

Выводы

Опытный образец шахтной холодильной машины с винтовым компрессором МХРВ-1 У5 мощностью 1 МВт холода удовлетворяет основным показателям назначения, предусмотренным техническим заданием на разработку и проектом технических условий, и рекомендован к поставке на шахту для проведения приемочных испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрегат компрессорный А900РВ-2-1. Руководство по эксплуатации А900РВ-2-1.00.00.00.РЭ.
2. Машина холодильная МХРВ-1. Программа и методика предварительных испытаний МХРВ-1.00.00.000ПМ.
3. Комаров Н.С. Справочник холодильщика. М., Машгиз, 1962.
4. Креймер Н.Г., Лотош Ю.Л. Испытания холодильных винтовых компрессорных агрегатов завода «Kühlaumat» и рекомендации по их эксплуатации. – Холодильная техника, 1975, №5, с.16-18.
5. Ионов А.Г. Кан А.В. Судовые холодильные установки с винтовыми компрессорами. – М., Пищевая промышленность, 1979.

УДК 622.817

Д-р техн. наук В.Г. Перепелиця,
д-р техн. наук А.О. Яланський,
д-р техн. наук Т.А. Паламарчук,
канд. техн. наук А.Г. Заболотний
(ІГТМ НАН України)

СПОСОБИ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЯВИЩ В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ НА БАЗІ ВИМІРЮВАНЬ РАДІАЦІЙНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Рассмотрены способы оценки опасных явлений в сложных горно-геологических условиях на базе измерений радиационных излучений

METHODS WAYS OF THE DANGEROUS PHENOMENA ESTIMATION IN COMPOUND MINE-GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE BASIS OF RADIATING RADIATION'S MEASUREMENTS

The ways methods of the dangerous phenomena estimation compound mine-geological conditions are considered on the basis of radiating radiation's measurements

Практика гірничих робіт показує, що методи та засоби контролю небезпечних гірничо-геологічних умов потребують свого подальшого удосконалення в напрямку вибору більш інформативних показників, а також підвищення надійності (виключення випадкових факторів) прийняття позитивного заключного рішення. Про це свідчать досить великі аварії з жертвами, що відбулися на шахтах світу, в тому числі і на шахтах Донбасу [1].

Досягнення фундаментальних наук (фізики, хімії, механіки руйнування та ін.), а також спостереження в шахтах показують, що процеси, які проходять в масиві і атмосфері виробки, супроводжуються виділеннями газу радону і про-

дуктів його розпаду, що може реєструватися як безпечне радіоактивне випромінювання. При цьому характер і фон випромінювання дуже чутливі до виду, масштабу, часу протікання та наслідків (можливих катастрофічних явищ або небезпечних умов) фізичних процесів, що супроводжують гірничі роботи. Це свідчить про перспективи використання еманаційних характеристик випромінювання для вирішення питань безпеки ведення гірничих робіт.

В останні роки науковці все більше звертають увагу на характерну причетність до процесів, що проходять у вуглепородному масиві, мікрофізичних явищ (електромагнітних, емісійних, еманаційних, радіаційних та інших [2]). Особливо це важливо при вирішенні питань проблеми безпеки робіт, таких як запиленість робочих просторів, газовиділення та підвищена концентрація метану, викидонебезпечність вуглепородного масиву та катастрофічність його руйнування. Всі вони потребують оперативного та надійного контролю характерних показників зазначених шкідливих факторів і прогнозу можливих небезпечних ситуацій в межах шахтового поля, крила, дільниці і конкретного вибою.

У зв'язку з викладеним мета цієї роботи складається в аналітичному аналізі способів оцінки небезпечних явищ на базі вимірювання радіаційних випромінювань.

Процес підземного видобутку корисних копалин з надр спричиняє порушення рівноваги гірничого масиву, що, у свою чергу, веде до розв'язання механізмів реалізації різноманітних небезпечних явищ, найбільш грізним з яких для вугільних шахт є раптові викиди вугілля та газу (метану).

Відомий спосіб сейсмоакустичного прогнозування викидонебезпечності вугільних пластів [3], що вимагає установки сейсмоприймачів у гірничій виробці, реєстрації акустичного сигналу одночасно на двох робочих частотах вище і нижче групи резонансних, визначає показник викидонебезпечності по співвідношенню амплітуд високої та низької частот. Ситуація вважається викидонебезпечною, якщо одночасно показник викидонебезпечності, низькочастотна та високочастотна складові перевищують критичні величини.

