

**В'ячеслав ЛУКІНОВ<sup>1</sup>, Костянтин БЕЗРУЧКО<sup>1</sup>,  
Михайло МАТРОФАЙЛО<sup>2</sup>, Любов КУЗНЕЦОВА<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, Дніпро,  
e-mail: gvrvg@meta.ua

<sup>2</sup> Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,  
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

## **ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ**

Проведено аналіз досвіду робіт з прогнозування та попередження викидонебезпечності вугільних пластів Донецького та Львівсько-Волинського вугільних басейнів. Окремі вугільні пласти, які відпрацьовуються у Львівсько-Волинському вугільному басейні, на сучасних глибинах розробки, за даними геологорозвідувальних робіт належать до загрозливих через раптові викиди вугілля та газу. Проте викиди, на сучасних глибинах ведення робіт (від 300 до 600 м), у Львівсько-Волинському вугільному басейні до сьогодні не зафіксовані. Метою досліджень було визначення глибини можливого виникнення раптових викидів вугілля та газу в басейні з урахуванням особливостей його геологічної будови.

Наведено порівняльну оцінку можливої глибини прояву викидонебезпечності вугільних пластів Львівсько-Волинського вугільного басейну, яка виконана за нормативною методикою і розрахована за формулами, отриманими за результатами статистичного аналізу фактичного положення мінімальної глибини викидів вугілля та газу на шахтах Донбасу. Відсутність раптових викидів вугілля та газу на шахтах Львівсько-Волинського басейну пояснюється особливостями геологічної будови, головними з яких є наявність потужної товщі покривних відкладів та значно більша глибина зони метанових газів. Для шахти «Степова» ДП «Львіввугілля», яка зараз відпрацьовує вугільні пласти на глибинах до 600 м, викидонебезпечна ситуація, за виконаними розрахунками, прогнозується на глибинах понад 700 м.

*Ключові слова:* Львівсько-Волинський вугільний басейн, вугільні пласти, раптові викиди, зона метанових газів, прогноз викидонебезпечності.

**Постановка проблеми.** Раптові викиди вугілля та газу у вугільних шахтах є одними з найбільш шкідливих та водночас небезпечних газодинамічних явищ (ГДЯ). Такі викиди – це миттєве руйнування привибійної частини вугільного пласта, яке розвивається від вибою в глибину масиву, а подрібнене вугілля разом із газом викидається на велику відстань від вибою в гірничу виробку, руйнуючи все на своєму шляху, створюючи умови для виникнення вибуху або пожежі. Вони призводять до значних матеріальних збитків на ліквідацію наслідків аварій, а в деяких випадках – до травматизму та людських жертв. Вражаючими чинниками викидів є газ та механічна дія зруйнованої гірської маси. Основні фактори, які спричиняють виникнення

раптових викидів вугілля і газу: глибина ведення гірничих робіт, газоносність пластів, знижена міцність та структурна порушеність вугілля (Лукинов та ін., 2016).

Незважаючи на те, що на сьогодні є певний досвід прогнозування та попередження раптових викидів вугілля та газу, проблема їх запобігання остаточно не вирішена. Вугільні пласти, на яких відбувалися або можуть статися раптові викиди, підрозділяються на три категорії: загрозові, викидонебезпечні та особливо викидонебезпечні (Правила..., 2005).

Методи та способи прогнозу раптових викидів, у тому числі регламентовані нормативними документами, базуються на досвіді відпрацювання викидонебезпечних вугільних пластів Донецького басейну (понад 7,5 тис. раптових викидів з 1906 р.), і їхня дія автоматично поширюється на вугільні шахти Львівсько-Волинського басейну (ЛВБ). Деякі вугільні пласти, які відпрацьовуються у ЛВБ, на сучасних глибинах розробки, за даними геологорозвідувальних робіт, відповідно до СОУ (Правила..., 2005), належать до загрозових по раптових викидах вугілля та газу. Проте викиди у ЛВБ, на сучасних глибинах ведення робіт (від 300 до 600 м), до цього часу не зафіксовані. Імовірними причинами відсутності викидів на вугільних пластах, які згідно з прогнозом віднесені до загрозових, є деякі відмінності геологічної будови ЛВБ і Донецького басейну. Зокрема, це велика потужність покривних мезозойських відкладів над вугленосною товщею карбону та більша глибина зони метанових газів ЛВБ. Цей факт свідчить про часткову невідповідність підходу щодо прогнозування викидонебезпечності вугільних пластів у ЛВБ на прикладі досвіду Донбасу.

