

**АПАРАТУРНІ ТА МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ЗАСТОСУВАННЯ
МЕТОДІВ РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ
ЗМІНИ СТАНУ МАСИВУ ПРИ ВУГЛЕВИДОБУВАННІ**

Приведены результаты аппаратурных и методических разработок, а также их апробации методами радиационного излучения для контроля изменения состояния породного массива при проведении угледобывающих работ.

**DEVELOPMENTS OF APPLICATION APPARATUS AND
METHODICAL METHODS OF RADIATION FOR CONTROL
CHANGES OF THE STATE OF ROCK MASSIF AT COAL MINING**

The results of developments an apparatus and methodical, and also their approbation by the methods of radiation, for the control of change of the state of pedigree array during conducting of mining works are resulted.

Збільшення глибин розробки корисних копалин приводить до значного погіршення гірничо-геологічних умов, в тому числі помітного зростання ймовірності проявів газодинамічних явищ. Тому питання контролю та прогнозу стану масиву гірських порід залишається актуальним.

Інститут геотехнічної механіки системи Академії наук України, який створено для вирішення актуальних проблем гірничодобувної промисловості, зараз є організатором і виконавцем важливих Державних програм, що пов'язані з вирішенням проблем дегазації вуглепородних масивів і шахт, видобутком та використанням метану, забезпеченням безпеки робіт на великих глибинах, випробуванням нетрадиційних способів і технологій видобування корисних копалин.

В останні роки науковці все більше звертають увагу на характерну причетність до процесів, що проходять у масиві, мікрофізичних явищ (електромагнітних, емісійних, еманацийних, радіаційних та інших). 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 шахтного поля, крила, ділянки і конкретного вибою, стволів.

В останні десятиріччя в гірничу геофізику міцно увійшли методи ядерної фізики, що використовують природні та штучні процеси радіоактивності для вирішення як наукових, так і прикладних задач. Вклад в радіоактивні випромінювання різних ізотопів з різними періодами напіврозпаду дозволяє оцінити активність протікання процесу та його зміни в цілому за досить короткі проміжки часу, незалежно від його природи та стану, оскільки підвищення короткоживучих ізотопів можливе тільки при активізації обмінних явищ.

Процеси, що протікають у деяких масивах, супроводжуються виділенням газу радону та продуктів його розпаду, що реєструються, як безпечні випромінювання, і використовуються для контролю тектонічних порушень і напруженого ста-

ну масиву в шахтах, а також як небезпечні для гірничих робітників. При цьому характер вимірювання дуже чутливий до виду, масштабів, часу протікання і наслідку фізичних процесів. Лише недавно вчені зрозуміли, що найбільш вагомим із усіх джерел випромінювання є важкий газ радон, який не має ні смаку, ні запаху. За даними ООН він відповідає приблизно за $\frac{3}{4}$ річної індивідуальної еквівалентної дози, яку отримує кожна людина.

Традиційно 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.

Виконана оцінка особливостей проявлень небезпечних і шкідливих факторів (викидонебезпечності, газоносності, запиленості та інших) у вугільних шахтах з метою виявлення інформативних параметрів, які забезпечать контроль геодинамічних умов при проведенні гірничих робіт. Основні особливості цих явищ полягають в різницях швидкостей їх проявлень, розподілу у просторі та часі протікання, які визначають 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.

Нами розроблено теоретичне обґрунтування застосування комплексу геофізичних методів, у тому числі і методу радіаційного випромінювання як фактора виробничого контролю стану вуглепородного масиву, яке базується на методах почасової селективної реєстрації випромінювання. Виконано аналіз розподілу радіоактивних елементів у гірських породах. Показано, що з вивержених порід найбільшу кількість радіоактивних елементів містять кислі породи (багаті кремнеземом), а найменшу – ультраосновні (бідні кремнеземом); з осадових гірських порід найбільшу кількість радіоактивних елементів містять глини, глинисті породи і калійні солі, а найменшу – вапняки та інші осадові випарювання. Вміст радіоактивних елементів у метаморфічних породах є проміжним між їхнім вмістом у вивержених та осадових породах [1].

У напрямку створення нормативних документів, засобів і апаратури контролю стану гірського масиву і різних шахтних конструкцій, параметрів шахтної атмосфери Інститут геотехнічної механіки НАН України має ряд розробок, що пройшли широкі натурні випробування, доведені до промислового впровадження і використовуються на шахтах України, Росії та інших держав. Серед них слід відмітити шахтні польові прилади електрометричного контролю (ШИИС-ЗМ, ИКС-1Ш), ультразвукові (“Керноскоп-2”, УК-10ПМС), віброакустичні (ИСК-1Ш, ПВК-1, “Эридан”), прилади для контролю руху повітря у гірничих виробках - АПР-2, мікробарометри тиску МБУ.

