

© Є.С. Руднєв¹, М.І. Антощенко¹, Е.М. Філатьєва¹, В.А. Попович¹

¹ Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Дніпро, Україна

НЕБЕЗПЕЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАХТОПЛАСТІВ ТА АВАРІЇ В ОСНОВНИХ ВУГЛЕДОБУВНИХ КРАЇНАХ СВІТУ

© Ye. Rudniev¹, M. Antoshchenko¹, E. Filatieva¹, V. Popovych¹

¹ Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Dnipro, Ukraine

DANGEROUS PROPERTIES OF COAL SEAMS AND ACCIDENTS IN THE MAIN COAL-MINING COUNTRIES OF THE WORLD

Мета. Встановити актуальність та необхідність удосконалення нормативних документів щодо безпечного ведення гірничих робіт для прогнозу прояву небезпечних властивостей шахтопластів в частині їх формування при геологічних процесах.

Методика дослідження базується на результатах аналізу порівняння аварій у шахтах основних вугледобувних країн світу, що сталися за останні тридцять років за фактором небезпечних властивостей шахтопластів та інших факторів. Кількість постраждалих від прояву небезпечних властивостей у кілька разів перевищує кількість жертв за інших аварій.

Результати дослідження. Одним із головних напрямів зниження аварійності є достовірність прогнозу прояву небезпечних властивостей шахтопластів. Результати проведених досліджень виявили переважне виникнення аварій через прояв небезпечних властивостей шахтопластів. Удосконалення нормативних документів щодо безпечного ведення гірничих робіт в частині формування небезпечних властивостей шахтопластів при геологічних процесах, достовірний їх прогноз та розробка профілактичних заходів є дуже актуальними для всіх вугледобувних країн світу. На підставі результатів проведених досліджень відображено наявні проблеми встановлення критичного поєднання параметрів впливаючих факторів трьох блоків для виникнення аварійної ситуації.

Наукова новизна. Формування та прояв небезпечних властивостей шахтопластів згідно з вимогами чинних нормативних документів обумовлені лише ступенем метаморфічних перетворень органічної (горючої) маси, а інші стадії вуглеутворення (осадо накопичення, торф'яна та буровугільна) не беруться до уваги. Внаслідок цього вміст мінеральних домішок та деяких флюїдів не розглядаються як фактори, що впливають на прояв небезпечних властивостей шахтопластів.

Практичне значення. Встановлення впливу попередніх стадій вуглеутворення на процеси метаморфічної стадії дозволить суттєво вдосконалити нормативні документи щодо безпечного відпрацювання кам'яновугільних та антрацитових шахтопластів.

Ключові слова: вуглеутворення, аварії, шахтопласти, метаморфізм, небезпечні властивості, геологічні процеси, безпека, гірничі роботи, нормативна база, удосконалення.

Вступ. Аналіз аварій у вугільних шахтах, що сталися за останні кілька десятиліть, показує, що першопричиною їх виникнення в загальному випадку може бути спільний вплив факторів трьох блоків.

Фактори першого блоку формувалися при геологічних процесах у природних умовах за геологічних процесів утворення вугільних шахтопластів. У результаті цих процесів в окремих шахтопластів з'явилася схильність до прояву деяких

небезпечних властивостей під час гірничих робіт. До найбільш небезпечних властивостей, що призводять до аварій з важкими наслідками, відносяться підвищене газовиділення в гірничій виробки та легкозаймистих газів, раптові викиди вугілля та газу, виникнення вогнищ самозаймання вугілля, виділення пилу та його схильність утворювати з метаном вибухові суміші та деякі інші особливості, які ускладнюють відпрацювання вугільних пластів під час гірничих робіт.

До факторів другого блоку належать гірничо-геологічні умови залягання вугільних родовищ. Вони характеризують потужність розроблюваних і зближених пластів, властивості міцності порід, їх обводнення і деякі інші показники, які визначають, в підсумку, прийняття технологічних рішень щодо ефективної експлуатації вугільного родовища.

Технологічні параметри експлуатації вугільного підприємства характеризується факторами третього блоку. До них відносяться схеми розтину та підготовка родовища, схеми провітрювання, водовідливу та транспорту корисних копалин, матеріалів та обладнання, доставки до робочих місць співробітників та деякі інші операції, які забезпечують життєдіяльність шахти.