Запропоновано також віброакустичний спосіб прогнозування проривів метану з ґрунту гірничих виробок [4], який полягає в імпульсному збудженні сигналу у породах ґрунту, отриманні амплітудно-частотної характеристики і виділення резонансної частоти акустичного відгуку гірничого масиву вздовж очисного забою або вздовж підготовчої виробки. Ситуація вважається небезпечною, якщо на одній і тій же дільниці послідовно у трьох або більше циклах при щозмінному просуванні вибою на амплітудно-частотній характеристиці є лише одна резонансна частота.

В роботі [5] за результатами акустичного способу прогнозу викидонебезпечності встановлена особливість напружено-деформованого стану призабійної частини масиву в небезпечних умовах за газодинамічними явищами. Вона полягає кількаразовій зміні розвитку деформацій поблизу вугільного пласта і у товщі порід потужністю 20-40 м над пластом. Поряд із затримкою деформацій ця умова є необхідною для формування викидонебезпечності. Нерівномірний

розвиток деформацій у викидонебезпечних зонах відбивається на початковій швидкості газовиділення, яка вимірюється при виконанні поточного прогнозу викидонебезпечності. Аналіз результатів прогнозу свідчить про те, що стійкі та невеликі по розміру значення початкової швидкості газовиділення характерні для безпечних ділянок гірничої виробки.

Наведені вище відомі способи характеризуються тим, що вихідна інформація реєструється у звуковому діапазоні (200-4000 Гц), через що вони мають спільну істотну ваду, яка полягає у неможливості якісного контролю акустичних сигналів на фоні виробничих шумів.

Відомо, що динамічні явища, які мають місце при розробці корисних копалин і природних катастрофах (наприклад, землетрусів) супроводжуються підвищенням концентрації радіоактивних газів.

Лише зовсім недавно вчені зрозуміли, що найбільш вагомим з усіх природних джерел радіації є невидимий важкий газ, що не має ні смаку, ні запаху (в 7,5 разів важчий за повітря) – радон. Радон разом із дочірніми продуктами відповідає приблизно за 0,75 річної індивідуальної ефективної дози опромінювання, що отримує населення від земних джерел радіації.

В природі радон зустрічається у двох основних формах: у вигляді радону-222, що утворюється при розпаді урану-238, і у вигляді радону-220 – члена радіоактивного ряду торія-232. Можливо, радон-222 приблизно у 20 разів більш важливий за радон-220 (мається на увазі внесок у сумарну дозу опромінювання).

Оцінка середньозваженої по площі Землі швидкості еманції радону-222 з ґрунту (за виключенням Антарктиди та Гренландії, покритих льодом) складає приблизно 10 мБк/(м²·с). За іншими оцінками [6] середньосвітова швидкість еманції радону-222 з ґрунту є 15-19 мБк/(м²·с). Швидкість еманції радону-222 з океанів на 2 порядки нижча.

Швидкість виділення радону-222 в атмосферу сильно залежить від типу ґрунту, часу доби, сезону та метеорологічних умов (табл. 1).

Таблиця 1 – Концентрація радону-222 в атмосферному повітрі та швидкість його еманування

Тип поверхні	Концентрація, Бк/м ³	Швидкість еманування радону, мБк/(м ² ·с)
Гірський	7,0	15,9
Підзолистий	6,1	14,5
Латеритний	2,1	6,1
Пустинний	8,9	34±3,4
Чорнозем	1,6	53
Водна	0,11	-

З аналізу цієї таблиці видно, що найбільша швидкість еманування радону спостерігається на чорноземних ґрунтах, а найменша – на латеритних. Найбільша концентрація радону в атмосферному повітрі спостерігається в районах з

підзолистими, пустинними і гірськими ґрунтами, а найменша над океанами та в районах з чорноземними ґрунтами.

