

Д-р геол.-мінерал. наук В. М. Гулій (УкрДГРІ),
канд. геол.-мінерал. наук Г. Д. Лепігов (УкрДГРІ),
проф. Г. І. Озорной
(Карлтонський університет, Оттава, Канада)

КАТАСТРОФИ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ

Стаття базується на аналізі причин катастроф, зв'язаних з вибросами угольної пыли и взрывами газів в угольних месторождениях известных регионов України и мира. Показано, что, кроме субъективных причин нарушений правил безопасности, в угленосных толщах богатых метаном, вероятность внезапных притоков и выбросов газів определяется природными факторами, связанные с миграцией глубинных газів. Создание безопасных условий для подземных горных работ на глубоких горизонтах должно базироваться на методах заблаговременного выявления поступления «молодого» газа, учитывая его геохимические и изотопные характеристики с привлечением геофизических методов, согласно геологическим моделям с привлечением понятия об газовых ореолах.

CATASTROPHES DURING UNDERGROUND COAL MINING AS A REFLECTION OF THE GEOLOGICAL PHENOMENA

Basement of this article is an analysis of causes of catastrophes which were happened during underground coal mining in famous regions of Ukraine and world. Commonly they are connected to explosions of coal dust and methane. It is shown that besides simple ignoring rules of safety during mining, determinant is natural, and related to migration of deep gases. World scale migration of the deep gases shows necessity to create of mining safety system taking into consideration flows of young deep gas. It is possible to do safety methods using early registration of geochemistry and isotopic characteristics of deep gases according to the geological models on possible origin and migration of methane with terms of gas halos.

Вступ

Можливості використання вугілля в Україні, як постійного джерела енергетичних ресурсів завдяки значним своїм запасам та гаранта безпеки країни, нейтралізуючи зовнішні політичні та економічні чинники зацікавлених в дестабілізації України держав, які діють за допомогою паливно-сировинних важелів, визначаються оперативним створенням високорентабельного виробництва у вугільній галузі позбавленого проблем із аваріями і катастрофами. Багаторічне затягування вирішення цих проблем приводить до значних матеріальних та ресурсних втрат оскільки зупиняється виробництво, чималі об'єми вугілля залишаються недосяжними для видобутку, порушується можливість утилізації метану [1], а найстрашніше, що гинуть люди. У висновках відповідальних державних комісій зазвичай причинами таких катастроф називають людський фактор або ж складні гірничотехнічні та геологічні умови, пов'язані із збільшенням глибини робочих горизонтів чи зменшенням потужностей робочих вугільних пластів. Однак, детальний аналіз послідовності подій при резонансних аваріях на вугільних родовищах України та світу показує, що, крім безумовно важливих названих вище чинників створення нестандартних ситуацій в силу економічних, етичних та виробничих причин, вирішальне значення має природний фактор,

пов'язаний із міграцією метану та супутніх газів і їх раптових викидах при притоках їх значних об'ємів із глибоких горизонтів.

Порівняння хімічного та ізотопного складу газів із масштабних планетарних структур, де і сьогодні відбувається дегазація із глибинних потоків, і із відомих вугільних басейнів світу показує їх подібність і наявність високої частки «молодого» газу на глибоких горизонтах вугільних родовищ. Ці особливості вказують на можливість використання основних положень геологічної моделі передумов концентрації глибинного метану у вугленосних товщах, яку розробляють автори [4, 5] та індикаторні геохімічні і ізотопні значення властиві для метану та інших газів [9], що формуються на різних глибинах та у різних геоструктурних обстановках, для створення системи методів раннього визначення імовірних проривів і газових викидів, які ведуть до катастрофічних ситуацій.