Для виникнення аварійної ситуації у підземних умовах необхідно деяке критичне індивідуальне поєднання параметрів факторів кожного блоку або комплексне поєднання значень факторів всіх трьох блоків. Труднощі встановлення критичного поєднання факторів, яке призводить до виникнення аварії, полягають у відсутності можливості, як правило, її повторного відтворення. З цієї причини при індивідуальному розслідуванні аварії за офіційною версією здебільшого її виникнення пов'язують із людським фактором чи природним явищем. У всіх випадках причин виникнення аварій критичне поєднання між факторами всіх трьох блоків, які відрізняються між собою природою виникнення, залишається за своєю суттю практично не встановленим.

Найбільш достовірно встановлюються фактори, які належать до другого та третього блоків. Гірничо-геологічні умови родовища досить точно визначаються на стадії його розвідки, а потім уточнюються у процесі ведення гірничих робіт. Технологічні параметри третього блоку експлуатації вугільного підприємства закладено у проектах його будівництва.

До найбільш важковстановлених відносять фактори першого блоку, які визначають умови формування небезпечних властивостей шахтопластів у процесі їх геологічних перетворень.

Аварії у сучасних вугільних шахтах, зумовлені проявом небезпечних властивостей шахтопластів.

Наявні відомості про аварії, що сталися за останні тридцять років переважно у вугледобувних країнах світу (матеріали MiningWiki) умовно можна розділити на дві категорії (табл. 1).

До однієї з них віднесено аварії, виникнення яких сталося під впливом природних властивостей шахтопластів (газоносність, схильність до викидів вугілля та газу, виникнення вогнищ самозаймання, вибуховість вугільного пилу тощо). До другої – решта аварій, до яких небезпечні властивості шахтопластів не мали відношення.

Відомості про аварії в шахтах основних вугледобувних країн
наприкінці XX століття та на початку XXI століття

№	Країна	Розглянутий період часу	Кількість аварій, шт.			Кількість жертв			Кількість постраждалих в одній аварії, людей	Види аварій	
			усього	за факторами, що визначають властивості шахтопластів	інших аварій	усього	за факторами небезпечних властивостей вугільних пластів	інші фактори		за факторами небезпечних властивостей шахтопластів	за іншими факторами
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Китай	21.04.1991÷ 21.11.2009	15	11	4	2219	1612	607	більше 100	Вибух газу, вибух газу та вугільного пилу, раптовий викид вугілля та газу	Затоплення
2	Україна	09.06.1992÷ 06.09.2021	49	42	7	927	863	64	5 і більше	Вибух вугільного пилу, вибух газової суміші, вибух метану та вугільного пилу, раптовий викид вугілля та газу, викид метану з подальшим горінням	Обвалення покрівлі, обрив кліті, обвалення копра, прорив води, обрив каната
3	Росія	24.11.1992÷ 25.11.2021	32	25	7	769	718	51	5 і більше	Вибух метану та вугільного пилу, вибух газової суміші, пожежа та вибух метану	Прорив води, обвалення порід покрівлі
4	Туреччина	лип.1983÷ 28.10.2014	21	17	4	— *	— *	— *	— *	Вибух газової суміші, пожежа	Обвалення порід, затоплення, вибух трансфора
5	Казахстан	19.11.1993÷ 07.11.2021	10	9	1	155	149	6	5 і більше	Вибух газової суміші, раптовий викид вугілля та газу	Падіння кліті

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Польща	06.02.2002÷ 05.05.2018	7	8	1	77	68	8	5 і біль- ше	Вибух вугільного пилу, вибух метану та вугільного пилу, гірський удар	– *
7	США	січ. 2006÷ 05.04.2010	5	2	3	– *	34	– *	5 і біль- ше	Вибух газової суміші	Обвалення порід
8	Мексика	23.01.2002÷ 19.02.2006	2	1	1	78	65	13	біль- ше 5	Вибух газової суміші	Затоплення шахти
9	Чехія	18.10.1990÷ 20.12.2018	2	2	0	43	43	0	біль- ше 5	Вибух газової суміші	–

Примітка: * – немає даних

У всіх випадках до найтяжчих наслідків із людськими жертвами призвели аварії, зумовлені проявом небезпечних властивостей шахтопластів. У всіх основних вугледобувних країнах кількість постраждалих від прояву небезпечних властивостей шахтопластів у кілька, а то й у кілька десятків разів перевищує кількість жертв за інших аварій (табл. 1).

