газоносність пласту у $\text{м}^3$ на 1 т сухої беззолної маси | Глибина, з якої здійснюється прогноз, м |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Більше 29                           | 26,3 – 27,7  | $\geq 8$  | 400                                     |
|                                     | 24,5 – 26,2  | $\geq 9$  | 380                                     |
| 9 – 29                              | 23,7 – 27,6  | $\geq 9$  | 380                                     |
|                                     | 17,6 – 23,6  | $\geq 11$   | 320                                     |
|                                     | 13,5 – 17,5  | $\geq 12$   | 270                                     |
|                                     | 9,0 – 13,4   | $\geq 13$   | 230                                     |
| Менше 9, але $\lg \rho > 3,3$       | –  | $\geq 15$   | 150                                     |

**Мета досліджень** – виконати аналіз існуючих методів категоризації викидонебезпечності вугільних пластів і розробити пропозиції по удосконаленню методики категоризації викидонебезпечності вугільних пластів при веденні гірничих робіт.

**Методика досліджень.** Методика досліджень полягає в аналізі існуючих методів категоризації викидонебезпечності вугільних пластів зі зниженням

глибини і швидкості ведення гірничих робіт. Встановлення необхідності корегування нормативного документу по категоризації викидонебезпечних вугільних пластів з урахуванням можливого прояву не тільки раптових викидів вугілля та газу, але і інших відомих видів ГДЯ, а також виявлення основних критеріальних ознак і показників, які виявляються достатньо просто і без істотних витрат.

Як вище зазначалося, комплексний показник  $M$  розраховується за формулами (3) і (4). Згідно з табл. 2, шахтопласт відносять до невикидонебезпечних незалежно від глибини розробки і природної газоносності, якщо комплексний показник  $M > 27,7$ , або логарифм питомого електроопору антрациту  $\lg \rho > 3,3$ , а також, якщо для вугілля конкретного ступеня метаморфізму природна газоносність або глибина розробки менша зазначених в табл. 2. Тобто, видно недостатньо точне удосконалення табл. 2. Знову категоризація пластів залежить в окремих випадках від марки пласту (виходу летючих), але не у всіх випадках від пропонованих розробок по визначенню показника  $M$ . Явна недоробка отриманих залежностей (можливо через відсутність необхідного обсягу даних по вивченню природної газоносності і інших властивостей і умов прояву раптових викидів вугілля та газу) видна в табл. 2. При значенні показників  $M = 24,5 - 26,2$  і  $M = 23,7 - 27,6$  «критичне» значення природної газоносності і глибина ведення прогнозу однакові. Такий феномен авторами не пояснюється, і чому при визначенні показника  $M$  за різними залежностями (3) і (4) отримані однакові критерії викидонебезпечності, авторами теж не пояснено.

Використовуючи залежності (1) і (2), дані табл. 2, отримаємо, що при значеннях показника  $M = 27,6$  при виході летючих 9-29 %, величина критичної газоносності повинна бути  $8,22 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ , а в [8, 11] ця величина становить  $9 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$  і більше; фактична критична глибина, з якої здійснюється прогноз при виході летючих 9-29 % при показнику  $M = 27,6$  складає за формулою (2) 403,7 м, замість регламентованих [11] 380 м, тобто, тут глибина розрахована з певним запасом. Але при показнику  $M = 23,7$  і  $V^2 = 9-29 \%$ , критична глибина, згідно з формулою (2) буде 360,8 м, а не 380 м, викладених в [6, 23].

**Результати.** Розглядаючи запропоновану в [23] табл. 2, можна констатувати, що показники даної таблиці дозволяють деталізувати категоризацію віднесення вугільних пластів до безпечних або загрожуємих в порівнянні з табл. 1. Відбулося обмеження межі віднесення загрожуємих пластів  $V^2 > 29 \%$ , замість встановлених раніше 35 %, але глибини, з яких здійснювався прогноз залишились тими ж: максимальна 400 м і мінімальна 150 м. Згідно з [23] категоризація вугільних пластів визначається не за даними середніх проб вугілля, а за конкретними результатами проб.

Необхідність удосконалення способу категоризації безпечних і загрожуємих шахтопластів підтверджується раптовим викидом вугілля та газу, який стався на шахті «Горська» ДП «Першомайськвугілля» в повітрянопадаючому ходку  $k_8$ . Глибина проведення ходку характеризується наступними показниками:  $V^{daf} = 41 \%$ , природна газоносність  $X = 15 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ ,  $y = 14 \text{ мм}$ . Розрахований згідно з формулою (4) показник  $M = 28,3$ , тому згідно з [23, 25, 26], даний пласт повинен бути віднесений до безпечних по раптовим викидам вугілля і газу. Але,

проте, при веденні вибухових робіт в повітрянопадаючому ходку 19.01.1994 р. трапився раптовий викид вугілля і газу інтенсивністю 100 т вугілля з виділенням 8000 м<sup>3</sup> газу.

Коригування прийнятих рішень були необхідні і, виходячи з аналізу залежностей (3) і (4). Так, показник  $M$  при значеннях  $y$ , близьких до нульових за формулою (3), дорівнює  $V^{daf}$ , у випадку формули (4)  $M = 1,12 \cdot V^{daf}$ . Враховуючи, що згідно з [6, 23] точність визначення  $V^{daf}$  становить 0,2, можна констатувати, що і в цьому випадку  $M \approx V^{daf}$ . Тобто, фактично була знижена величина показника викидонебезпечності  $V^{daf}$  з 35 % до 29 %, уточнено критерій природної газонасності (8-13 м<sup>3</sup>/т.с.б.м замість 6-20 м<sup>3</sup>/т.с.б.м) з залишенням тих же глибин. Аналіз даних про перших по глибині 333 викида вугілля і газу на шахтах Донбасу [21] показує, що газонасність вугілля в місцях прояву викидів була від 9,5 до 36 м<sup>3</sup>/т.с.б.м.

Проте, категоризація шахтопластів, що запропонована в роботах [6, 23], була включена в СОУ [24] без будь-яких змін і доповнень. Хоча в [6, 29, 30] передбачалося визначення показника  $M$  або середнього з кількості пластових проб для розглядання ділянки, виходячи з розрахунку сітки випробування 250×250 м (їх кількість повинна бути не менше 30). В їх основі повинні були бути дані пластоперетинів розвідувальними свердловинами в межах розглянутої ділянки, які отримані на стадіях розвідки і дорозвідки [27, 28]. Відсутні проби передбачалося відібрати в очисних підготовчих вибоях. Конкретні місця відбору проб вугілля для визначення  $V^{daf}$  і  $y$  не вказувалися, але віддавалася перевага місцям геологічних порушень. Що стосується визначення (місць і методів) природної газонасності в даних роботах про це не вказувалось. Згідно з [29, 30] щорічне віднесення шахтопластів до категорії загрожуваних і невикидонебезпечних проводиться окремо для кожного блоку, панелі або крила шахтопласту в межах тієї його частини, де планується ведення гірничих робіт в наступному календарному році, і є дійсним протягом одного року. Тому рекомендації і висновки МакНДІ про категоризацію ступеня викидонебезпечності шахтопластів, які видані в період 1991 – 2005 р.р. і, які стосуються всій площі, що залишилась, відпрацювання шахтного поля, повинні були уточнюватися щорічно за фактично наявними даними. Узгодження рекомендацій і висновків іншими вищестоящими організаціями ніякими нормативними документами не передбачено і їх застосування, відповідно, є необов'язковим. Згідно з СОУ [24] категоризація шахтопластів ведеться не по даним середніх значень показників, а по одиничним. Тому, недоліки, що відзначені при застосуванні «Інструкції..» [31] і доповнення [30], були враховані. На шахті «Горська» в північному людському ухилі, що проведений по пласту  $k_8$  вибуховим способом, 18.04.2009 р. стався раптовий викид (при струсному підриванні) інтенсивністю 140 т вугілля і 440 м<sup>3</sup> метану. Вихід летючих пласту  $k_8$  склав  $V^{daf} = 42,5$  %,  $y = 14$  мм, природна газонасність 16 м<sup>3</sup>/т.с.б.м, глибина проведення ходка становила 960 м. Показник  $M$ , згідно з методикою, викладеної в [24], дорівнював 28,6, тобто більше 27,7.