Основні риси аварійних процесів при підземному вуглевидобутку

Основними причинами аварійних ситуацій, в тому числі із смертними випадками, при підземній розробці вугілля зазвичай називають машини та механізми, підземний транспорт, електрообладнання, обвали та обрушення, газодинамічні явища, вибухи газу та пилу, прориви води, пливунів, підземні пожежі [6]. Статистичне опрацювання великої кількості даних за цими показниками показало [6], що число аварій за період 1991 по 2000 роки на шахтах України викликані вибухами газу та пилу найменше (38) в порівнянні з іншими чинниками, а кількість смертних випадків (466) за цією причиною поступається лише транспортним аваріям (615) і обвалам та обрушенням (633). Середнє ж число травм за цим чинником (12,26) майже на порядки переважає інші причини. Цим же дослідником [6] встановлено зменшення кількості аварій після 1994 року в силу зменшення кількості шахт і видобутку вугілля та вирахована залежність числа аварій від гірничо-геологічних умов: глибини ведення гірничих робіт, потужності пласта, виходу летких, абсолютної багатогазовості. Цікавими при цьому є слабо проявлена пряма залежність кількості аварій від глибини розробки, чітке зменшення аварійності при зменшенні виходу летких і абсолютної багатогазовості. Ще більш вражаючим є значний стрибок кількості аварій при збільшенні потужності робочого пласта до 1,5 м та різке зменшення при відповідному зменшенні її до 1,5 м та збільшенні до 2,0 м. Дещо подібна характеристика залежності числа аварій спостерігається і для довжини виробок, коли за їх значної протяжності кількість аварій різко зменшується.

Врозріз із звичними висновками комісії щодо причин аварій на шахтах є висновки автора [6] про найменшу імовірність аварій (0,062) через глибину виробіток в порівнянні з іншими факторами, що вказуються в офіційних актах про причини трагедій. Це підтверджується даними щодо невеликих глибин, де відбулись знакові катастрофи через викиди метану – 120 м на шахті «Распадская» в Кузбасі, 110 м – на шахті ім. Кірова в Донбасі, 220 м – на шахті в провінції Бурса в Туреччині, 314 м – на шахті Ханглова в Словаччині та інші. Про відсутність прямої залежності катастроф від глибини розробки пластів свідчать та-

кож вибухи метану вугільних родовищ Європи на початку 20 століття, де глибина виробіток була невелика. Після вибуху газу й пилу на Риківському руднику в Юзівці в 1908 року загинуло 273 людини, а тоді про сьгоднішні глибинні горизонти не було і мови.

Названі численні свідчення відсутності прямого зв'язку глибини розробки вугілля і кількості катастроф заставляють прослідити послідовність подій при аваріях на вугільних родовищах. Тут виявляються цікаві факти. На шахті ім. Кірова (Макіївка) пройшов вибух метаново-повітряної суміші, хоча за два дні до цього, за даними Держгірпромнагляду, шахта була обслідувана заступником начальника Донецько-Макіївської державної регіональної інспекції. Максимальний показник метану, зафіксований під час перевірки, не перевищував 0,3 % (за допустимий 1 %).

Подібні відомості про обставини трагедії на шахті ім. О. Ф. Засядько в листопаді 2007 року надав голова експертної комісії з в'яснення причин трагедії директор Інституту геотехнічної механіки імені М. С. Полякова Національної академії наук України академік А. Ф. Булат. Він заявив, що до часу вибуху кожен забій забезпечувався розрахунковою кількістю повітря. Жоден датчик не зафіксував загазованості. Рівно о 3 годині ночі 18 листопада гірничому диспетчеру шахти поступили перші повідомлення про ріст вмісту метану до 2,5 відсотка на дільниці №7. Перевірка технічних параметрів спеціальною апаратурою показала, - резюмує учений, - що о 2 годині 58 хвилин 51 секунда стався акустичний імпульс, викликаний порушенням гірничого масиву. Цей час можна вважати початком крупномасштабної аварії.

В регіонах світу, де процес дегазації поставлений на широку основу, також лунають вибухи під час їх експлуатації. Так, на шахті Massey Energy, що розташована в 50км на південь від Чарльстона (З. Вірджинія, США), в 2010 році пролунав вибух, під час якого загинуло 29 чоловік, попередньо встановленою причиною якого було порушення правил безпеки – недостатня вентиляція метану.