**Мета роботи** – визначення глибини можливого виникнення раптових викидів вугілля та газу у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні на основі особливостей геологічної будови його вугленосної товщі.

**Методика досліджень.** У результаті багаторічних робіт з вивчення причин виникнення раптових викидів вугілля та газу на вугільних шахтах Донецького басейну, детальних досліджень впливу на їх проявлення геологічних умов залягання вугленосних відкладів, властивостей вугілля та газодинамічних характеристик вугільних пластів, було створено цілу низку керівних та нормативних документів, останнім з яких, чинним на сьогодні, є затверджений галузевий стандарт, або стандарт організації України СОУ (Правила..., 2005). За ним до небезпечних по раптових викидах належать пласти, на яких у межах шахтних полів відбувалися ГДЯ (визначаються за фактичними викидами) або поточним прогнозом встановлювалася небезпека їхнього виникнення, підтверджувана відповідною комплексною оцінкою.

До загрозових за раптовими викидами належать пласти, характеристики яких (за даними геологорозвідувальних робіт) визначаються комплексним показником ступеня метаморфізму  $M$  (менш ніж 27,7) і відповідній цьому показнику глибині (150 м і більше), і величині газоносності ( $8 \text{ м}^3/\text{т}$  с.б.м. і більше), згідно з табл. 1 в СОУ (Правила..., 2005).

Комплексний показник ступеня метаморфізму вугілля  $M$  в умовних одиницях розраховують за формулами:

– у разі  $V^{daf}$  від 9 до 29 %:

$$M = V^{daf} - 0,16y, \quad (1)$$

Т а б л и ц я 1. Показники, за якими пласти належать до загрозливих за раптовими викидами вугілля і газу

Вихід летких речовин, $V^{daf}$ , %	Комплексний показник ступеня метаморфізму вугілля, $M$ , у. о.	Природна газоносність пласта, $\text{м}^3/\text{т с. б. м.}$	Глибина розробки пласта, м
Більше 29	Від 26,3 до 27,7	8 і більше	400
	Від 24,5 до 26,2	9 і більше	380
Від 9 до 29	Від 23,7 до 27,6	9 і більше	380
	Від 17,6 до 23,6	11 і більше	320
	Від 13,5 до 17,5	12 і більше	270
	Від 9,0 до 13,4	13 і більше	230
Менше 9 (але $\lg p > 3,3$ )	–	15 і більше	150

де  $y$  – товщина пластичного шару, мм (для вугілля, не схильного до спікання,  $y = 0$ ), відповідно до ГОСТ 1186;  $V^{daf}$  – вихід летких речовин, %, згідно з ГОСТ 6382;

– у разі  $V^{daf}$  більше 29 % комплексний показник ступеня метаморфізму  $M$  розраховується за формулою:

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

Якщо глибина розробки або газоносність пласта менші, ніж зазначено в табл. 1, а також якщо  $M > 27,7$  у. о. чи  $\lg p < 3,2$ , то незалежно від глибини розробки і газоносності пласт є безпечним за раптовими викидами вугілля і газу.

При величині  $M$ , яка дорівнює 26,3–27,7 у. о., зокрема, вугільні пласти вважаються загрозливими щодо викидів з глибини 400 м, якщо їхня природна газоносність більше  $8 \text{ м}^3/\text{т с. б. м.}$ . На глибинах менше 400 м, а також на глибинах понад 400 м при газоносності менше  $8 \text{ м}^3/\text{т с. б. м.}$  вугільні пласти належать до безпечних за викидами.

У роботі наведено порівняльну оцінку можливої глибини прояву викидонебезпечності вугільних пластів ЛВБ, яка виконана за нормативною методикою та розрахована за формулами, отриманими за результатами статистичного аналізу фактичного положення мінімальної глибини викидів вугілля та газу на шахтах Донбасу.

**Виклад основного матеріалу.** У роботах (Забигайло, 1973; Временное руководство..., 1980) було запропоновано вважати вугільні пласти, які належать до груп метаморфізму менш 3,5 Г, безпечними за викидами вугілля та газу, незалежно від глибини залягання і природної газоносності. Цей граничний критерій викидонебезпечності вугілля був уведений на заміну раніше застосованого критерію  $V^{daf} = 35$  %. У СОУ (Правила..., 2005) замість показника «група метаморфізму» застосований «комплексний показник ступеня метаморфізму –  $M$ ». При цьому показнику  $M = 27,7$  відповідає граничне значення групи метаморфізму 3,5 Г.