МакНДІ з 2009 р. виконувалася науково-дослідна робота по категоризації загрозливих по раптовим викидам вугілля і газу шахтопластів. В результаті її

виконання було розроблено СОУ [26]. Підхід до віднесення вугільних пластів до загрозливих в ньому не змінили. Але є дані, за якими свердловинам (що розташовані на відпрацьованій ділянці шахтного поля, підготовлених до відробки, або вибірково сукупність даних) слід брати для категоризації шахтопластів. До загрозливих стали відносити пласти в межах кордонів шахтного поля з глибин, визначених згідно з критеріями табл. 3.

Таблиця 3 – Критерії віднесення пластів до загрозливих по раптовим викидам вугілля і газу

| Вихід летючих речовин $V^{daf}$ , % | Комплексний показник ступеня метаморфізму вугілля $M$ | Природна газонасність пласту $X$ , м <sup>3</sup> /т.с.б.м | Глибина розробки пласту $H$ , м |
|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
| 35,1 – 42,5                         | 26,5 – 27,7   | $\geq 8$   | 400                             |
| 29,1 – 35                           | 24,1 – 26,5   | $\geq 9$   | 320                             |
| 25,1 – 29                           | 21,9 – 24,0   | $\geq 10$  | 280                             |
| 18,1 – 25                           | 17,0 – 21,9   | $\geq 11$  | 250                             |
| 13,1 – 10                           | 12,0 – 16,9   | $\geq 13$  | 230                             |
| 9,0 – 13                            | 9,0 – 12,7  | $\geq 15$  | 230                             |
| Менше 9 (але $\lg \rho > 3,3$ )     | –   | $\geq 16$  | 150                             |

Комплексний показник ступеня метаморфізму  $M$  по кожній з проб вугілля, які відпрацьовані в свердловинах або в гірничих виробках, визначається за формулою

$$M = V^{daf} - (0,023 \cdot V^{daf} - 0,183) \cdot y, \% \quad (5)$$

Виявляється, що треба приймати до обліку середнє значення показника  $M$  по пласту

$$M = \sum M_i / n, \quad (6)$$

де  $n$  – кількість визначень.

При середніх значеннях показника  $M > 27,7$  пласт відносять до безпечних, за умовою глибини розробки менше, ніж вказано в табл. 3, або, якщо газонасність пласту менше, що зазначена в табл. 3, незалежно від глибини розробки. При значеннях  $M$ , які відповідають даним табл. 3, а газонасність при цьому менше допустимої величини, що вказана в табл.3, межа віднесення пласту до категорії загрозливих визначається по глибині ізогази, що відповідає мінімальному критичному значенню газонасності для конкретної групи метаморфізму [31, 32]. Крім того, якщо для шахтопласта, який раніше був невикидонебезпечний, одиничні значення комплексного показника ступеня метаморфізму вугілля  $M$  змінюються в межах 27,2-27,7 %, то за висновком МакНДІ (а зараз ІГТМ НАН України) пласт може бути віднесений до категорії невикидонебезпечних [31-34] після додаткового відбору не менше 10 контрольних проб при умові, що не менше 80 % одиничних значень  $M$  перевищать 27,2 %. Однак в СОУ чомусь зникла вимога про загальну кількість не менше 30 проб. А також, що одні і ті ж значення показника  $M$  використовуються при категоризації з різними показниками  $V^{daf}$ ,  $X$  і  $H$ , що було в стандартах раніше (табл. 2).

Нововведення полягає в віднесенні пластів, по яким відсутні геологорозвідувальні дані, категорію по викидам вугілля та газу визначають по прилеглим пластам. При наявності двох суміжних пластів різної категорії викидонебезпечності (аналоги), категорію пласту, для якого категорія не визначена, приймають по вищої категорії викидонебезпечності.

Здавалося б, хороше нововведення, але що таке прилеглий пласт, на якій відстані належить його вважати таким і, які характеристики приймати до обліку, і на якій глибині [26, 35, 36]. Але ж він (цей пласт) може оброблятися сусідньою шахтою. Що таке вища категорія викидонебезпечності також не визначено, тобто цей пласт може бути і особливо викидонебезпечним.

Прийняті в СОУ рішення тільки погіршили процедуру віднесення пластів до категорії викидонебезпечних, тобто дозволяють по віднесенню пластів до прилеглих не проводити ніяких досліджень по категоризації вугільних пластів, що може бути вельми небезпечним для працюючих.

Що стосується залежності (5), вона по кількісному значенню може відрізнятися від знайомих раніше формул (3) и (4), але фактично при умовах значень  $u$ , близьких або рівних нулю, показник  $M$  дорівнює  $V^{daf}$ , тобто така ж, як і запропоновані раніше в роботах [6, 23]. Різниця в визначенні показника  $M$ , визначеного за залежностями (3) і (4), згідно з [5] і формули (5) згідно [26] не перевищує 20 %. Тому, враховуючи точність визначення показника  $V^{daf} = 80$  %, можна констатувати відсутність принципових відмінностей в отриманих залежностях, тим більше, що вони були отримані практично за одним і тим же вихідним даним.

Проаналізував випадки визначення комплексного показника  $M$  за формулами (3), (4) і (5) при однакових значеннях  $u$ , наприклад 15 мм, отримуємо наступні значення  $M$  (табл. 4).

Таблиця 4 – Значення комплексного показника ступеня метаморфізму  $M$  згідно з [5, 26]

| Вихід летючих речовин $V^{daf}$ , % | Комплексний показник $M$ |               | Різниця в значеннях показника $M$ , % згідно з [5] і [26] |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------|---|
|                                     | Згідно з [5]             | Згідно з [26] |   |
| 9                                   | 8,706                    | 8,64          | 0,066 (0,76 %)  |
| 29                                  | 25,39                    | 21,74         | 3,65 (14,38 %)  |
| 42,5                                | 28,41                    | 30,6          | 2,19 (7,7 %)  |

Фактично виходить, що змінений тільки лише підхід до категоризації шахтопластів, зараз потрібно обов'язково враховувати глибину розробки і газоносність вугільних пластів.