Вибухи 2010 року на шахті «Распадская» (Кузбас), яка вважається однією з найкращих за устаткуванням і безпекою серед вугільних шахт в Росії, були не першими в історії шахти. Меншими за масштабами були вибухи в 2001 році, коли на глибині 200м загинуло 4 шахтарів, та у 2006 році, коли вибухнула метанова суміш у вентиляційній системі від удару блискавки. В травні цього року відбулося два послідовних вибухи метану з годинним інтервалом, за повної відсутності попереджень сигналів про небезпеку від сигнальної апаратури, яка відповідає всім стандартам в цій сфері. Деякі припущення про можливість виключення систем оповіщення самими шахтарями чи наземними диспетчерськими службами спростовує губернатор А. Тулеев, який сумнівається у можливості одночасного виключення тисяч датчиків. Такі ж сумніви висловлюють і шахтарі, говорячи що за аварійної ситуації автоматично мало відбутись відключення електричних систем, а цього не сталось.

В цьому ж ряду трагедій в Кузбасі стоїть і вибухи на шахті «Ульяновская» в 2007 році, коли їх причиною вважалась низька якість управління шахтою. Однак, випадки з шахтою «Распадская», свідчать про системний вплив саме мета-

нового фактора. Вибухи в різні роки на цій шахті свідчать про постійний приток метану та інших газів, які при критичних об'ємах накопичення вибухали, на зважаючи на вентиляційні системи. Вибухи цього року пролунали один за одним, коли спочатку підірвався невеликий за об'ємом критичний масив газу, а згодом інший, більш масштабний. За свідченнями членів урядових комісій навіть після цих вибухів відбувався інтенсивний приток метану, рівень якого перевищував 8 відсотків і лише закачування води у виробки дозволило відтіснити метан.

Показовими є адміністративно-організаційні заходи прийняті після вибухів на шахті «Распадская» в Росії. Держдума прийняла законопроект про вимоги обов'язкової вентиляції і дегазації вугільних шахт при підземній їх розробці. Але чи достатньо цього? Якщо враховувати реалії діяльності українських вугільних шахт то видається, що такі заходи є необхідними, але недостатніми.

Природні феномени масштабних потоків глибинних газів різних регіонів світу

Розгляд особливостей природних прикладів ділянок активної дегазації із значними припливами метанових сумішей показує широкий їх розвиток у різних регіонах світу [8]. Знаковими при цьому є катастрофи в рифтових зонах Африки, де, наприклад, в районі озера Ніос (Камерун) в 1986 році загинуло 1750 людей від викиду мільйонів кубометрів суміші вуглекислого газу із метаном.

Під час зимового сезону у південній частині оз. Байкал біля м. Слюдянка сибірськими вченими за допомогою космічних знімків були виявлені багатокілометрові круги, викликані викидами аномально великих об'ємів метану в мільйони кубометрів. Перші ознаки цього явища були встановлені американськими дослідниками ще в 1992 році, але про це майже не повідомлялось. З кожним роком кількість таких кругів росте.

В багатьох ділянках льодовиків Гренландії та Арктики при вивченні глибинного керну льоду геологами із Брістоля (Велика Британія) в 2009 році було встановлено аномально високі рівні метану, а в місцях інтенсивного сходу льодового покриву арктичного шельфу Східного Сибіру міжнародною групою вчених із США, Канади і Росії в 2010 році виявлено інтенсивні метанові викиди з морського дна.

Недавня аварія на нафтопромислах в Мексиканській затоці привернула увагу громадськості завдяки своїм грандіозним масштабам екологічних наслідків, хоча і раніше траплялись подібні катастрофи. Звинувачення у світовій пресі компанії "British Petroleum" в основному стосуються витрат у сотні мільйонів доларів на використання небезпечних способів видобутку нафти. Однак, аналіз послідовності подій під час аварії показує, що не було зміни технології видобутку нафти під час аварії і при попередній експлуатації родовища.

Разом з тим, американські вчені із університету Ей енд ем (штат Техас) встановили, що концентрація метану у водах Мексиканської затоки в районі витоку нафти переважає норму в середньому в 100 тисяч разів, тоді як в окре-

мих ділянках району перевищує 1 мільйон разів. При цьому проби відбирались не лише з поверхні води, але і з глибин. Важливо, що родовище, яке розроблялось, приурочене до рифтової системи.