Запропоновано спосіб визначення вмісту в повітрі короткоживучих продуктів розпаду радону [7], в якому одночасно з відбором проби вимірюють накопичувану активність по альфа-частинкам, причому альфа-випромінювання реєструють з ефективністю, яка в 3,5-4,5 разів перевищує ефективність реєстрації альфа-частинок Ra . Це дозволяє відмовитися від реєстрації бета-частинок, не проводити додаткові операції по компенсації зовнішнього гамма-фону. Спосіб визначення концентрації радону, характеризується тим, що з метою підвищення чутливості і репродуктивності результатів вимірюють інтенсивність люмінесцентного світіння розчину. Сутність способу заключається в тому, що альфа-випромінювання газу радону іонізує спеціальний розчин, і він світиться, причому інтенсивність світіння і інтенсивність струму фотоелектронного помножувача пропорційні концентрації радону.

В роботі [8] розглядається спосіб прогнозування землетрусів, який базується на вимірюванні концентрації глибинних радіогенних газів, що виникають в результаті розпаду ізотопів радію та калію-40. Вада цього способу (стосовно до прогнозування викидонебезпечності вугільних пластів) полягає в тому, що він має недостатню точність з точки зору оцінки часових проміжків від моменту реєстрації певних параметрів до моменту настання явища.

Спосіб оцінки стану (зокрема газопроникненості) пластів земної кори, заснований на вимірюванні у повітряному приземному середовищі концентрацій глибинних радіогенних газів з врахуванням варіації природної радіоактивності викладено у роботі [9]. Цей спосіб, як і розглянутий вище [8], має ту ж саму ваду, а саме – не забезпечує оперативного прогнозування терміну виявлення раптових викидів у викидонебезпечному очисному вугільному вибої у процесі виїмання вугілля.

Як відомо [10], у викидонебезпечній зоні вугілля знаходиться у стані механохімічної активації. При цьому стимулюються процеси деструкції міжмолекулярних зв'язків з утворенням газової фази (метану), що різко підвищує імовірність раптового викиду. У той же час внаслідок енергетичної дії механічних сил на гірський масив з його пор еманує (виділяється) глибинний радіогенний газ радон. Газ радіогенного походження – радон є продуктом радіоактивного розпаду радія. Як відомо, у розсіяному стані радій присутній у всіх гірських породах, ґрунтах і водах, тобто у всіх елементах земної кори. У земній корі газу радону дуже мало, проте його небагаточисленні атоми надійно фіксуються за допомогою спеціальних приладів. Чим більше тиск на гірський масив, тим більша інтенсивність виходу радону з його пор. Цей факт вперше був експериментально зафіксований в 1981 році американськими вченими Р. Хоулабом і В. Брейді [11], які піддали стисканню кусок звичайного граніту і зафіксували ефект зростання інтенсивності виділення радону з нього при збільшенні тиску.

На відміну від [7] запропоновано вимірювати у шахтному повітряному середовищі концентрацію радону і метану [1] (а не концентрацій гелію і аргону), що

забезпечує отримання якісно нового позитивного ефекту – можливість більш раннього виявлення небезпечної ситуації, навіть в умовах, коли величина енергетичної дії механічних сил, які розв’язують раптові викиди, має понижений рівень. Це обумовлено тим, що з усіх відомих газів радон має найбільш високу проникаючу здібність. Через це, наприклад, радоновими індикаторами користуються навіть для контролю протигазів на герметичність [12]. Таким чином, з одного боку, завдяки високій проникаючій здібності радону, а з другого боку, можливості надійної реєстрації зміни його концентрації у повітряному середовищі навіть в умовах пониженого рівня величин енергетичної дії механічних сил, які обумовлюють раптовий викид, можливо завчасно і з достатньою точністю робити висновки про наближення фактичних змін механічних сил в умовах певної викидонебезпечної зони до небезпечної границі, за якою буде розв’язаний механізм раптового викиду.

Відома ознака [13], яка стосується вимірювання концентрації радону з метою прогнозування наближення часу руйнуючої дії гірничого тиску на масив гірських порід. На відміну від [13] у [14] ми маємо справу із співвідношенням концентрації радону до концентрації метану, що забезпечує отримання якісно нового позитивного ефекту. Цей ефект полягає у тому, що за динамікою зміни величини цього співвідношення судять про наближення небезпечної ситуації, що обумовлена дією ведучого фактору механізму раптового викиду, який пов’язаний зі станом механохімічної активності вугільного пласта у викидонебезпечній зоні, а це, при певних умовах, веде до реалізації механізму генерації величезного об’єму газу.