Аналізуючи показники табл. 3 можна відзначити, що шкала глибин віднесення пласту до категорії загрозовості і розробки пласту з прогнозом викидонебезпечності не змінилася і склала від 150 до 400 м. Але, якщо скористатися формулою (2), то критична глибина розробки пласту в табл. 3 при  $M = 9$ -12,7 % складає 110-239 м (але не 230 м), а при  $M = 12,0$ -16,9 % складає 232,1-286,0 м (але не 230 м), тобто для всіх значень  $M$  глибина  $H_{кр}$  в табл. 3 прийнята з деяким запасом, але при  $V^{daf} = 9$  %  $H_{кр} = 110$  м (але не 230 м). Аналізуючи показники табл. 3 про практичні значення природної газоносності згідно з формулою (1) отримаємо наступні розрахункові критичні значення газоносності:



- 1)  $M = 9,0-12,7 \%$ ;  $X = 13,8-12,69 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  (табл. 3  $X > 15 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 2)  $M = 12,0-16,9 \%$ ;  $X = 12,9-11,45 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 13 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 3)  $M = 17,0-21,9 \%$ ;  $X = 11,4-9,93 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 11 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 4)  $M = 21,9-24,0 \%$ ;  $X = 9,93-9,3 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 10 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 5)  $M = 24,1-26,5 \%$ ;  $X = 9,27-8,55 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 9 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 6)  $M = 26,5-27,7 \%$ ;  $X = 8,55-8,19 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 8 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).

Тільки в 4 випадках (див. рядки 3, 5, 6) розрахункова критична газоносність, відповідає табл. 3, а в інших випадках не відповідає, що, можливо, приведе до неточності по визначенню категоризації загрозливих вугільних пластів. Комплексний показник метаморфізму  $M$  згідно з табл. 3 має в деяких випадках одні і ті ж значення при різних значеннях виходу летючих, наприклад,  $M = 26,5 \%$  при  $V^{daf} = 29,1-35 \%$  і  $V^{daf} = 35,1-42,5 \%$ . Тому правильність(достовірність) даних табл. 3 вимагає уточнення як з розрахунками, так і з практичними даними.

Табл. 3 була перероблена і в 2-й редакції представлена у вигляді табл. 5, де змінені глибини розробок пласту і значення природної газоносності, при яких необхідно вести прогноз. В ній були усунені помилки в оцінці показника ступеня метаморфізму  $M$ .

Таблиця 5 – Скоригована таблиця критеріїв віднесення пластів до загрозливих по раптовим викидам вугілля і газу

| Вихід летючих речовин<br>$V^{daf}, \%$ | Комплексний показник<br>ступеня метаморфізму<br>вугілля $M$ | Природна газоносність<br>пласту $X, \text{м}^3/\text{т.с.б.м}$ | Глибина розробки<br>пласту $H, \text{м}$ |
|--|---|--|--|
| Більше 9                               | 26,6 – 27,7   | $\geq 8$   | 410                                      |
|  | 24,1 – 26,5   | $\geq 8$   | 400                                      |
|  | 22,0 – 24,0   | $\geq 9$   | 390                                      |
|  | 17,0 – 21,9   | $\geq 10$  | 370                                      |
|  | 12,8 – 16,9   | $\geq 12$  | 340                                      |
|  | 9,0 – 12,7  | $\geq 15$  | 300                                      |
| Менше 9 (але $\lg \rho > 3,3$ )        |   | $\geq 16$  | 150                                      |

Аналізуючи дані табл. 5 про критичні значення газоносності, слід зазначити розбіжності з розрахунковими критичними значеннями згідно з формулою (1):

- 1)  $M = 9,0-12,7 \%$ ;  $X = 13,8-12,69 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  (табл. 5  $X > 15 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 2)  $M = 12,8-16,9 \%$ ;  $X = 12,9-11,45 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 12 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).
- 3)  $M = 17,0-21,9 \%$ ;  $X = 11,4-9,93 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$  ( $X > 10 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ ).

Глибина розробки пластів (табл. 5) трохи змінилася – максимальна величина склала 410 м, але змінилися інші граничні значення величин глибини (табл. 6).

Відповідно до даних табл. 6, глибина розробки пластів збільшилась. Чи приведе це до підвищення рівня безпеки, покаже практика. За даними роботи [21] на шахті «Юнком» ВО «Орджоникідзевугілля» на пласту  $k'_4$  в 1927 р. стався раптовий викид вугілля та газу. Глибина ведення робіт – 256 м, газоносність  $114,6 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м}$ , вихід летючих  $V^{daf} = 9,1 \%$ ,  $y = 0 \text{ мм}$ . Згідно з даними табл. 5 дана ситуація відноситься до безпечної по раптовим викидам вугілля та газу.

Таблиця 6 – Відомості про глибини розробки пластів, з яких необхідно вести прогноз викидонебезпечності

| Глибина розробки пласту,<br>м          | Комплексний показник метаморфізму вугілля $M$ |             |             |             |             |             | $\lg \rho > 3,3$ |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
|  | 9,0-12,7                                      | 12,8-16,9   | 17,0-21,9   | 22,0-24,0   | 24,1-26,5   | 26,6-27,7   |                  |
| Згідно з [26], (1-а редакція), табл. 3 | 230   | 230         | 250         | 280         | 320         | 400         | 150              |
| Згідно з [26], (2-а редакція), табл. 5 | 300   | 340         | 370         | 390         | 400         | 410         | 150              |
| Розрахункова, згідно з залежністю (2)  | 199,1-239,8                                   | 240,9-286,0 | 287,1-341,0 | 342,1-364,1 | 365,2-391,6 | 392,7-404,8 | 150              |

На шахті № 5-5бис ВО «Ворошиловградвугілля» в 1937 р. стався раптовий викид на пласті  $k_5$  на глибині 280 м. Природна газонасиченість пласта  $k_5$  була  $12,6 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ , вихід летючих  $V^{daf} = 12,6 \%$ ,  $y = 0 \text{ мм.}$  За всіма відомими раніше методиками пласт  $k_5$  в даній ситуації повинен відноситися до загрозливих по раптовим викидам вугілля і газу. Згідно з [26] і табл. 5,  $M = 12,6$ ,  $H = 280 \text{ м} < 300 \text{ м}$ ,  $X = 18,6 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.} > 15,0 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$

Поточний прогноз викидонебезпечності необхідно вести з глибини 300 м, а викид вугілля та газу стався на глибині 280 м.

На шахті «Перевальна» ВО «Ворошиловградвугілля» 04.10.75 р. на пласті  $k_3^H$  – стався раптовий викид на глибині 260 м. Згідно з [26] і табл. 5  $M = 11,8$ ,  $H = 260 \text{ м} < 300 \text{ м}$ ,  $X = 16,0 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.} > 15,0 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ , тобто, поточний прогноз повинен вестися з глибини 300 м, а раптовий викид стався на глибині 260 м. Інші аналогічні випадки, взяті з [21] приведені в табл. 7.