Показовими є також прояви газоносні і потоки глибинних газів в геологічних комплексах, які давно завершили свою активну фазу формування. Найбільш всебічно вивченим у цьому відношенні є Хібінський масив (Росія), де склад глибинних газів супроводжувався їх ізотопним аналізом [10]. Крім свідчень масштабності таких явищ, результати аналізів газів і їх окремих складових дають можливість використати їх як реперні точки для виявлення глибинних складових в газових потоках поза межами їх звичних ділянок розташування і особливо в геодинамічних обстановках.

Наведені вище результати вказують на масштабні природні процеси міграції потоків глибинного газу, які часто навіть в умовах земної поверхні створюють концентрації, які можуть мати катастрофічні і смертельні наслідки. Об'єми газових потоків вельми значні і часто не розсіюються, а постійно поповнюються. Такий механізм міграції і природа глибинних газів можуть послужити основою для побудови моделей міграції і концентрації метану і супутніх газів у вугленосних товщах, а їх фізичні, хімічні та ізотопні характеристики підґрунтям для розробки інструментальних методів раннього виявлення потенційно катастрофічних ситуацій на шахтах.

Необхідні заходи створення системи раннього виявлення потенційно можливих вибухонебезпечних ситуацій

Існуюча на сьогодні стратегія боротьби з раптовими викидами метану у вугільних шахтах, забезпечення контролю за його поведінкою та можливостями його утилізації базується на ідеї про утворення метану за рахунок органічних решток зосереджених у вугленосних товщах і їх трансформації при метаморфізмі, а отже і його граничних об'ємах.

Прийняття фактів масштабної латеральної та вертикальної міграції метану та супутніх газів і їх постійного притоку, включаючи раптові викиди, веде до необхідності створення системи безпеки підземної розробки вугілля, яка базувалась на ідеях постійних потоків глибинних газів і необхідності їх геохімічного та ізотопного вивчення для визначення характеристик газів, які б дозволили своєчасно попереджувати про близьку небезпеку. Ці ж дослідження повинні супроводжуватись геологічними та геофізичними спостереженнями поведінки і стану окремих геологічних блоків у часі. Вкрай необхідним при цьому є продовження вивчення механізму викидів пилу та газів і сама кінетика вибухового газовиділення [2] та достеменне знання процесу переходу викиду у вибух за участю газів та вугільного пилу.

Аналізуючи трагедії Кузбасу, Г. Грицко [2] закликає змінити підходи прогнозування і очікування раптових виділень та вибухів метану, які значною мірою визначаються тектонічними умовами. Використовуючи ослаблені зони та тектонічні тріщини глибинні гази проникають на різні горизонти родовищ, гір-

ничих відводів шахт, включаючи ділянки, де поставлена потужна система вентиляції або ж закинуті виробки, де вже проводилась масштабне відкачування метану раніше. Саме тому вибухи відбуваються і на невеликих глибинах працюючих шахт, і на закритих шахтах.

На сьогодні в Кузбасі існує потужна наукова школа, що дозволяє розробляти різні методики аналізу аномальних вмістів метану [2, 3, 7] та впроваджувати методики запобігання раптовим викидам небезпечних газових сумішей та пилу. Однак, різні форми власності, суб'єктивні фактори при плануванні та експлуатації шахт, недооцінювання наукового потенціалу і його значення для вирішення проблем безпеки підземних розробок, за словами академіка Е.Конторовича, стримують розвиток цієї сфери досліджень. Він же вказує на згортання навіть геофізичних спостережень у регіоні.

На шахті ім. О. Ф. Засядька в Донбасі існує сучасне устаткування попередження аварій, розробляються нові методи фіксації фізичного стану окремих блоків на різних глибинах, відомі численні заходи по усуненню людського фактора у виникненні катастроф, але по кількості трагічних випадків шахта лідирує в Україні. В останні 5 років на шахті витрачено сотні мільйонів гривень для створення безпечних умов праці шахтарів, розроблена та здійснена програма комплексної дегазації.