Окрім комплексного показника ступеня метаморфізму  $M$ , у СОУ (Правила..., 2005) фігурують також глибина і газоносність. Газоносність визначається критичним значенням 8 кубічних метрів метану на 1 тону сухої беззолної

маси ( $\text{м}^3/\text{т с. б. м.}$ ), а глибина, яка впливає на напружено-деформований стан гірського масиву, у цій формулі є факторним показником викидонебезпечності вугільних пластів, який визначається за показниками ступеня метаморфізму вугілля і не підтримується зв'язком з глибиною верхньої межі метанових газів.

У роботах (Печук, 1963; Забигайло и др., 1985) глибина як фактор викидонебезпечності вугільних пластів розглядається з двох позицій – як чинник, що впливає на метаносність вугільних пластів, і фактор, який визначає геостатичний тиск та впливає на напруженість вуглепородного масиву.

Метаноемність вугільних пластів залежить від пластового тиску газу і температури та має для кожної марки вугілля криву насичення метаном зі збільшенням тиску і зростання кількості метану у вугіллі на тлі росту їхнього ступеня метаморфізму, що створює сприятливі умови для прояву раптових викидів.

Зі збільшенням глибини ведення гірничих робіт зростає пластовий тиск газу, з'являються нові форми його прояву, у тому числі і динамічні (Забигайло и др., 1985). Цим пояснюється прямий вплив геостатичного тиску на напруженість масиву та утворення умов для проявів ГДЯ.

Статистичні дані (Забигайло, 1978; Забигайло и др., 1980, 1985) показали прямий зв'язок між глибиною залягання верхньої межі метанових газів і першими викидами вугілля для фіксованих марок вугілля з коефіцієнтом кореляції від 0,63 до 0,85. Зі збільшенням ступеня метаморфізму зростає зв'язок між верхньою межею метанових газів та верхньою глибиною прояву раптових викидів вугілля, а абсолютна різниця глибин між цими межами при пологому падінні пластів зменшується з 387 до 295 м.

Перерозподіл газів у вугільних пластах із глибиною їхнього залягання зумовлений міграцією газів, що утворюються в процесі метаморфізму, по вугільних пластах угору до земної поверхні та зустрічним потоком атмосферних газів, що проникають у вугільні пласти з атмосферного повітря. Унаслідок такого переміщення у вугільних пластах формуються зони, які характеризуються певним співвідношенням основних газових компонентів – метану, азоту та вуглекислого газу, які зі збільшенням глибини залягання поступово змінюють один одного, починаючи від виходу вугільного пласта на поверхню або під покривні відклади до глибини, на якій у складі газу присутній переважно метан.

На характер протікання процесів міграції впливають такі геологічні чинники, як ступінь метаморфізму та якісні характеристики вугілля, тектонічні умови залягання пластів, наявність стратиграфічних неузгоджень та деякі інші, врахування яких необхідне для отримання об'єктивної картини розподілу газів у вугільних пластах. Зазначимо, що газова зональність на вугільних родовищах притаманна тільки вугільним пластам і визначається тільки по них та для них, а розподіл газів у вугільних пластах не збігається з розподілом газів у вугленосних відкладах навколо загалом і в пісковиках-колекторах зокрема (Лукінов та ін., 2016).

Таким чином, глибина залягання вугільних пластів та глибина поверхні зони метанових газів опосередковано характеризують термодинамічні умови, газосність та напружений стан вугленосного масиву взагалі, і вугільних

пластів, у тому числі, і можуть бути комплексним показником викидонебезпечності вугільних пластів. Прогноз глибини першого викиду можна визначити враховуючи глибину верхньої межі метанових газів і ступінь метаморфізму вугілля (марки вугілля).

Для вугілля марки ГЖ і Ж при пологому падінні пластів на Донбасі можуть використовуватися такі емпіричні формули (Забигайло и др., 1985):

$$H_1 = 322 + 1,01H_0, \quad (3)$$

де  $H_1$  – прогнозна верхня глибина першого викиду вугілля;  $H_0$  – глибина верхньої межі метанової зони.