У всіх випадках, які викладені в табл. 7, прогноз викидонебезпечності, а, отже, віднесення пластів до загрозливих, повинні вести з глибин, що регламентуються табл. 5 (друга редакція [26]). Але, проте, в цих випадках і в тих, що описані вище, раптові викиди вугілля і газу відбулися на глибинах, що регламентовані [26] і табл. 5.

Введені коригування глибини в [26] складені, очевидно, без аналізу наявних даних про глибини перших раптових викидів вугілля і газу з урахуванням характеристик вугільних пластів. Можливо, дана пропозиція не буде суперечити існуючим гірничо-геологічним умовам. Але, проте, слід при застосуванні нових методик враховувати дані старих, і в суперечливих випадках ввести додатковий контроль безпеки до виявлення правильності і підтвердження пропозицій табл. 5 [26]. Загальним недоліком викладених методик і розробок по категоризації загрозливих по раптовим викидам вугілля та газу можна вважати відсутність методики визначення або відбору проб вугілля для визначення показників  $V^{daf}$  і  $y$  а також необхідність уточнення даних природної газонасиченості або її визначення в шахтних умовах. Крім того, враховуючи факт, що викидонебезпечних зон не більше 5 %, то необхідно приймати до обліку не середні, а фактичні значення  $V^{daf}$  і  $y$  з обов'язковим урахуванням конкретних гірничо-геологічних умов. Необхідно також конкретизувати, на які конкретні ділянки шахтного поля будуть поширюватися укладення про категоризацію пластів, або вони будуть поширюватися в цілому на весь шахтопласт. При відсутності геолога розвідувальних даних

для категоризації шахтопласта, його слід віднести до категорії мінімум загрозових за раптовими викидами вугілля і газу, що можна буде і в подальшому скоригувати відбором проб, визначенням газоносності в конкретних гірничо-геологічних умовах. При категоризації вугільних пластів виникла необхідність більш ретельного вивчення із залученням інших показників прояву викидонебезпечності. Категоризація вугільних пластів за знову запропонованою (старою) методикою повинна враховувати можливість прояву інших видів ГДЯ [37-40]. Дослідженнями МакНДІ [34] підтверджений факт, що в пробах вугілля, відібраних з місць викидів, показник ступеня метаморфізму  $M$  характеризується більш низькими значеннями (підвищеним метаморфізмом в порівнянні з вугіллям з безпечних зон або ділянок). Мінливість метаморфізму могла вплинути на викидонебезпечність не тільки пласта в цілому, але і окремих його ділянок зон. Окремі результати визначень  $M$  не менше, чим за трьома пробами з місць, де сталися раптові викиди, приведені в табл. 8.

Таблиця 7 – Відомості про раптові викиди вугілля і газу, які відбулися вперше на шахтах, категоризованих, як загрозові по раптовим викидам вугілля і газу згідно з [21]

| Виробниче об'єднання, шахта  | Відомості про раптові викиди вугілля і газу |         |            | Дані згідно з табл. 5 |               |                               |         |
|--|---|---------|------------|-----------------------|---------------|-------------------------------|---------|
|  | Рік   | Пласт   | Глибина, м | $M$                   | $V^{daf}$ , % | $X$ , м <sup>3</sup> /т.с.б.м | $H$ , м |
| «Ворошиловградвугілля», №10 ім. Артема   | 1941  | $l_2^1$ | 280        | 14,0 <sup>*)</sup>    | 14,0          | —                             | 340     |
| «Орджоникідзевугілля», «Юнком»   | 1928  | $k_3^e$ | 256        | 11,0                  | 11,0          | —                             | 300     |
| «Краснодонвугілля», «Западна»  | 1958  | $k_2^H$ | 328        | 14,78 <sup>**) </sup> | 24,0          | —                             | 340     |
| «Ворошиловградвугілля», №10 ім. Артема   | 1951  | $k_6$   | 254        | 11,4                  | 11,4          | —                             | 300     |
| «Ворошиловградвугілля», №10 ім. Артема   | 1949  | $k_5$   | 254        | 10,5                  | 10,5          | —                             | 300     |
| <sup>*)</sup> $y = 0$ мм – товщина пластичного шару у всіх наступних випадках;<br><sup>**) </sup> $y = 25$ мм. |   |         |            |                       |               |                               |         |

Зольність вугілля в пробах не перевищувала 10 %, яка була регламентована в той час ГОСТ 6382-80 і не чинила істотний вплив на результати аналізу  $V^{daf}$ , розбіжність між даними паралельних визначень  $V^{daf}$  не перевищувала 1 %. Отримані дані значень  $V^{daf}$  (табл. 8) показують на зменшення (до 48 %) абсолютної величини  $V^{daf}$  в місцях викидів, в порівнянні зі звичайними ділянками відпрацювання пласту.

Про це свідчать дослідження, які були проведені на шахті ім. М.І. Калініна ВО «Донецьквугілля» в умовах першої західної лави пласту  $h_7$ . Виїмка вугілля у верхній ніші велася вибуховим способом в режимі струсного підривання. По лаві велася визначення зони розвантаження за даними газовиділення. Під час вибухових робіт відбулося два раптових викида вугілля і газу інтенсивністю 50 т і 120 т вугілля (табл. 9) [21-37]. Таким чином, навіть на обмежених ділянках

протяжністю 6-12 м ступінь метаморфізму може істотно змінюватися, досягаючи величини, при якій можуть відбуватися раптові вибухи вугілля та газу.

Таблиця 8 – Дані визначення  $V^{daf}$  в небезпечних і безпечних по викидам зонах

| Шахта, пласт, виробка  | Глибина розробки, м | Дата викидів | Питомий вихід летючих, $V^{daf},\%$ |                      |
|--|---------------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|
|  |                     |              | в місці викида                      | звичайний для пласта |
| ВО «Орджоникидзевугілля»   |                     |              |                                     |                      |
| «Червоний Жовтень», $l_1^6$ – Мазур, лава                                  | 790                 | 06.10.84 р.  | 11,2                                | 17,5                 |
| «Вуглегірська», $k_5^2$ – П'ята, відкаточний штрек                         | 700                 | 27.09.84 р.  | 4,6                                 | 8,9                  |
| «Вуглегірська», $m_5$ – Куций, відкаточний штрек                           | 580                 | 24.05.84 р.  | 6,5                                 | 11,0                 |
| Ім. Карла Маркса, $k_6$ – Анатолівський, квершлаг                          | 875                 | 09.01.85 р.  | 12,6                                | 19,4                 |
| «Червоний Жовтень», $h_7$ – Смолянинівський, відкаточний штрек             | 790                 | 01.02.85 р.  | 6,0                                 | 10,1                 |
| ВО «Донецьквугілля»  |                     |              |                                     |                      |
| Ім. Газети «Соціалістичний Донбас», – Прасковієвський, бортова № 53        | 837                 | 26.01.85 р.  | 11,9                                | 17,0                 |
| «Заперевальна», $h_7$ – Смолянинівський, розрізний ходок 4-й західної лави | 800                 | 31.01.85 р.  | 14,2                                | 15,6                 |

**Обговорення.** Останнім часом результати досліджень у цьому напрямку найчастіше йдуть по шляху збільшення і ускладнення процедури встановлення остаточного результату. Разом з цим, практика потребує навпаки, прискорення процедури і спрощення методики отримання результату. Мабуть, і дослідники, і виробничники повинні спільно знайти якусь точку дотику, яка з одного боку задовольняла по надійності одержуваного результату, а з іншого – була би не вельми трудомісткою і мала можливість швидкого втілення. Така методика, на мою думку, була б вельми затребувана.