Аварії, які періодично повторюються, за фактором небезпечних властивостей шахтопластів з тяжкими наслідками у всіх вугледобувних країнах світу свідчать про наявні змінні проблеми щодо їх своєчасного запобігання. Одним із найважливіших показників зниження аварійності є достовірність прогнозу прояву небезпечних властивостей шахтопластів та завчасна розробка профілактичних заходів відповідно до вимог нормативних документів щодо безпечного ведення гірничих робіт.

Результати проведеного аналізу причин виникнення аварій показують, що наукові дослідження щодо вдосконалення цих нормативних документів є дуже актуальними для всіх вугледобувних країн світу.

У наведеному аналізі (табл. 1) до розгляду, як правило, прийняті аварії з кількістю жертв понад п'ятьох осіб. Якщо врахувати аварії з меншою кількістю жертв, то актуальність науково-дослідних робіт із удосконалення нормативної бази безпечного ведення гірничих робіт значно збільшується.

Окрім людських жертв аварії, зумовлені проявом небезпечних властивостей шахтопластів, призводять до значних матеріальних збитків. До аналізу не були залучені, повною мірою, випадки виникнення ендегенних пожеж, оскільки у більшості випадків, кількість жертв було менше п'яти. Поряд з цим матеріальні збитки в деяких випадках були катастрофічно великими, так як припинялася експлуатація як окремих виїмкових ділянок, так і в цілому підприємств.

Прояв небезпечних властивостей вугільних шахтопластів під час проведення гірничих робіт більшість дослідників пов'язує їх із процесами метаморфі-

чних перетворень. Враховуючи можливий різноплановий та різнобічний характер впливу цих процесів на виникнення небезпечних властивостей необхідно розглядати сучасні трактування поняття метаморфізму.

Метаморфізм як одна із стадій вуглеутворення та формування небезпечних властивостей шахтопластів.

Формування та прояв небезпечних властивостей шахтопластів, судячи з вимог деяких діючих нормативних документів [1-5], обумовлені ступенем метаморфічних перетворень викопного вугілля.

Згідно з офіційно прийнятим визначенням [6] під метаморфізмом мається на увазі перетворення бурого вугілля послідовно на кам'яне вугілля та антрацит в результаті зміни хімічного складу, структури та фізичних властивостей вугілля в надрах Землі переважно під впливом підвищеного тиску та температури.

У більш загальному випадку такі перетворення відносяться не тільки до вугільних шахтопластів, а й до всіх метаморфічних порід. Вони полягають у зміні мінерального складу або розмірів та структури агрегатів зерен, без істотної зміни хімічного складу (за винятком вмісту H_2O та CO_2) під впливом флюїдів, температури та тиску [7].

Метаморфічні гірські породи утворилися внаслідок перетворення магматичних або осадових порід під впливом високого тиску, температури та гарячих газо-водних розчинів. Як фізичні тіла характеризуються щільними, пружними, міцнісними, тепловими, електричними, магнітними, радіаційними та іншими властивостями, які в першу чергу залежать від їхнього мінерального складу та макробудови (структурно-текстурна ознака) [8].

Метаморфізм згідно [9] – це процеси зміни структури, мінералогічного, а іноді і хімічного складу гірських порід у земній корі під впливом температури, тиску та хімічної активності глибинних розчинів.

Подібне визначення процесу метаморфізму наводиться в енциклопедичному словнику [10] він розглядається як істотна зміна текстури, структури та мінералогічного складу гірських порід під впливом температури, тиску та хімічної активності глибинних розчинів (флюїдів). Відповідно до іншого енциклопедичного словника [11] під метаморфізмом мається на увазі сукупність глибинних природних процесів, що зумовлюють зміни хімічного та мінералогічного складу та структури гірських порід у надрах Землі. Метаморфізм обумовлений змінами тиску та температури та активністю глибинних розчинів. Із метаморфізмом пов'язане утворення метаморфічних гірських порід.

Відомості про зміну викопного вугілля та гірських порід під впливом метаморфічних процесів згідно [6-11] наведені в табл. 2.

Відповідно до загальноприйнятих уявлень [6-11] про рівень метаморфічних перетворень слід судити за зміною елементного складу вугілля та його фізико-механічних властивостей.