Експериментально встановлено, що зміна тиску газу з глибиною характеризується залежністю, близькою до прямолінійної, при відліку глибин від глибини верхньої межі метанових газів (Забигайло и др., 1985).

Отже, викладене вище дозволяє стверджувати, що ступінь метаморфізму вугілля, глибина залягання вугільних пластів та глибина залягання верхньої межі метанових газів комплексно характеризують газоносність, напружений стан масиву та фізико-механічні властивості, з якими знаходиться в тісному зв'язку викидонебезпечність вугільних пластів. Проте ці залежності отримані для геологічних та гірничо-технічних умов, у яких працюють шахти Донецького басейну, а враховуючи те, що виникнення раптових викидів вугілля та газу має єдину природу, прогнозування ГДЯ цього виду для умов Львівсько-Волинського басейну має бути скориговано.

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн у геоструктурному відношенні являє собою полого асиметричну западину на південно-західній окраїні Волино-Подільської плити. У будові Львівського палеозойського прогину беруть участь карбонатні відклади середнього і верхнього девону та теригенні відклади вугленосної формації турнейського, візейського, серпухівського і башкірського ярусів нижнього та середнього карбону. Літолого-стратиграфічний розріз представлений аргілітами, алевролітами, пісковиками, вапняками. Для ЛВБ характерне загальне моноклінальне падіння відкладів карбону на захід (6–8°), на фоні якого встановлені вторинні дислокації у вигляді підняття і занурень, які в плані збігаються з нерівностями поверхні фундаменту.

За ступенем метаморфізму та марочним складом вугілля ЛВБ належить до марок Д, ДГ, Г, ГЖ та Ж (на Любельському родовищі – до марки К).

Вугілля Львівсько-Волинського басейну відрізняється від вугілля Донбасу з аналогічними ступенями метаморфізму як виходом летких речовин, так і їхньою спіклівістю. Вихід летких речовин – один із головних класифікаційних показників, які визначають ступінь метаморфізму та марочний склад вугілля. Але значний вплив на нього мають генетичні особливості та петрографічний склад вугілля.

Вихід летких речовин змінюється на площі басейну від 26 до 46 %, переважне показник 32–40 %. Спостерігається зниження виходу летких речовин з північного сходу на південний захід.

Елементний склад вугілля також є важливим показником ступеня метаморфізму вугілля та його марочного складу і, у середньому, кількість органічного вуглецю у вугіллі ЛВБ коливається в межах від 81,1 до 85,4 %, збільшуючись у південному і південно-західному напрямку. Товщина пластичного шару ( $\nu$ ) змінюється від 0 до 30 мм, збільшуючись у південно-західному напрямку.

Отже, ступінь метаморфізму вугілля у Львівсько-Волинському басейні збільшується в південно-західному напрямку та зі стратиграфічною глибиною. Також у цьому напрямку спостерігається закономірне збільшення потужності вугленосної товщі басейну – від 510 м на півночі до 1160 м на південному сході. У тому самому напрямку спостерігається збільшення вмісту метану в газах вугільних пластів та їхньої газонасності.

Верхня межа зони метанових газів майже повсюдно збігається з контактом відкладів карбону і мезозойських відкладів, потужність яких збільшується в західному та південно-західному напрямку до 440 м для юрських відкладів та від 140 до 980 м – для верхньокрейдових (Струев и др., 1984). Глибина залягання метанової зони становить 520–600 м у Нововолинському районі, 370–470 м – у Червоноградському (південна частина), 510–780 м (Тяглівське родовище) (Струев и др., 1984) і 680–800 м (Любельське родовище) – у Південно-Західному (Сокоренко та ін., 2011).

Розподіл газів у ЛВБ зумовлений багатьма природними геологічними чинниками, головними з яких є: наявність регіонального екрану у вигляді потужної, щільної вапняково-мергелевої товщі верхньої крейди, яка в непорушеному стані газонепроникна; циклічний характер вугленосності; генетичний тип вугілля і ступінь метаморфізму; тектонічна будова; поширення газоводонасних пісковиків-колекторів; сорбційна метаносмність вугілля. Зокрема, на полях діючих шахт південної частини Червоноградського району кількість метану у вугільних пластах від  $b_3$  до  $n_9$  на глибинах 420–450 м становить 29,0–59,0 %, а по основних промислових пластах  $n_8^B$ ,  $n_8$ ,  $n_7^B$ ,  $n_7$  і  $n_7^H$  на глибинах 420–610 м – зростає до 70–81 % (Струев и др., 1984).