В результаті виконана оцінка особливостей проявлень небезпечних і шкідливих факторів (викидонебезпечності, газоносності, запиленості та інших) у вугільних шахтах, виявлені інформативні параметри, які дозволятимуть контроль геодинамічних умов при проведенні гірничих робіт. Основні особливості цих явищ полягають в різницях швидкостей їх проявлень, місце розташування у просторі та часі протікання. Ці різниці змінюють співвідношення різних інформативних параметрів. Як наслідок проявлень небезпечних тяжких явищ, спостерігається підвищене виділення метану, ріст радіоактивності повітряної суміші, запиленості, тиску та швидкості вихідного струменя, акустичних коливань, електромагнітних випромінювань та інше. Попередня зміна цих фізичних параметрів дає можливість використовувати їх як інформативні для контролю та попереднього прогнозу небезпечних явищ.

Інформативні параметри можна поділити на основні та допоміжні.

Основні параметри безпосередньо вимірюються розробленим приладом. До них відносяться:

- для попередження викидонебезпечності – підвищення співвідношення α - радіоактивності короткоживучих ізотопів радону та торону до кількості виділеного метану;

- для визначення газоносності вугільного пласта – підвищення співвідношення кількості метану до об’єму подаваного повітря;

- для визначення запиленості – підвищення спільної радіоактивності при зниженні співвідношення α - радіоактивності короткоживучих ізотопів до α - радіоактивності довгоживучих ізотопів.

До допоміжних інформативних параметрів належать: шумність, тобто кількість імпульсів, що виникають в одиницю часу, або припадає на одиницю довжини проведеної виробки, параметри імпульсів (частота, енергія, тривалість і зміна їх в часі); амплітуда, тривалість та частота імпульсу відклику на ударну дію, позірний електричний опір масиву, параметри фізико-механічних властивостей гірських порід і повітряного середовища, напружено-деформованого стану породного середовища та його тріщинуватості, а також швидкість газовиділення, тиск газу в масиві та газопроникність порід.

Прогноз небезпечних зон по виникненню динамічних явищ на ділянках очисних робіт у вугільних шахтах виконують по показникам годинної та середньогодинної шумності. Ефективність контролю залежить від швидкості реакції приладу на зміну інформативних параметрів та знання структури газового поля і механізмів, що впливають на цю структуру і перерозподіл газу. Газове поле масиву гірських порід – це складна відкрита система, особливістю якої є розподіл на стаціонарну підсистему (розподіл газу у вугільних пластах, породах, що вміщують ці пласти та покривних відкладеннях) та динамічну складову, що зв'язана з динамічними процесами у газових полях, її перерозподілом між гірськими породами і тектонічними структурами, між глибинними горизонтами, верхніми горизонтами і атмосферою.

Газогеодинамічні зйомки необхідні для забезпечення надійної роботи гірничих підприємств, своєчасного та ефективного використання засобів охорони, відпрацювання схем дегазації вугільних пластів, а також для забезпечення попутного видобутку газу метану для промислових та побутових потреб, запобігання проникнення газу в житлові та виробничі приміщення та запобігання радіоактивного забруднення приміщень.

Особливість структури газових та геодинамічних полів полягає в тому, що вони відображають тектонічну структуру корінного масиву. Стаціонарність областей формування аномальної структури газових полів створює передумови для їх прогнозування в процесі розвідки та дорозвідки шахтних полів. В той же час, у самих різних регіонах виявлені аномалії газових полів над тектонічними і небезпечними по газодинамічними явищами газодинамічними зонами незалежно від того чи були це кінцеві частини платформи, чи її центр, кристалічні щити, чи молоді райони з сейсмічними режимами.

Крім цього, важливою особливістю газових полів є їх нестационарність у часі. Це встановлено як на полігонах Донбасу, так і в інших регіонах. На природну газову та газодинамічну структуру масиву гірських порід при видобутку корисних копалин, насамперед вугілля, накладається техногенний фактор, вплив газових та геодинамічних полів відпрацьованого простору, пустот, що знаходяться за кріпленням гірничих виробок, порушення гідродинамічного режиму шахти, коли шахтні води в тріщинах та порах заміщуються газоповітряною су-

мішню, яка стає потенціально вибухо- та пожежонебезпечною зоною.