Таблиця 2

Відомості про зміну складу та властивостей викопного вугілля та гірських порід під впливом метаморфічних процесів

Джерело інформації	Об'єкти, що піддавалися метаморфічним перетворенням	Чинники визначальні метаморфічні процеси	Зміни під впливом метаморфічних процесів		
			у хімічному та мінералогічному складах	у структурі	у фізико-механічних властивостях
[6]	Буре вугілля, кам'яне вугілля, антрацит	Підвищений тиск та температура	Зміна хімічного складу	Зміна структури	Зміна фізичних властивостей
[7]	Осадкові та магматичні гірські породи	Флюїди, температура, тиск	Зміна мінералогічного складу без істотної хімічної зміни (за винятком H_2O та CO_2)	Перекристалізація	Варіює у широких межах
[8]	Осадкові та магматичні гірські породи	Високий тиск, температура, гарячі газоводні розчини	Зміна мінерального складу	Зміна макробудови	Зміни щільних, пружних, міцнісних, теплових, електричних, магнітних, радіаційних властивостей
[9]	Гірські породи	Температура, тиск, хімічно активні глибинні розчини	Зміна мінералогічного та іноді хімічного складів	Зміна структури	—
[10]	Мінералогічний склад гірських порід	Температура, тиск, хімічно активні глибинні розчини (флюїди)	Істотні зміни мінералогічного складу	Істотна зміна текстури та структури	—
[11]	Склад та структура гірських порід	Зміна тиску та температури, активність глибинних розчинів	Зміни мінералогічного та хімічного складів	Зміна структури	—

На відміну від такого визначення метаморфізму в нормативних документах [1-5], в якості показників метаморфічних перетворень вугілля для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів прийняті зовсім інші критерії. Вони безпосередньо не характеризують зміну елементного складу та властивості вугілля у процесі метаморфічних перетворень шахтопластів.

Метаморфічні перетворення шахтопластів, згідно з розробленою академіком Аммосовим І.І. загальної схеми вуглеутворення є логічним продовженням торф'яної та буровугільної стадії [12]. На цих стадіях вуглеутворення також відбуваються зміни елементного складу та властивостей вугілля. Такі зміни не розглядаються в логічній послідовності у нормативній базі щодо безпечного ведення гірничих робіт, що відбивається на достовірності прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів під час гірничих робіт.

Відповідно до загальної схеми вуглеутворення метаморфічні процеси відносяться лише до кам'яновугільних та антрацитових стадій, які необхідно розглядати як продовження торф'яної та буровугільної стадій. Про можливу достовірність прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів можна судити за ступенем наукової обґрунтованості застосовуваних для цих цілей у нормативних документах [1-5] показників перетворення вугілля та їх відповідність визначенню загальноприйнятого поняття про метаморфізм.

Сучасна нормативна база з безпечного ведення гірничих робіт та показники метаморфічних перетворень вугільних шахтопластів.

У сучасних нормативних документах [1-5] для оцінки ступеня метаморфічних перетворень шахтопластів та їх небезпечних властивостей прийнято як основний вихід летких речовин при термічному розкладанні палива без доступу повітря. Згідно з методами визначення масового (V^{daf}) та об'ємного (V_V^{daf}) виходу летючих речовин при термічній деструкції [13-15] ці показники, враховуючи способи їх визначення, не можуть безпосередньо та одночасно характеризувати зміни елементного складу та властивостей вугілля в процесі метаморфічних перетворень шахтопластів. Крім цього метаморфізм вугілля та термічне розкладання є різними стадіями їх перетворення. Кількісний та якісний склад летких речовин, що утворюються, при термічному розкладанні не має прямого відношення до минулих метаморфічних процесів в природних умовах, за яких вже була видалена частина газоподібних продуктів і волога. Термічна деструкція є результатом нового (чергового) штучного етапу перетворення вихідної органічної речовини, піднятої на земну поверхню [16].

Показники термічного розкладання вугілля без доступу повітря використовуються в діючих нормативних документах для прогнозу газовиділення в гірничі виробки [3], газодинамічних явищ [2, 5], попередження та гасіння ендегенних пожеж [4], а також для оцінки пилоутворюючої здатності шахтопластів [1].