Газонасність вугілля Львівсько-Волинського басейну на Волинському родовищі не перевищує 3 м<sup>3</sup>/т г. м. Південніше на Забузькому родовищі вона становить 3–8 м<sup>3</sup>/т г. м., на Межирічанському – 15–24 м<sup>3</sup>/т г. м., а на Тяглівському – досягає 39–40 м<sup>3</sup>/т г. м. (Кушнирук, 1978).

Прогноз викидонебезпечності вугільних пластів проводився за вимогами СОУ (Правила..., 2005) та керівництва (Временное руководство..., 1980).

Далі наведено прогноз викидонебезпечності вугільних пластів на полі шахти «Степова» Червоноградського геолого-промислового району ЛВБ. Комплексний показник ступеня метаморфізму  $M$  по полю шахти «Степова» розрахований за крайніми і середніми значеннями.

Згідно з табл. 2, комплексний показник ступеня метаморфізму  $M$  для всіх пластів, що оцінюються на полі шахти «Степова», є меншим, ніж 27,7. Отже, у межах оцінки цього шахтного поля всі вугільні пласти, за результатами геологорозвідувальних робіт, необхідно вважати загрозованими за викидонебезпечністю. Однак провідний інститут з викидонебезпечності МакНДІ проводив дослідження і склав заключення по пласту  $n_7^H$ , обґрунтувавши його безпечність за викидами. Фактичні дані відробки вугільних пластів у ЛВБ підтверджують безпечність вугільних пластів за раптовими викидами. Це свідчить про необхідність корегування СОУ (Правила..., 2005) для застосування прогнозу викидонебезпечності вугільних пластів у ЛВБ.

Відповідно до СОУ (Правила..., 2005), за величини показника ступеня метаморфізму  $M < 27,7$  вугільні пласти належать до загрозованих, за умови газонасності більше 8 м<sup>3</sup>/т с. б. м. та глибини більше 400 м.



Т а б л и ц я 2. Результати розрахунку комплексного показника ступеня метаморфізму  $M$  для вугілля поля шахти «Степова»

Індекс пласта	Вихід летких, $V^{daf}$ , %	Товщина пластичного шару, у, мм	Комплексний показник ступеня метаморфізму вугілля, $M$ , у. о.
забалансовий $b_1$	35,5	12	27,4
забалансовий $n_{11}$	38,6	16	27,3
$n_9$	36,8	15,3	27,1
забалансовий $n_9$	36,2	14,1	27,2
$n_8^a$	37,1	15,8	27,1
забалансовий $n_8^a$	37,4	16	27,1
забалансовий $n_8$	33,3	14	26,5
$n_7^a$	35,4	16,4	26,6
забалансовий $n_7^a$	35,8	16	26,8
$n_7$	35,9	15	26,9
забалансовий $n_7$	34,6	14,3	26,7
$n_7^a$	34,8	15	26,7
забалансовий $n_7^a$	35,5	16	26,7

Але за такого підходу не враховується глибина залягання поверхні зони метанових газів. Імовірно, у цьому і полягає причина невідповідності отриманих даних прогнозу фактичним даним – відсутність викидів при веденні гірничих робіт на шахтах Львівсько-Волинського басейну.

Слід зазначити, що на глибину дегазації вугільних пластів істотно впливає тривалість ерозійних процесів та потужність покривних відкладів. На площах, де відклади карбону виведені на поверхню, а покривні відклади відсутні або мають незначну потужність (умови Донбасу), глибина зони деметанізації більша, ніж на ділянках, де кам'яновугільні відклади перекриті щільними породами значної потужності. Наприклад, на Тягівському родовищі у Львівсько-Волинському вугільному басейні потужність покривних відкладів, представлених теригенними юрськими, карбонатними верхньокрейдowymi, а також четвертинними утвореннями, досягає 540–550 м, що, з одного боку, перешкоджає дегазації вугільних пластів, а з іншого – збільшує відстань від земної поверхні до поверхні зони метанових газів. Верхня межа метанової зони на родовищі встановлена на глибинах 580–630 м на західному крилі синкліналі, 540–550 м на східному – безпосередньо під мезозойськими відкладами.