Акціонерне об'єднання закритого типу "Тетра" має великий практичний досвід створення радіометричної та дозиметричної апаратури, ним розроблені та серійно випускаються дозиметр-радіометр ДКС-96, радіометр РГА-09, стаціонарний радіаційний сигналізатор "Дозор", переносний рудничний радіометр ПАКС-4 та деякі інші прилади і системи. Всі вони пройшли метрологічну атестацію, внесені в реєстр засобів вимірювання України і Росії і експлуатуються у ряді країн СНД, але вони не є іскробезпечними та не можуть вимірювати кількість метану в повітрі, а тому не можуть використовуватися у вугільних шахтах [2].

Розроблена та виготовлена апаратура РГА-09МШ для комплексної оцінки зміни напружено-деформованого стану вуглепородного масиву. В основу апаратури закладено одночасне вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 і торону (радон-220) в повітрі, а також об'ємної активності дочірніх продуктів розпаду радону-222 Po- 218 (RaA), Pb- 214(RaB), Bi-214 (RaC) при одночасному безперервному контролі концентрації метану. Перевищення допустимого рівня концентрації метану автоматично оповіщається звуковим сигналом. Раніше радіометр використовувався на підприємствах ядерно-паливного циклу, вугледобувної та гірничодобувної промисловості, але не в шахтах, що небезпечні по газу чи пилу. Нова розробка відрізняється унікальністю конструкції, в якій герметичний блок акумуляторних елементів залитий термоактивним компаундом на основі епоксидної смоли ЭД-6, що одночасно є вибухонепроникною оболонкою для іскробезпечного колекторного електродвигуна постійного струму. Відмінна особливість електричної схеми приладу – це використання вельми низького і малострумного живлення, що підвищує її іскробезпечність [3].

Рівень та вид вибухозахищеності повітродувки приладу забезпечується згідно з ГОСТ 22782.6, ступінь захисту від зовнішніх впливів – механічною міцністю, що відповідає вимогам згідно з ГОСТ 22782.0, іскробезпечність забезпечується згідно з ГОСТ 22782.5. Вузол селективного відбору аерозолів забезпечує відбір та осадження на аналітичний фільтр типу АФА-РСП10 аерозолів величиною частинок 0,7 – 1,0 мкм.

В склад апаратури входять наступні основні вузли та блоки:

- 1) вузол селективного відбору аерозолів;
- 2) вузол детектування;
- 3) вузол попереднього посилення сигналів;
- 4) блок обробки інформації та індикації;
- 5) пульт управління;
- 6) вузол живлення;
- 7) корпус;
- 8) блок фільтрів.

Стан навколишнього середовища повинен задовольняти таким умовам:

- 1) граничні значення температури повітря, °С, від -5 до +45;
- 2) верхнє значення відносної вологості, %, 95 ± 3 при +25°С;
- 3) граничне значення запиленості повітря, мг/м³, 50.

Межа допустимої основної похибки вимірювання активності еталонного джерела альфа-випромінювання типу 1П9 складає $\pm 15\%$ при $P=0,95$, межа допустимої відносної похибки вимірювання активності радону та його дочірніх продуктів складає $\pm 30\%$, час вимірювання – 15 хвилин для методу Маркова; 35 хвилин для методу Томаса. Нестабільність показників радіометра за 8 годин безперервної роботи становить не більше $\pm 2\%$, кількість циклів роботи після зарядки акумуляторів досягає не менше 40, ємність енергонезалежної пам'яті для зберігання результатів вимірювань – 100 вимірювань.

В основу дії приладу покладений спосіб концентрування дисперсної фази аерозолу шляхом прокачування визначеного обсягу повітря через касету з фільтром АФА–РСП10. В приладі реалізується за методикою Маркова радіометричний метод вимірювання «потайної енергії» та об'ємної активності радіоактивних аерозолів дочірніх продуктів розпаду радону і торону за рахунок реєстрації числа імпульсів від α -часток, що осіли на фільтрі, а також вимірювання концентрації метану.

Застосовано функціонально-модульний принцип побудови схеми приладу, що дозволило домогтися високих показників уніфікації, надійності і ремонтпридатності. Застосування мікроконтролера і сучасної елементної бази дозволило розробити принципову схему приладу що не має аналога у світі по наступним параметрам:

- компактність (аналогічні прилади значно уступають по габаритних розмірах і вазі розроблювальному приладу);
- іско- і пожежобезпека, що дозволить використовувати прилад в умовах вуглевидобувних шахт;
- можливість підключення до приладу зовнішніх чуттєвих елементів (наприклад, аналізатор метану АТЗ-1), що значно розширить функціональні можливості приладу.

Розроблений прилад дозволяє аналізувати 12 показників радону і торону. Інформативні параметри можна поділити на основні і допоміжні. Основні параметри, до яких належать α -радіоактивність коротко- і довгоживучих ізотопів радіоактивних елементів, а також кількість виділеного метану, вимірюється безпосередньо приладом у натурних умовах. До допоміжних інформативних параметрів належать наступні:

- 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.

Крім того, допоміжні параметри дозволяють оцінювати: 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); амплітуду, тривалість та частоту імпульсу відклику на ударну дію, позірний електричний опір масиву, параметри фізико-механічних властивостей гірських порід і повітряного середовища, напружено-деформований стан породного середовища та його тріщинуватості, а також швидкість газовиділення, тиск газу в масиві та газопроникність порід.