Вихід летких речовин, враховуючи методи визначення, не відповідає класичній (загальноприйнятій) характеристиці метаморфізму як зміна складу та властивостей вугілля у процесі геологічних перетворень шахтопластів. Один показник, навіть найуніверсальніший, не може достовірно та всебічно характеризувати зміну співвідношення всіх компонентів органічної маси та її властивостей під впливом метаморфічних процесів.

Методики прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів [1-5] не змінилися протягом кількох останніх десятиріч років. На додаток до масового V_{V}^{daf} та V_{V}^{daf} в різному поєднанні, застосовуються ще два допоміжні показники метаморфізму – товщина пластичного шару (y) та логарифм питомого електроопору антрацитів ($\lg \rho$). Їх наукове обґрунтування для прогнозу викиднебезпеки шахтопластів до теперішнього часу не проводилося.

Усі показники метаморфічних перетворень шахтопластів, що застосовуються в сучасній нормативній базі [1-5] та деяких інших документах, запозичені із промислових класифікацій споживчих якостей вугілля, у тому числі й офіційно діючих [17]. В її основу покладено марочну приналежність вугілля, що знайшло своє відображення у визначенні поняття метаморфізму. Воно полягає в послідовному перетворенні бурого вугілля на кам'яне та антрацит [6]. У свою чергу марка вугілля – це умовне позначення різновидів вугілля, близьких за генетичними ознаками та основними енергетичними та технологічними характеристиками [6]. У деяких випадках у нормативних документах щодо безпечного ведення гірничих робіт умовна марка вугілля використовується для характеристики небезпечних властивостей шахтопластів, але вона більшою мірою розроблена та відображає споживчі якості вугілля.

Доказ можливості використання показників споживчих якостей вугілля для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів потребує детальнішого вивчення принципів побудови сучасної промислової класифікації [17].

Висновки. На підставі проведених досліджень показано проблеми встановлення критичного поєднання параметрів впливаючих факторів для виникнення аварійної ситуації в підземних умовах. У зв'язку з цим виявлено необхідність удосконалення сучасної нормативної бази щодо безпечного відпрацювання вугільних шахтопластів у частині прогнозу прояву їх небезпечних властивостей під час проведення гірничих робіт. Для вирішення наявних проблем необхідно враховувати особливості виникнення аварійних ситуацій під впливом факторів, які визначають рівень перетворення вихідної органічної речовини при геологічних процесах, гірничо-геологічних умов залягання родовищ та гірничо-технічні параметри експлуатації вугільного підприємства. Основними з них, на підставі проведеного аналізу стану розглянутих питань є наступні обставини:

– під час гірничих робіт у підземних умовах аварійні ситуації виникають при критичному поєднанні впливаючих факторів трьох блоків. Параметри факторів першого блоку, які характеризують схильність шахтопластів до прояву небезпечних властивостей, сформувалися за геологічних процесів перетворення вихідної речовини. До факторів другого блоку належать гірничо-геологічні умови залягання вугільного родовища, а третього – технологічні параметри експлуатації вугільного підприємства;

– для виникнення аварійної ситуації та її реалізації у підземних умовах необхідне деяке критичне індивідуальне поєднання параметрів факторів кожного блоку або комплексне співвідношення значень факторів усіх трьох блоків;

– найбільш достовірно встановлені фактори, що відносяться відповідно до другого (гірничо-геологічні умови) та третього (гірничо-технічні параметри експлуатації) блоками. Додаткові наслідки необхідні для встановлення умов виникнення небезпечних властивостей шахтопластів при їх геологічних перетвореннях (чинників першого блоку);

– проведення додаткових досліджень щодо встановлення умов формування небезпечних властивостей шахтопластів та удосконалення нормативних документів щодо безпечного ведення гірничих робіт актуально для всіх вугледобувних країн світу. Це підтверджується аваріями, що періодично повторюються, і кількістю постраждалих від прояву небезпечних властивостей шахтопластів у декілька, а в деяких випадках і в кілька десятків разів, що перевищують кількість жертв при інших аваріях;

– у сучасних нормативних документах прояв небезпечних властивостей розглядається лише залежно від процесів метаморфічних перетворень шахтопластів, які є лише деякою частиною процесів вуглеутворення, якій передували осадо накопичення, торф'яна та буровугільна стадії;

– у сучасній нормативній базі формування та виникнення небезпечних властивостей шахтопластів розглядають в залежності, нібито від ступеня метаморфічних перетворень вугілля, яке згідно зі своїм визначенням має враховувати зміни елементного складу, структури та фізико-механічних властивостей. По факту використовуються показники промислових класифікацій, розроблені для встановлення споживчих якостей вугілля та не мають безпосереднього відношення до метаморфічних процесів, що відбувалися у минулі геологічні періоди часу.