Таблиця 9 – Результати визначення  $V^2$  в місці викида вугілля і газу і на ділянках лави

| Дата і місце раптового викида вугілля і газу            | Інтенсивність, т | Вихід летючих речовин $V^{daf}$ , % |                           |                           |                            |                              |
|---|------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
|   |                  | в стінці порожнини                  | вниз по лаві від ніши 2 м | вниз по лаві від ніши 7 м | вниз по лаві від ніши 12 м | звичайні значення для пласта |
| 17.02.85 р. верхня ніша 1-ї західної лави               | 50               | 14,5                                | –                         | 16,0                      | 16,6                       | 17-18                        |
| 26.02.85 р. верхня ніша 1-ї західної лави (через 6,0 м) | 120              | 15,9                                | 16,5                      | 17,1                      | 18,0                       | 17-18                        |

Проведений в подальшому аналіз 148 визначень  $V^{daf}$  на 56 викидонебезпечних пластах п'яти виробничих об'єднань [34] показав, що відмінності  $V^{daf}$  в небезпечних і безпечних по викидам зонах істотне і дозволяє зробити висновок

локальної аномальності метаморфізму вугільних пластів і про можливості прогнозування таких зон з використанням показника виходу летючих [26, 36]. З огляду на викладене, використання середніх значень показників при категоризації вугільних пластів за ступенем їх викиднебезпечності повинно бути як попереднє, з обов'язковим уточненням ступеня викиднебезпечності при веденні гірничих робіт [37-40].

Наявність похибок в визначенні природної газоносності [31, 32] до 15-20 % і виходу летючих речовин [33] до 20 % повинно бути компенсоване або запасом критеріальних значень, або пошуком нових додаткових критеріїв при категоризації пластів вугілля по небезпечності для різних видів ГДЯ. В якості одного з шляхів вирішення даної задачі може бути використання методики визначення прогнозного ступеня викиднебезпечності вугільних пластів при веденні гірничих робіт шляхом класифікації на основі кластерного аналізу [24]. Застосування методики сприятиме підвищенню надійності категоризації вугільних пластів за ступенем викиднебезпечності. З огляду на викладене, експериментаторам необхідно освоїти нову нормативну методику для визначення комплексного показника метаморфізму по виходу летючих речовин в сукупності з товщиною пластичного слою. Причому, визначення показника виходу летючих освоєно в нормованій лабораторії ІГТМ НАН України, а показник товщини пластичного слою вугілля знаходиться на стадії освоєння.

Враховуючи, що в теперішній час ведеться доопрацювання шахтних запасів і нові шахти практично не готуються, особливо на великих глибинах і на пластах, схильних до ГДЯ, дані категоризації пластів, згідно з прийнятими в СОУ [24, 26] слід вважати попередніми, і в першу чергу необхідними на стадії розробки проекту будівництва шахти або допрацювання запасів шахтного поля. Остаточне рішення повинно прийматися за фактом проведення додаткових досліджень в процесі ведення гірничих робіт і з урахуванням можливого виявлення не тільки раптових викидів вугілля та газу, але і інших відомих видів ГДЯ. Таким чином, цілком очевидна необхідність коригування нормативного документу по категоризації викиднебезпечних вугільних пластів з урахуванням можливого прояву не тільки раптових викидів вугілля та газу але і інших відомих видів ГДЯ.

Виконання таких комплексних досліджень для оцінки газодинамічного стану потенційно викиднебезпечних зон на загрозованих пластах у міру поглиблення гірничих робіт показало також необхідність своєчасного переведення їх в категорію викиднебезпечних до реалізації першого викиду.

Обґрунтування можливості і доцільності – розробити нормативні вимоги до можливого переведення ділянок вугільних пластів і викиднебезпечних пісковиків з безпечних в загрозові, а із загрозованих в викиднебезпечні і навпаки з викиднебезпечних пластів або загрозованих в безпечні. Причому поділ шахтопластів на категорії небезпечності по раптовим викидам вугілля (породи) і газу, на мою думку, слід вести за такою схемою. До шахтопластів, схильних до раптових викидів вугілля (породи) і газу, відносяться небезпечні і загрозові по раптовим викидам шахтопласти. В окремих випадках необхідно виділяти особливо викиднебезпечні ділянки шахтопластів. До викиднебезпечних відносяться

шахтопласти, на яких відбулися раптові викиди або, викидонебезпечність яких встановлена поточним прогнозом або прогнозом при розтині.

До загрозовливих відносять вугільні шахтопласти з глибин, визначених відповідно до вимог [24]. А до особливо викидонебезпечних відносяться ділянки викидонебезпечних шахтопластів в межах незахищеної нижньої частини етажy, в зоні геологічного порушення, в зоні підвищеного гірського тиску. При чому, перелік і порядок відпрацювання особливо викидонебезпечних ділянок шахтопластів, викидонебезпечних, загрозовливих, захисних шахтопластів, перехід створів, необхідність застосування методів прогнозу або способів запобігання викидів на викидонебезпечних незахищених пластах щорічно при розгляданні програми розвитку гірничих робіт визначає комісія під головуванням технічного керівника вугільної компанії в складі представників територіального управління Держпраці України, ІГТМ НАН України. Зазначені перелік і порядок відпрацювання затверджується сумісним наказом компанії, відпрацьовуючих пласт, і територіального управління Держпраці України.

### Висновки.

1. Виконання комплексних досліджень для оцінки газодинамічного стану потенційно викидонебезпечних зон на загрозовливих пластах у міру поглиблення гірничих робіт показало необхідність своєчасного переведення їх в категорію викидонебезпечних до реалізації першого викиду.

2. Встановлена необхідність коригування нормативного документа по категоризації викидонебезпечних вугільних пластів з урахуванням більш повної кваліфікації всіх видів ГДЯ. Використання такої класифікації може бути корисним також і при створенні єдиної геоінформаційної системи, що включає бази даних про газодинамічні явища і що дозволяє забезпечити аналіз і узагальнення інформації, з метою виявлення закономірностей прояву ГДЯ, перевірки різних гіпотез і узагальнення досвіду ведення гірничих робіт на пластах небезпечних по газодинамічним явищам.