За даними експертної комісії, що розслідувала причини аварії у 2007 році у лавах, захоплених аварією, на момент вибуху показник дегазації становив 89 і 91 відсоток. Жодна з груп експертів, які працювали незалежно одна від одної, не зробила однозначного висновку про те, що ж саме сталося 18 листопада 2007, хоча три можливі версії виникнення аварії містять однаків елемент – вибух метано-повітряної суміші, а концентрація метану до аварії у всіх виробках в межах припустимих норм і забезпеченні розрахунковою кількістю повітря усіх тупикових виробок аварійної ділянки. Більше того, апаратура газового контролю перебувала в робочому стані, і параметри дегазації відповідали нормам.

За свідченнями проф. Ю. Звягільського в пробах повітря і вугілля, взятих на аварійній ділянці, виявлені важкі вуглеводні, етилен, пропілен, ацетилен, походження яких має глибинний характер. Він також впевнений, що сьогодні немає повного розуміння фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час ведення гірничих робіт на глибинах більше 1000 метрів, зокрема, та фундаментальних досліджень по забезпеченню вуглевидобування, в цілому.

Керівництво Держгірпромнагляду України також вважає, що гірнична наука повинна озброїти шахтарів необхідним обґрунтуванням про геофізичні процеси, особливо на великих глибинах. Однак профільне міністерство не переймається цими проблемами. Запозичення іноземного досвіду спеціалістів із США та Польщі є вельми потрібним, але згадаймо про недавні вибухи на польських та американських копальнях і стане зрозуміло, що необхідно кардинально міняти стратегію системи раннього виявлення небезпечних ситуацій. За безперечно високого рівня використання технічних засобів навіть на сучасних світових шахтах там трапляються аварії, коріння яких криється в природних причинах.

За свідченням професора В. Д. Мартовицького розроблена автоматизована система попередження аварій у шахтах, що її унеможлиблює. Основа її функціонування – це врахування перевищення критичних рівнів вмістів метану та забезпечення передачі цієї інформації без блокування гірничорятувальникам, що виключає суб'єктивний чинник (або бажання приховати аварію). Це необхідна але також недостатня міра, адже викладені вище деталі аварійних ситуацій при знакових катастрофах свідчать, що високий рівень метану не фіксується аж до моменту вибуху або ж тоді виявляється, коли небезпеку усунути уже неможливо.

Таким чином, крім необхідних засобів забезпечення безаварійності роботи шахт, що вже стали обов'язковими і традиційними – вентиляція і дегазація, вкрай потрібне створення системи раннього виявлення потенційних ділянок раптових викидів метану та супутніх газів, що базуються на геологічних моделях про глибинне походження газів вугленосних товщ і формуванні первинних і вторинних газових ореолів [4, 5]. Існуючий парк автоматичних систем на сьогодні дозволяє фіксувати лише підвищення рівнів метану, безпосередньо перед катастрофою або тоді, коли вже неможливо приймати заходи попередження. Створення нових приладів повинно базуватись на властивостях зміни хімічного, фазового та ізотопного складу метану і супутніх газів за виявленими мітками про різку зміну природи газу, що присутній у виробітках. Базою для розробки таких систем мають стати серйозні фундаментальні дослідження природи, факторі міграції та концентрації метану і супутніх газів в попередньо вивчених геологічними та геофізичними методами вугленосних блоках.

Висновки

Аналіз обставин за різних аварійних ситуацій при підземній розробці вугільних родовищ показує, що крім безумовних чинників пов'язаних з суб'єктивними факторами існують визначальні природні причини, які приводять до катастрофічних явищ і визначаються глибинною природою газів.

Щоб забезпечити безаварійність робіт в цій галузі необхідно, крім традиційних і нових методів зниження критичних рівнів метану у підземних виробітках для сталого їх функціонування, розробити систему раннього виявлення потенційно катастрофічних ситуацій базуючись на геологічних моделях походження глибинного газу та його міграції [4, 5]. Інструментальна база таких систем повинна опиратися на характеристики компонентів глибинного газу та врахуванні їх мінливості в залежності від міграційних шляхів і розташування у первинних та вторинних газових ореолах [4].