Перелік посилань

1. *Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах.* (1979). Недра.
2. *СОУ 10.1.00174088.011–2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: [Чинний від 2005-12-01]. Видання офіційне.* (2005). Мінвуглепром України.
3. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.* (1994). Основа.
4. КД 12.01.402–2000. *Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины.* (2000). НИИГД.
5. *СОУ-П 10.1.00174088.016:2009. Правила визначення ефективності випереджального захисту пластів, схильних до газодинамічних явищ. Видання офіційне.* (2009). Мінвуглепром України.
6. *ГОСТ 17070-2014. (ISO 1213-2:1992, NEQ) Межгосударственный стандарт. Угли. Термины и определения Издание официальное.* (2015). Стандартиформ.
7. Козловский, Е.А. (1987). *Горная энциклопедия. Т.3: Кенган-Орт.* Советская энциклопедия.
8. Білецький, В.С. (2001). *Гірничий енциклопедичний словник. Т.1.* Східний видавничий дім.
9. *Словарь иностранных слов.* 15-е изд. (1988). Рус. яз.
10. Прохоров, А.М. (1982). *Советский энциклопедический словарь.* Советская энциклопедия.
11. Кудрицкий, А.В. (1988). *Украинский советский энциклопедический словарь. Том 2.* Главная редакция Украинской советской энциклопедии им. М.П. Бажана.
12. Авгушевич И.В., Броновец Т.М., & Еремин И.В. (1987). *Аналитическая химия и технический анализ угля.* Недра.
13. Авгушевич, И.В., Сидорук, Е.И., & Броновец, Т.М. (2019). *Стандартные методы испытания углей. Классификации углей.* «Реклама мастер».

14. ГОСТ 6382-2001 (ISO 0562-98, ISO 5071-1-97) Межгосударственный стандарт. Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ. Издание официальное. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
15. ГОСТ 7303-90 (ст. СЭВ 6768-89). Антрацит. Метод определения объемного выхода летучих веществ. Издание официальное. (1990). Издательство стандартов.
16. Антощенко, Н.И., Томалак, Н.В., & Сятковский, С.Л. (2002). Влияние температуры на степень метаморфизма ископаемых углей. *Уголь Украины*, 36-38.
17. ГОСТ 25543-2013. Межгосударственный стандарт. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Издание официальное. (2014). Стандартиформ.

ABSTRACT

Purpose. Establish the relevance and necessity of improving the regulatory documents for the safe conduct of mining operations to predict the manifestation of hazardous properties of coal seams in terms of their formation during geological processes.

Methodology is based on the results of an analysis of the comparison of accidents in the mines of the main coal-producing countries of the world that have occurred over the past thirty years due to the hazardous properties of coal seams and other factors. The number of victims of the manifestation of hazardous properties is several, or even several dozen times higher than the number of victims in other accidents.

Findings. One of the main directions for reducing accidents is the reliability of the forecast for the manifestation of hazardous properties of coal seams. The results of the conducted studies revealed the predominant occurrence of accidents due to the manifestation of the hazardous properties of coal seams. Improvement of normative documents for the safe conduct of mining operations in terms of the formation of hazardous properties of coal seams during geological processes, their reliable forecast and the development of preventive measures are very relevant for all coal-mining countries of the world. Based on the results of the research, the existing problems of establishing a critical combination of the parameters of the influencing factors of the three blocks for the occurrence of an emergency are reflected.

Originality. The formation and manifestation of hazardous properties of coal seams according to the requirements of current regulatory documents are due only to the degree of metamorphic transformations of the organic (combustible) mass, and other stages of coal formation (sedimentation, peat and brown coal) are not taken into account. As a result, the content of mineral impurities and some fluids are not considered as factors influencing the manifestation of hazardous properties of coal seams.

Practical implications. Establishing the influence of previous stages of coal formation on the processes of the metamorphic stage will significantly improve the regulatory documents for the safe mining of coal and anthracite coal seams.

Keywords: coal formation, accidents, coal seams, metamorphism, hazardous properties, geological processes, safety, mining engineering, regulatory framework, improvement.