3. Необхідно освоїти нову нормативну методику для визначення комплексного показника метаморфізму по виходу летючих речовин в сукупності з товщиною пластичного шару. Причому, визначення показника виходу летючих освоєно в нормованій лабораторії ІГТМ НАН України, а показник товщини пластичного шару знаходиться на стадії освоєння.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906 – 2006 гг.: справочник / Н.Е. Волошин, Л.А. Вайнштейн, А.М. Брюханов и др. Донецк: СПД Дмитриенко, 2007. 908 с.
2. Быков Л.Н. Теория внезапных выдавливаний и основные методы борьбы с ними (Центральный район Донбасса) / Проблемы борьбы с рудничным газом и каменноугольной пылью. М.-Л., 1934. С. 7-41.
3. Яровой И.М. Руководство по разработке пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. М.: Углетехиздат, 1949. 167 с.
4. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. М.: Госгортехиздат, 1961. 363 с.
5. Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. М.: Недра, 1981. 300 с.
6. Забигайло В.Е., Николин В.И. Влияние катагенеза шахтных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность. К.: Наукова думка, 1990. 168 с.
7. ГОСТ 1186-87. Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей. М.: ИПК Издательство стандартов, 1986. 24 с.
8. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины / А.В. Анцыферов, А.А. Голубев, В.А. Канин и др. Донецк: Вебер, 2010. Т. 2. 473 с.

9. Большинский М.И., Лысков Б.А., Каплюхин А.А. Газодинамические явления в шахтах. Севастополь: Вебер, 2003. 284 с.
10. Правила безпеки у вугільних шахтах. Харьков: Форт, 2015. 248 с.
11. Совершенствование способов и средств безопасной разработки угольных пластов, склонных к газодинамическим явлениям / В.П. Коптиков, Б.В. Бокий, С.П. Минеев, И.А. Южанин, А.В. Никифоров. Донецк: Проминь, 2016. 480 с.
12. Минеев С.П. Прогноз и способы борьбы с газодинамическими явлениями на шахтах Украины. Мариуполь: Восточный издательский дом, 2016. 258 с.
13. Минеев С.П., Усов О.А., Поляков Ю.Е. Напорная фильтрация в углепородном массиве. Днепр: Белая, 2021. 260 с.
14. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа. М.: Недра, 1977. 160 с.
15. Горное дело. Терминологический справочник. М.: Недра, 1990. 168 с.
16. СОУ 10.1.00174088.015:2008. Правила прогнозу викидонебезпеки за сорбційними показниками вугілля. К.: Мінвуглепром України, 2008. 13 с.
17. СОУ 10.1.00174088.017:2009. Правила перетинання гірничими виробками зон геологічних порушень на пластах, схильних до раптових викидів вугілля та газу. К.: Мінвуглепром України, 2009. 39 с.
18. СОУ-П Методика визначення виходу летких речовин вугільного пласта та нижніх меж вибуховості вугільного пилу. Дніпро: ИГТМ НАН України, 2019. 22 с.
19. СОУ 10.1.00174088.017:2009. Типове положення про ділянку вентиляції і техніку безпеки (ВТБ) шахти. К.: Мінвуглепром України, 2005. 23 с.
20. Повышение эффективности гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов / С.П. Минеев, А.А. Потапенко, Т.Я. Мхатвари, А.В. Никифоров, С.В. Кузяра, Э.И. Тимофеев. Донецк: Східний видавничий дім, 2013. 216 с.
21. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / С.П. Минеев, А.А. Рубинский, О.В. Витушко, А.Г. Радченко. Донецк: Східний видавничий дім, 2010. 604 с.
22. Левенштейн М.Л. Эталонная шкала метаморфизма углей / *Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород*. 1985. С. 83-88.
23. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. М.: ИГД, 1989. 192 с.
24. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. К.: Мінвуглепром України, 2005. 225 с.
25. Руководство по определению степени (категории) выбросоопасности угольных пластов и забоев горных выработок с учетом глубины и технологии ведения горных работ. Люберцы-Кемерово: Министерство топлива и энергетики РФ, 1999. 8 с.
26. СОУ-П 10.1.00174088.029:2011. Правила отнесения угольных пластов к категориям выбросоопасности. К.: Минэнерго Украины, 2011. 25 с.
27. Методические указания по составлению технической документации по безопасной разработке пластов, склонных к газодинамическим явлениям на шахтах Донбасса. Макеевка: МакНИИ, 1997. 44 с.
28. Левенштейн М.Л., Тарасов Л.Б. Граничные показатели для выделения невыбросоопасных зон / *Уголь Украины*. 1986. № 2. С. 41-42.
29. Рекомендации по практическому применению п. 2.1.3 таблицы 2.1 «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа». Макеевка: МакНИИ, 1989. 4 с.
30. Об изменениях и дополнениях к «Инструкции...». Совместное письмо Минуглепрома СССР (№2-35-16/685) и Госпроматомнадзора СССР (№ 06-1-10/482). М.: Минуглепром СССР, 1986. 12 с.
31. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М.: Недра, 1977. 96 с.
32. Методика определения природной газоносности угольных пластов действующих и строящихся шахт Донбасса. Макеевка-Донбасс: Минуглепром СССР, 1981. 83 с.
33. ГОСТ 6382-91. Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ. М.: Издательство стандартов, 1991. 22 с.
34. Тимофеев, Э.И. Локальность выбросоопасности и метаморфизма угольных пластов / *Создание безопасных условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ. Макеевка-Донбасс*, 1985. С. 106-110.
35. Вскрытие выбросоопасных угольных пластов проходческими комбайнами / С.П. Минеев, А.В. Ильюшенко, А.В. Вострецов, В.В. Медведев, К.И. Воловецкий. Днепр: Халиков, 2018. 136 с.
36. Минеев С.П. Свойства газонасыщенного угля. Днепропетровск: НГУ, 2009. 200 с.
37. Минеев С.П., Прусова А.А., Корнилов М.Г. Активация десорбции метана в угольных пластах. Донецк: Вебер, 2007. 252 с.
38. Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, породы и газа / А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко и др. Днепропетровск: Монолит, 2012. 360 с.
39. Баранов В.А., Хоменко Ю.Т. Оценка газоносности угольных месторождений. Днепропетровск: ГВУЗ НГУ, 2015. 163 с.
40. Новая методология классифицирования газодинамических явлений в угольных шахтах / А.Ф. Булат, С.П. Минеев, А.М. Брюханов, В.П. Коптиков, А.В. Никифоров / *Уголь Украины*. 2014. №7. С. 23-30.

## REFERENCES

1. Voloshin, N.Ye., Vaynshteyn, L.A., Bryukhanov et al. (2007), *Vybrosy uglya, porody v shakhtakh Donbassa v 1906 – 2006 g.g.: spravochnik*: [Coal emissions of rocks in the mines of Donbass in 1906-2006: reference book:], SPD Dmitrenko, Donetsk, Ukraine.