Створення системи безпеки для галузі потребує серйозних фінансових та кадрових дотацій галузевим інститутам і академічній науці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоусова Н. Метан: газ-убивця чи рятівник? Чому перспективний ресурс нині просто викидають у повітря або сплячуть // День, № 96, 10 червня 2009.
2. Грицко Г. И. Глубины Кузбасса: Уголь, метан, нефть?! // Наука в Сибири, N 33-34 (2668-2669), 28 августа 2008.

3. Кондратов Л. С. Исследование газового поля шахтных полей по адсорбированной форме газа с целью предотвращения аварийных ситуаций / Л. С. Кондратов, Л. М. Фокина // Наука и техника в газовой промышленности, 2009. – № 3. – С. 47 – 53.
4. Лепігов Г. Д. Концентрація вуглеводнів в Донбасі в світлі абіогенної теорії їх генезису / Г. Д. Лепігов, С. І. Орлів, В. М. Гулій // Геолог України, 2008. – № 3. – С. 73 – 79.
5. Лепігов Г. Д. Геологічна модель передумов концентрації глибинного метану у вугленосних товщах / Г. Д. Лепігов, С. І. Орлів, В. М. Гулій // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – С. 11 – 17.
6. Льовкін М. Б. Розробка науково-організаційних методів запобігання аваріям та травматизму на основі встановлення закономірностей їх проявлення у вугільних шахтах України. Автореф. дис. ... д.т.н., Державний Макіївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості (МакНДІ). – Макіївка – 2003.
7. Скурский М. Д. Золото-редкоземельно-редкометалльно-нефтегазоугольные месторождения и их прогноз в Кузбассе / М. Д. Скурский. – Кемерово : КузГТУ, 2005. – 627 с.
8. Сывороткин В. Л. Экологические аспекты дегазации Земли. Автореф. дис. ... к.г.-м.н. – МГУ: М. – 2001.
9. Gulyi V. Geological, geochemical and isotopic models of methane concentration in the Ukrainian coal basins / V. Gulyi, G. Lepigov, O. Tysiachna // X Isotope Workshop of the ESIR, Zlotniki Luban'skie, Poland, 2009. Abstract.
10. A review of the occurrence, form and origin of C-bearing species in the Khibiny Alkaline Igneous Complex, Kola Peninsula, NW Russia / V. A. Nivin, P. J. Treloar, N. G. Konopleva, S. V. Ikorsky // Carbonatites Plus. A special issue arising from the EuroCarb ESF Network Lanzarote and Fuerteventura, Spain 16-21 September 2003. Eds. F. Wall, G. Rosatelli, F. Stoppa. – P. 93 – 112.

УДК 553.94: 551.735(477.82/83)

Д-р. техн. наук Ю. В. Стефанік,
канд. геол. наук В. М. Храмов,
м.н.с. П. М. Явний (ІГГК НАН України)

СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ГАЗУ З НЕКОНДИЦІЙНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ШЛЯХОМ ІНІЦІАЦІЇ ЛАНЦЮГОВОЇ РЕАКЦІЇ УТВОРЕННЯ ВІЛЬНИХ РАДИКАЛІВ

Используя аппарат классической молекулярной физики и коллоидной химии, показана возможность генерации метана в поровом пространстве угля путем деструкции высокомолекулярного органического вещества механизмами цепных свободнорадикальных реакций с увеличением объема. Система газ-уголь рассматривается нами как гетерогенная с локальными проявлениями высокой степени разряжения, образованной вследствие комбинации нано-, микро- и макроструктур.

METHOD OF ENERGY GAS ESTIMATION FROM NON-CONDITIONED COAL SEAMS BY FREE RADICAL CHAIN REACTION INITIAL

Using classical instrument of molecular physics and colloid chemistry possibilities of methane generation within porosity coal space by high-molecular substance decomposition with free radical chain reaction it is shown. The system is considered as superfine heterogenic with high depression that realized through combination nano-, micro- and macrostructures. Quantities of methane than could be generated by initial of free radical reactions in the disrupted seam (includes man-caused) practically unlimited in the presence of organic matter.

Значні запаси некондиційного вугілля, яке незатребуване шахтним видобутком в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну може стати суттєвим джерелом забезпечення України природним газом метаном, що допо-