На Межирічанському родовищі потужність покривних відкладів, представлених вапняками та мергелями верхньої крейди, досягає 450 м. Загалом вона змінюється від 260 м на Волинському родовищі до 600 м і більше на південному заході басейну. Водночас верхня частина сеноманських мергелів тріщинувата і обводнена до глибини 120–180 м (Кушнирук, 1978). Це, з одного боку, перешкоджає дегазації вугільних пластів, а з іншого – збільшує відстань від земної поверхні до поверхні зони метанових газів.

У роботі (Забигайло и др., 1980) детально розглянуто вплив геологічних чинників на регіональну зональність прояву раптових викидів вугілля, зокрема на закономірний зв'язок між мінімальною глибиною прояву раптових ви-

кидів вугілля ( $H_b$ , м), з одного боку, та глибиною зони газового вивітрювання ( $H_0$ , м) і виходом летких компонентів ( $V^{daf}$ , %), з іншого. Дослідження проводили за даними шахт Донецького басейну, тому результати цілком справедливі для геологічних умов Донбасу, а для застосування в інших басейнах вимагають корегування. Зокрема, для Донбасу, окрім вищенаведеної формули (3), отримані такі залежності (Забигаїло и др., 1980):

$$H_b = 1,33H_0 + 220; \quad (4)$$

$$H_b = 17V^{daf} + 110; \quad (5)$$

$$H_b = 166 + 1,05H_0 + 5V^{daf}. \quad (6)$$

Особливістю геологічної будови Червоноградського вуглепромислового району є наявність мезозойських відкладів потужністю до 450 м, які перекривають кам'яновугільні відклади палеозою. Цей чинник є важливим у процесі формування закономірностей розподілу газу у вуглевмісній товщі, оскільки відклади мезозою слугують своєрідним регіональним флюїдоупором («покришкою») (Булат та ін., 2017).

Оскільки геологічній будові відкладів карбону в межах геолого-промислових районів Донбасу притаманна невелика товщина відкладів, які перекривають вугленосну товщу карбону, отримані залежності між показниками газодинамічних явищ на шахтах та характеристиками властивостей вугілля і положенням у межах метанової зони віддзеркалюють процеси, які сформували певну кількість метану на певній глибині, необхідну для реалізації раптового викиду, але ці залежності в інших басейнах можуть суттєво відрізнятися від закономірностей у Донбасі.

Оцінка глибини можливої появи раптових викидів вугілля, яка була виконана для шахти «Степова» у Львівсько-Волинському басейні, відповідно до СОУ (Правила..., 2005), вказує, що перші викиди вугілля та газу могли проявитися, для вугільного пласта  $n_7^H$ , на глибинах від 461 до 554 м, залежно від значень  $V^{daf}$  та  $u$ , які визначені за відібраними пробами вугілля на полі шахти. Сьогодні шахта відпрацьовує пласт  $n_7^H$  на горизонті 550 м. Проявів газодинамічних явищ, і зокрема, раптових викидів вугілля, на шахті не зафіксовано. На нашу думку, формула (1) не враховує глибини залягання вугільного пласта, не використовує як прогнозний показник глибину залягання поверхні зони метанових газів і тому не відображає, повною мірою, викидонебезпечної ситуації. Натомість наведені вище формули (3–6) опосередковано віддзеркалюють вплив трьох основних чинників, відповідальних за виникнення газодинамічного явища у вугільному пласті, – газу, напружено-деформованого стану гірського масиву та фізико-механічних властивостей вугілля. Положення верхньої межі викидів відносно глибини зони газового вивітрювання побічно вказує на напружено-деформований стан та ймовірну газоносність вугілля, яка зростає з глибиною, а вихід летких компонентів характеризує фізико-механічні властивості вугілля і його здатність утримувати певну кількість метану.