2. Bykov, L.N. (1934), "Theory of sudden extrusion and the main methods of dealing with them (Central region of Dobass)", *Problemy borby s rudnichnym gazom i kamennougolnoy pylyu* [The problem of combating firedamp and coal dust], Moscow – Lenin-grad, USSR, pp. 7-41.
3. Yarovoy, I.M. (1949), *Rukovodstvo po razrabotke plastov, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglya i gaza* [Development guide for seams hazardous by sudden coal and gas outbursts], Ugletekhnizdat, Moscow, USSR.
4. Hodot, V.V. (1961), *Vnezapnye vybrosy uglya i gaza* [Sudden outbursts of coal and gas], Gosgortekhnizdat, Moscow, USSR.
5. Nikolin, V.I., Balinchenko, I.I. and Simonov, A.A. (1981), *Borba s vybrosami ugla i gaza v shakhtakh* [Combating coal and gas emissions in mines], Nedra, Moscow, USSR.
6. Zabigaylo, V.Ye. and Nikolin, V.I. (1990), *Vliyaniye katageneza shakhtnykh porod i metamorfizma ugley na ikh vybrosoopasnost* [The influence of catagenesis of mine rocks of coal metamorphism on their emission hazard], Naukova dumka, Kyiv, USSR.
7. Ministry of Coal Industry of the USSR (1986), *1186-87. Ugli kamennye. Metod opredeleniya plastometricheskikh pokazateley. Standart* [1186-87. Hard coals. Method for determination of plastometric indices. Standard], Ministry of Coal Industry of the USSR, Moscow, USSR.
8. Antsyferov, A.V., Golubev, A.A., Kanin, V.A. et al. (2010), *Gazonosnost i resursy metana ugolnykh basseynov Ukrainy. Tom 2* [Gas content and methane resources of coal basins of Ukraine. Vol. 2], Weber, Donetsk, Ukraine.
9. Bolshinsky, M.I., Lysikov, B.A. and Kaplyukhin, A.A. (2003), *Gazodinamicheskiye yavleniya v shakhtakh* [Gas-dynamic phenomena in mines], Weber, Donetsk, Ukraine.
10. Ministry of Coal Industry of Ukraine (2015), *Pravyla bezpeky u vugilnykh shakhtakh* [Safety rules in coal mines], Fort, Kharkov, Ukraine.
11. 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.
12. Mineev, S.P. (2016), *Prognoz i sposoby borby s gazodinamicheskimi yavleniyami na shakhtakh Ukrainy* [Forecast and ways to combat gas-dynamic phenomena in the mines of Ukraine], Skhidny vidavnychiy Dim, Mariupol, Ukraine.
13. Mineev, S.P., Usov, O.A. and Polyakov, Yu.Ye. (2021), *Napornaya filtratsiya v ugleporodnom massive* [Pressure filtration in the coal-bearing mass], Belaya, Dnepr, Ukraine.
14. Ministry of Coal Industry of the USSR (1977), *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na plastakh, sklonnykh k vnezapnym vybrosam uglya i gaza* [Instructions for the safe conduct of mining operations in seams prone to sudden outbursts of coal and gas], Nedra, Moscow, USSR.
15. *Gornoye delo. Terminologichesky spravochnik* [Mining. Terminology reference] (1990), Nedra, Moscow, USSR.
16. Ukraine Ministry of Coal Industry (2008), *10.1.00174088.015:2008. Pravyla prognozu vykydonebezpeky za sorbtynymy pokaznykamy vugillya: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart* [10.1.00174088.015:2008 Rules for forecasting hazard emissions for sorption indicators of coal: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
17. Ukraine Ministry of Coal Industry (2009), *10.1.00174088.017:2009. Pravyla peretynannyyu gimnychymy vyrobkamy zon geologichnykh porushen na plastakh, skhylnykh do raptovykh vykydiv vugillya i gazu: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart* [10.1.00174088.017:2009 Rules for crossing by mine working of zones of geological disturbances on formations prone to sudden emissions of coal and gas: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
18. *Metodyka vyznachennya letkykh rehovyn vugilnogo plasta ta nyzhnikh mezh vybukhovosti vugilnogo pylyu* [Method for determining the yield of volatile substances in the coal seam and the lower limits of explosiveness of coal dust] (2019), Dnepr, Ukraine.
19. Ukraine Ministry of Coal Industry (2005), *10.1.00174088.017:2009. Typove polozhennya pro dilynitsyu ventilyatsii i tekhniku bezpeky (VTB) shakhty: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart* [10.1.00174088.017:2009. A typical provision for the ventilation and safety section of the mine: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
20. Mineev, S.P., Potapenko, A.A., Mkhatri, T.Ya., Nikiforov, A.V., Kuzyara, S.V. and Timofeev, E.I. (2013), *Povysheniye effektivnosti gidrorykhleniya vybrosoopasnykh ugolnykh plastov* [Increasing the efficiency of hydraulic loosening of hazardous coal seams], Skhidny vidavnychiy Dim, Donetsk, Ukraine.
21. Mineev, S.P., Rubinskiy, A.A., Vitushko, O.V. and Radchenko, A.V. (2010), *Gornye raboty v slozhnykh usloviyakh na vybrosoopasnykh ugolnykh plastakh* [Mining operations in difficult conditions in the outburst coal seams], Skhidny vidavnychiy Dim, Donetsk, Ukraine.
22. Levenshtein, M.L. (1985), "Coal metamorphism reference scale", *Metamorfizm ugley i epigenez vmeshchayushchikh porod* [Metamorphism of coals and epigenesis of host rocks], Nedra, Moscow, USSR, pp. 83-88.
23. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na plastakh, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglya, porody i gaza* [Instructions for the safe conduct of mining operations in seams hazardous by sudden outbursts of coal, rock and gas] (1989), IGD, Moscow, USSR.
24. Ukraine Ministry of Coal Industry (2005), *10.1.00174088.011:2005. Pravyla vedeniya gornykh rabot na plastakh, skhylnykh k gazodinamicheskim yavleniyam: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart* [10.1.00174088.011:2005 Rules for conducting of mining operations in seams prone to gas dynamic phenomena: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
25. Ministry of Fuel and Energy of the RF (1999), *Rukovodstvo po opredeleniyu stepeni (kategorii) vybrosoopasnosti ugolnykh plasov i zaboev gornykh vyrabotok s uchedom glubiny i tekhnologii vedeniya gornykh rabot* [Guidelines for determining the degree



(category) of hazard of coal seams and faces of mine workings, taking into account the depth and technology of mining], Lubertsy – Kemerovo, Russia.

26. Ukraine Minenergo of Coal (2011), 10.1.00174088.029:2011. *Pravyla otneseniya ugolnykh plastov k kategorii vybrosoopasnosti* [Rules for assigning coal seams to hazard emission categories: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Minenergo of Coal Industry, Kiev, Ukraine.

27. Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu tekhnicheskoy dokumentatsii po bezopasnoy razrabotke plastov, sklonnykh k gazodinamicheskim yavleniyam na shakhtakh Donbassa [Methodological guidelines for the preparation of technical documentation for the safe development of seams prone to gas dynamic phenomena in the mines of Donbas] (1997), MakNII, Makeyevka, Ukraine.

28. Levenshtein, M.L. and Tarasov, L.B. (1986), "Limit values for highlighting non-emission hazardous areas", *Coal of Ukraine*, no. 2, pp. 41-42.

29. Rekomendatsii po prakticheskomu primeneniyu p.2.1.3 tablitsy 2.1 "Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na plastakh, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglya i gaza" [Recommendations for practical application p. 2.1.3 table. 2.1 "Instructions for the safe conduct of mining operations in seams prone to sudden outbursts of coal and gas"] (1989), MakNII, Makeyevka, Ukraine.

30. Ob izmeneniyakh i dopolneniyakh k „Instruktsii...”. *Sovmestnoye pismo Minugleproma SSSR (№2-35-16/685) i Gospromatomnadzora SSSR (№ 06-1-10/482)* [About changes and additions to the "Instructions ...". Joint letter from the USSR Ministry of Coal Industry (No. 2-35-16 / 685) and the USSR State Committee for Nuclear Supervision (No. 06-1-10 / 482)] (1986), Ministry of Coal Industry of the USSR, Moscow, USSR.