Слід відмітити, що отримання необхідних характеристик проводиться з задачею сигналів на ЕОМ.

Прилад РГА-09МШ перевищує аналогічні прилади сучасного світового рівня по компактності і функціональності. По метрологічних параметрах вимоги до розроблюваного приладу не поступаються кращим вітчизняним і закордонним аналогам. Апаратура є повністю екологічно безпечна, оскільки вона не використовує ніяких радіоактивних речовин, нічого не випромінює ні в акустичному, ні в електромагнітному, ні в радіаційному діапазонах хвиль, а використовує лише напівпровідникові датчики, які чутливі до навколишнього випромінювання. Прилад комплектується автоматичним сигналізатором метану «Сигнал 5», що серійно випускається заводом «Червоний металіст», м. Конотоп, і характеризується високою надійністю та працездатністю в тяжких шахтних умовах [4].

В таблиці 1 наведені результати вимірювання радону, що отримані авторами на шахті ім. О.Ф. Засядька за допомогою розробленої апаратури, які свідчать, що найбільш небезпечними по радону є вихідні вентиляційні потоки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А.Ф. Теоретичне обґрунтування застосування методу радіаційного випромінювання як фактора використання виробничого контролю стану вуглепородного масиву / А.Ф. Булат, В.Г. Перепелиця, А.О. Яланський, Т.А. Паламарчук, І.О. Єфремов // Геотехническая механика. - Днепропетровск: ИТМ НАНУ. - 2006. - № 66. - С. 3-14.
2. Каталог 2002. Радиационный контроль. Геофизические приборы – Желтые воды: Тетра, 2002. – 50 с.
3. Радиометр эквивалентной равновесной объемной активности радона РГА-09МШ. Руководство по эксплуатации АЖАХ.412123.008 РЭ. – Желтые воды: Тетра, 2007. – 24 с.
4. Голинько В. И. Контроль взрывоопасности горных выработок шахт / В. И. Голинько, А. В. Котляров, В. В. Белоножко. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – 207 с.

Таблиця 1 – Вимірювання приладом РГА-09МШ на шахті ім. О.Ф. Засядька

Вим. величина	Підвал	СПС, на гор	18 вент. схід. штрек		18 зах. конв. штрек			ЗКШ гор. 1235	Заїзд з СКШ на СУ №12	СПС №2	Конв. ходок схід. укл. лави					СВС №1	Каб. гол. геолога. 3-й поверх
					забій	сере- дина	вхід				ПК 13	ПК 42	ПК 52+5	ПК 56	ПК 58		
			ПК 16	ПК 54	ПК 20+5	ПК 15	ПК 11										
Са, Бк/м ³	47,63	10,88	25,85	10,88	9,527	34,02	28,58	89,82	59,88	14,97	2,722	24,49	25,85	8,166	19,05	68,04	8,17
Св, Бк/м ³	22,81	1,884	9,557	7,464	5,023	5,372	6,069	48,62	22,11	3,976	11,99	8,511	12,69	13,39	10,25	13,39	5,02
Сс, Бк/м ³	16,87	0,000	5,853	6,488	3,913	0,000	1,213	38,37	13,53	1,568	13,47	4,909	9,25	13,98	8,07	1,652	4,19
Сдпр, Бк/м ³	23,62	1,951	9,898	7,731	5,202	5,563	6,286	50,35	22,90	4,118	12,42	8,815	13,15	13,87	10,62	13,87	5,20
Сдпт, Бк/м ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Лямбда, ч ⁻¹	1,689	7,419	2,647	0,712	1,392	8,278	5,726	1,315	2,651	4,291	0,000	2,915	1,609	0,000	1,332	6,333	0,97
F	0,418	0,151	0,322	0,598	0,460	0,138	0,185	0,472	0,322	0,232	3,844	0,303	0,428	1,430	0,469	0,172	0,536
Срад, Бк/м³	56,57	12,93	30,71	12,93	11,31	40,40	33,94	106,6	71,11	17,78	3,233	29,09	30,71	9,698	22,62	80,81	9,69
N ₁ , имп	100,4	13,40	46,40	29,40	21,40	40,40	38,40	205,4	107,4	22,40	36,40	42,40	55,40	4,40	43,40	88,40	20,40
N ₂ , имп	65,40	5,400	27,40	21,40	14,40	15,40	17,40	139,4	63,40	11,40	34,40	24,40	36,40	38,40	29,40	38,40	14,40
N ₃ , имп	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Метан, %	0,00	0,00	0,24	0,27	0,16	0,19	0,12	0,30	0,47	0,09	0,15	0,20	0,00*	0,1*	0,00*	0,20*	0,00
Час		08:45	09:50	09:50	10:15	10:37	11:00	09:20			10:52	11:04	11:28	11:42	12:01	13:18	16:40
Дата	30.07.08	31.07.08						01.08.08									

* – вимір. метану відбувалося шахтним інтерферометром, всі інші - приладом «Сигнал-5»