Якщо прийняти як прогнозні показники для ЛВБ значення  $H_0 = 450$  м, а мінімальне значення  $V^{daf} = 33,3$  %, тоді в розрахунках за наведеними вище формулами значення  $H_b$  становитимуть: за формулою 3 (яка розраховується тільки за значеннями  $H_0$  та не враховує показник  $V^{daf}$ , але використовується для умов поширення вугілля марок ГЖ і Ж) – 776 м; за формулою 4



(яка враховує тільки положення  $H_o$ , але не використовує показник  $V^{daf}$ ) – 818 м; за формулою 5 (яка використовується для будь-якого, без обмеження, значення  $V^{daf}$  та не враховує  $H_o$ ) – 676 м; за формулою 6 (у якій враховуються обидва показники – положення  $H_o$  та значення  $V^{daf}$ ) – 804 м. Прогнозна мінімальна глибина можливого прояву раптових викидів вугілля та газу ( $H_b$ ), яка розраховувалася за формулою 5, у якій відсутнє значення глибини  $H_o$ , має найменше значення – 676 м. Водночас розрахунок  $H_b$  тільки за даними  $H_o$ , за формулою 4, показує найбільше значення – 818 м. Близькі розрахункові значення  $H_b$  показують результати, що отримані за формулами 3 та 6, у яких враховується глибина  $H_o$  та або безпосередньо показник  $V^{daf}$ , або він враховується опосередковано, тому що формула 3 призначена застосовуватися у вузькому діапазоні змін показника  $V^{daf}$ . Рівняння множинної регресії, що характеризує залежність глибини верхньої межі викидів вугілля та газу від глибини зони газового вивітрювання та вагового виходу летких (формула 6) характеризується досить тісним зв'язком між цими показниками, на що вказує значення сукупного коефіцієнта кореляції, який дорівнює 0,91; за середньоквадратичною похибкою рівняння регресії – 46,5 м (Забигайло и др., 1985). З урахуванням відхилення, що дорівнює подвійному значенню середньоквадратичного відхилення,  $H_b$  за формулою 6 становитиме 711 м з надійністю 95 %. Для випадку ЛВБ, беручи до уваги необхідність забезпечення безпечних умов розробки, зокрема завчасною підготовкою до зустрічі з чинником викидонебезпечності вугільних пластів, який віддзеркалюється в положенні мінімальної глибини прояву викидів вугілля та газу, пропонується як прогнозу мінімальну глибину викидів вугілля та газу використовувати значення  $H_b$ , отримані за формулою 6, з урахуванням подвійної величини середньоквадратичного відхилення, тобто 711 м. Додаткові роботи з уточнення викидонебезпечності вугільних пластів на шахтах ЛВБ необхідно починати при досягненні гірничими роботами глибини понад 700 м.

**Висновки та перспективи розвитку напрямку.** Відсутність раптових викидів вугілля та газу на шахтах ЛВБ на вугільних пластах, відповідно до даних прогнозу, який виконано за методиками, регламентованими чинними нормативними документами (Правила..., 2005), складеними за досвідом дослідження викидонебезпечності в Донбасі, пояснюється відмінностями геологічної будови ЛВБ, головними з яких є наявність потужної товщі покривних відкладів та значно більша глибина зони метанових газів. Застосування для прогнозу емпіричних формул, до складу яких входить показник глибини зони метанових газів, дозволить врахувати ці відмінності та значно надійніше визначити можливі глибини виникнення раптових викидів, які для ЛВБ, за інших рівних умов, мають бути більшими, ніж у Донбасі. Зокрема, згідно з виконаними розрахунками, викидонебезпечна ситуація на шахті «Степова» прогнозується на глибинах понад 700 м.

Такий підхід може бути запропонований для прогнозу викидонебезпечності вугілля та газу і для інших шахт Львівсько-Волинського басейну. Для визначення прогнозної глибини можливого виникнення раптових викидів вугілля та газу доцільно в прогнозних розрахунках враховувати глибину зони метанових газів.