31. *Instruktsiya po opredeleniyu i prognozu gazonosnosti ugolnykh plasov i vmeshchyushchikh porod pri geplogorazvedochnykh rabotakh* [Instructions for determining and predicting the gas content of coal seams and enclosing rocks during geological exploration] (1977), Nedra, Moscow, USSR.

32. *Metodika opredeleniya prirodnoy gazonosnosti ugolnykh plastov deystvuyushchikh i stroyashchikhsya shakht Donbassa* [Method for determining the gas content of coal seams operating and under construction mines of Donbas] (1981), Ministry of Coal Industry of the USSR, Makeyevka – Donetsk, USSR.

33. Ministry of Coal Industry USSR (1991), 6382-91. *Toplivo tverdoye mineralnoye. Metody opredeleniya vyhoda letuchikh veshchestv: Gosudarstvenny standart Soyuz SSR* [6382-91. Solid mineral. Method for determining the release of volatile substances: State standard of the USSR], Ministry of Coal Industry of the USSR, Moscow, USSR.

34. Timofeev, E.I. (1985), "Locality of hazard and metamorphism of coal seams", *Creation of safe working conditions in coal mines*, MacNII, Makeyevka – Donetsk, Ukraine, pp. 106-110.

35. Mineev, S.P., Ilyushenko, A.V., Vostretsov, A.V., Medvedev, V.V. and Volosetskiy, K.I. (2018), *Vskrytie vybrosoopasnykh ugolnykh plastov prokhodcheskimi kombaynami* [Opening of outburst-hazardous coal seams by road headers], Halikov, Dnepr, Ukraine.

36. Mineev, S.P. (2009), *Svoystva gazonasyshtenogo uglya* [Saturated coal gas properties], NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.

37. Mineev, S.P., Prusova, S.S. and Kornilov, M.G. (2007), *Aktivatsiya desorbtsii metana v ugolnykh plastakh* [Activation of desorption methane in coal seams], Veber, Donetsk, Ukraine.

38. Bulat, A.F., Lukinov, V.V., Pimonenko, L.I. et al. (2012), *Geologicheskie osnovy i metody prognoza vybrosoopasnosti uglya, porody i gaza* [Geological foundations and methods for predicting the outburst hazard of coal, rock and gas], Monolit, Dnepropetrovsk, Ukraine.

39. Baranov, V.A. and Khomenko, Yu.T. (2015), *Otsenka gazonosnosti ugolnykh mestorozhdeniy* [Assessment of gas content of coal deposits], DVNZ NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.

40. Bulat, A.F., Mineev, S.P., Bryukhanov, A.M., Koptikov, V.P. and Nikiforov, A.V. (2014), "New methodology for the classification of gas-dynamic phenomena in coal mines", *Coal of Ukraine*, no. 7, pp. 23-30.

#### Про авторів

**Мінєєв Сергій Павлович**, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу керування динамічними проявами гірничого тиску, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), м. Дніпро, Україна, [sergmineev@gmail.com](mailto:sergmineev@gmail.com)

#### About the authors

**Minieiev Sergiy Pavlovych**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department of Pressure Dynamics Control in Rocs, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Science of Ukraine, Dnipro, Ukraine, [sergmineev@gmail.com](mailto:sergmineev@gmail.com)

**Аннотация.** В статье на основании анализа существующих методов категоризации выбросоопасности угольных пластов разработаны предложения по усовершенствованию методики категоризации выбросоопасности угольных пластов при ведении горных работ.

Методика исследований заключается в анализе существующих методов категоризации выбросоопасности угольных пластов с понижением глубины и скорости ведения горных работ. Установлена необходимость корректировки нормативного документа по категоризации выбросоопасных угольных пластов с учетом возможного проявления не только внезапных выбросов угля и газа, но и других известных видов ГДЯ, а также выявления основных критериальных признаков и показателей, которые должны определяться достаточно просто и без существенных временных затрат. Выполнена оценка категоризации ряда угольных пластов, которая зависит в отдельных

случаях от марки пласта (выхода летучих), но не во всех случаях от показателя  $M$ . Установлено, что в нормативном документе явная недоработка полученных зависимостей (возможно из-за отсутствия необходимого объема данных по изучению природной газоносности и других свойств и условий проявления внезапных выбросов угля и газа). Так, при значениях показателей  $M = 24,5-26,2$  и  $M = 23,7-27,6$  критическое значение природной газоносности и глубина ведения прогноза одинаковы. Такой феномен авторами документа не объясняется, как и почему при определении показателя  $M$  по различным зависимостям получаются одинаковые критерии выбросоопасности. Выполнение комплексных исследований для оценки газодинамического состояния потенциально выбросоопасных зон на угрожаемых пластах по мере углубления горных работ выявило необходимость своевременного перевода их в категорию выбросоопасных до реализации первого выброса. В статье рассмотрены методики отнесения угольных пластов к категориям выбросоопасности.

Установлена необходимость корректировки нормативного документа по категоризации выбросоопасных угольных пластов с учетом более полного классифицирования всех видов ГДЯ.

**Ключевые слова:** категоризация, выбросоопасность, угольные пласты, внезапные выбросы, нормативный документ

**Abstract.** Having analyzed the existing methods for categorizing the outburst hazard of coal seams the author worked out the proposals on improving the methodology for categorizing the outburst hazard of coal seams during their mining.

The research methodology includes analysis of existing methods for categorizing of prone-to-outburst coal seams depending on the depth and speed of mining operations driving. It is established that the regulatory document on categorization of the prone-to-outburst coal seams needs to be updated in order to take into account possible manifestation of not only sudden outbursts of coal and gas, but also other known types of gas-dynamic phenomena and to specify the main criterion features and indicators, which should be determined quite simply and without significant time costs. Categorization of several coal seams was assessed: in some cases it depends on the grade of the seam (volatile content), but not always on the indicator  $M$ . An obvious defect of the obtained dependencies was found in the regulatory document (perhaps the reason is the lack of necessary data on the study of natural gas content and other properties and conditions for the manifestation of sudden outbursts of coal and gas). Thus, with indicators  $M = 24,5-26,2$  and  $M = 23,7-27,6$ , critical value of natural gas content and the depth of prediction are the same. The authors of the regulatory document give no explanation to this fact as well as how and why, when determining the indicator for different dependencies, the same criteria of outburst hazard are obtained. The comprehensive studies on assessing a gas-dynamic state of potential prone-to-outburst zones in the threatened formations reveals that with greater depth of mining operations these zones should be timely transferred to the category of prone-to-outburst ones before the first outburst happens. In the paper, methods for referring the coal seams to the outburst hazard categories are discussed.

It is concluded that the normative document needs to be revised in terms of categorization of prone-to-outburst coal seams with taking into account a more complete classification of all types of gas-dynamic phenomena.

**Keywords:** categorization, outburst hazard, coal seam, sudden outbursts, normative document.

*Стаття надійшла до редакції 21.01.2021*