Комплекс основних та допоміжних параметрів контролю небезпечних і шкідливих факторів і явищ служить для їх картування та прогнозування, в той час, як самі основні інформативні параметри необхідні для забезпечення поточного контролю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. № 53180. Україна, МКВ 6E21/00; E 21F7/00; G01S 15/00; G01V5/00. Спосіб прогнозування викидонебезпечності вугільних пластів / Булат А.Ф., Иванов В.А., Кожаев А.І., Заболотний А.Г., Колесников В.Г. та інші. - № 2002032117; Заявл. 18.03.02; Опубл. 15.01.03; Бюл. 1. - 5 с.
2. Теория средства и методы геофизического контроля в подземных сооружениях и горных выработках / Б.М.Усаченко, А.А.Яланский, В.И.Сергиенко, Т.А.Паламарчук // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: МГУ. - 2000. - № 8. - С. 185-188.
3. Пат. № 17449. Україна, МКВ E21F5/00. Спосіб прогнозу викидонебезпечності призабійної частини гірничого масиву / Агафонов О.В., Колчін Г.І., Бобров І.А. та інші. - № 95104378; Заявл. 04.10.95; Опубл. 31.10.97; Бюл. № 5. - 5 с.
4. Пат. № 21328. Україна, МКВ G01S15/00; E 21F5/00. Спосіб прогнозу проривів метану з ґрунту гірничих виробок / Бобров І.А., Колчін Г.І., Бойко Я.М. та інші. - № 97031041; Заявл. 11.03.97; Опубл. 30.04.98; Бюл. № 2. - 4 с.
5. Лунев С.Г., Колчин Г.И., Никифоров А.В., Динамика массива в опасных по газодинамическим явлениям зонах // Геотехническая механика. - Днепропетровск ИГТМ НАН Украины. - 2002. - № 40. - С. 132-137.
6. Источники и действия ионизирующей радиации. Доклад НКДАР ООН по действию атомной радиации за 1977 г. на Генеральной Ассамблее. - Том 1. - Нью Йорк. - 1978. - 430 с.
7. А.с. 299787. СССР, МКИ G01N21/5. Способ определения концентрации радона / А.К.Штольц, Б.С.Новиков, И.И.Полежаев (СССР) - № 1387495/26-25; Заявл. 23.12.69; Опубл.; Бюл. № 12. - 1971. - С. 168.
8. А.с. 465609. СССР, МКИ G01V5/00. Способ прогнозирования землетрясения / С.С.Сардаров (СССР). - № 1798580/26-25; Заявл. 13.06.72; Опубл. 30.03.75; Бюл. № 12. - С. 89.
9. А.с. 465610. СССР, МКИ G01V5/00. Способ излучения газопроницаемости пластов земной коры / С.С.Сардаров (СССР). - № 1799091/26-25; Заявл. 13.06.72; Опубл. 30.03.75; Бюл. № 12. - С. 89.
10. Механохимические превращения углей при метаморфизме как ведущий фактор внезапных выбросов / Г.Д.Фролков, Г.В. Малова, С.А. Французов, А.Г. Фролков // Уголь. - 1998. - 7. - С. 60-64.
11. Шемьи-заде А.Э. Есть ли в доме горный дух. - М.: Свет, 1991. - № 6. - С. 29-33.
12. Популярная библиотека химических элементов. Книга вторая. - М.: Наука, 1983. - 573 с.
13. А.с. 548720. СССР, МКИ E21F5/00. Способ контроля напряженного состояния горных пород / И.А.Лугин, В.С.Леринман, Г.Г.Калименов и др. (СССР). - № 1363293/03; Заявл. 18.09.69; Опубл. 25.02.77; Бюл. № 7. - С. 119.
14. А.с. 1642041. СССР, МКИ E21F5/00. Способ определения зоны разгрузки краевой части угольного пласта / Г.И.Колчин, Л.А.Вайнштейн, В.С.Бабенко и др. (СССР). - № 4493064/03; Заявл. 26.07.88; Опубл. 15.04.91; Бюл. № 14. - 4 с.