- Булат, А. Ф., Лукинов, В. В., Безручко, К. А. та ін. (2017). Геологічні особливості формування метановості гірничих виробок шахти «Степова» ДП «Львіввугілля». *Уголь Украины*, 7–8, 54–63.
- Временное руководство по прогнозу выбросоопасности угольных пластов Донецкого бассейна при геологоразведочных работах. (1980). Москва: ИГД им. Скочинского.
- Забигайло, В. Е. (1973). К основам регионального прогноза выбросоопасности угольных пластов, пород и газа по геологоразведочным данным. В *Современные методы изучения и прогнозирования горно-геологических условий при разведке угольных месторождений: тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара* (с. 53–57). Ростов-на-Дону.
- Забигайло, В. Е. (1978). *Геологические основы теории прогноза выбросоопасности угольных пластов и горных пород*. Киев: Наукова думка.
- Забигайло, В. Е., Широков, А. З., Кратенко, Л. Я. и др. (1980). *Геологические условия выбросоопасности угольных пластов Донбасса*. Киев: Наукова думка.
- Забигайло, В. Е., Лукинов, В. В., Зражевская, Н. Г. (1985). О прогнозной оценке минимальной глубины выбросов угля и газа на шахтах. *Уголь Украины*, 5, 41.
- Кушнирук, В. А. (1978). *Газоносность угленосной толщи Львовско-Волинского угольного бассейна*. Киев: Наукова думка.
- Лукинов, В. В., Приходченко, В. Ф., Жикаляк, М. В., Приходченко, О. В. (2016). *Методи прогнозу гірничо-геологічних умов розробки вугільних родовищ*. Дніпро: НГУ.
- Печук, И. М. (1963). Определение выбросоопасности пластов. *Уголь Украины*, 11, 50–52.
- Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: СОУ 10.1.00174088.011–2005. (2005). Київ: Мінвуглепром України.
- Сокоренко, С., Костик, І., Матрофайло, М. (2011). Особливості сучасної природної газоносності вугільних пластів та вуглевмісних порід Любелського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну. *Геолог України*, 2 (34), 81–89.
- Струев, М. И., Исаков, В. И., Шпакова, В. Б. и др. (1984). *Львовско-Волинский каменноугольный бассейн. Геолого-промышленный очерк*. Киев: Наукова думка.

Стаття надійшла:  
04.10.2019

**Viacheslav LUKINOV, Kostiantyn BEZRUCHKO,  
Mykhailo MATROFAILO, Liubov KUZNETSOVA**

#### **TO THE QUESTION OF OUTBURST HAZARD PREDICTION OF COAL BEDS AT THE LVIV-VOLYN BASIN**

Sudden coal and gas outbursts in coal mines are one of the most harmful and at the same time, dangerous gas-dynamic phenomena faced when coal producing. The sudden coal and gas outbursts is the evanescent destruction of the bottom-hole area in the coal bed, which develops from the bottom into the depth of a massif, and the crushed coal with gas is thrown to a long distance from the bottom into the mine, destroying everything in its way, creating the conditions for explosion and fire breaking-out. Sudden outbursts lead to significant material losses for the recovery from an accident and in some cases injuries and human losses. The problem of reliable prediction, prevention, and control of sudden coal and gas outbursts at coal mines remains extremely urgent, due to the constant increase in the depth of mining operations. The analysis of the experience of predicting and preventing the outburst hazard in coal beds of Donets and Lviv-Volyn coal basins is analyzed. At Donbas mines since 1906, there have been more than 7.5 thousand sudden outbursts.

Although mining had now reached considerable depths (from 300 to 600 m), the emergence of coal and gas outbursts have not been recorded. The purpose of the research is to determine the depth of the possible emergence of sudden coal and gas outbursts in the LVB, with regard to the peculiarities of the geological structure of the coal-bearing strata in the Lviv-Volyn coal basin.

The comparative possible depth estimation in the manifestation of the outburst hazard of the coal beds in the LVB is given. It is calculated according to the normative technique and performed according to the formulas obtained by the statistical analysis for the actual position of the minimum depth of coal and gas outbursts at the Donbas mines. The absence of sudden coal and gas outbursts at LVB mines on the coal beds, which are hazardous according to the prediction data, is performed according to the methods regulated by the normative documents and compiled by the experience of studying the outbursts in Donbas, is explained by the differences in the geological structure of the LVB, the main of which is the presence of thick mass of covering deposits and a significantly greater depth of the methane gas zone. The application of the empirical formulas prediction, which includes the methane gas zone depth index, allows us to account for these differences and it is much more reliable to determine the possible depths of sudden outbursts for LVB, which, all other things being equal, should be greater than in the Donbas. In particular, according to the performed calculations, the outburst hazard situation at the “Stepova” mine is predicted at depths of more than 700 m. As prediction indices for the calculations, values of methane gas zone depths of 450 m were adopted, and the minimum value of volatile-matter yield was 33.3%.

This approach can be proposed for predicting the coal and gas outbursts hazard in other Lviv-Volyn basin mines. To determine the predicted depth of the possible emergence of sudden coal and gas outbursts, it is advisable to take into account the depth of the methane gas zone in the prediction calculations.

*Keywords:* Lviv-Volyn coal basin, coal beds, sudden outburst, zone of methane gases, prediction of outburst hazard.