

## АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ РАДІОАКТИВНИХ ГАЗО-ПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Полякова І.О.

*Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна*

Україна посідає провідне місце серед числа найбагатших країн світу за запасами корисних копалин, у тому числі радіоактивної природи.

При видобуванні корисних копалин відбувається опромінення персоналу та/або працівників й населення за рахунок NORM (nature occurring radioactive materials). Усі об'єкти видобування і переробки класифікують як техногенно-підсилені джерела природного походження (ТПДПП), тобто як джерела іонізуючого випромінювання природного походження, що в результаті господарської та виробничої діяльності людини були піддані концентруванню, або збільшилася їх доступність, у наслідок чого виникло додаткове (до природного радіаційного фону) випромінювання.

Радіоактивні руди містять мінерали радіоактивних елементів що спричиняють додаткове природне променеве навантаження (ізотопи радіоактивних рядів урану  $^{238}_{92}\text{U}$ , актиноурану  $^{235}_{92}\text{U}$ , торію  $^{232}_{90}\text{Th}$ , нептунію  $^{237}_{93}\text{Np}$ ) та одиночні природні довгоіснуючі ізотопи (радіонукліди) ( $^{40}_{19}\text{K}$ ,  $^{50}_{23}\text{V}$ ,  $^{87}_{37}\text{Rb}$ ,  $^{115}_{49}\text{In}$ ,  $^{123}_{52}\text{Te}$ ,  $^{138}_{57}\text{La}$ ,  $^{142}_{58}\text{Ce}$ ,  $^{144}_{60}\text{Nd}$ ,  $^{147}_{62}\text{Sm}$ ,  $^{152}_{64}\text{Gd}$ ,  $^{174}_{72}\text{Hf}$ ,  $^{190}_{78}\text{Pt}$ ) й деякі інші. Одним з найпоширеніших одиночних природних радіонуклідів, що розповсюджений в усіх природних об'єктах, в тому числі ґрунтах, рослинах, воді та людині є калій -  $^{40}_{19}\text{K}$ . В атмосферному повітрі  $^{40}_{19}\text{K}$  міститься у частинках пилу, його середньорічна об'ємна активність у повітрі рівна  $32,4 \text{ мкБк/м}^3$ . Середній вміст  $^{40}_{19}\text{K}$  у ґрунті – від 0,1 до  $0,74 \text{ Бк/дм}^3$ .

Найбільшу небезпеку для персоналу та працівників, що задіяні у галузях, де відбувається опромінення від NORM, становлять радіоактивні гази - ізотопи радону у поєднанні з пиловими частинками. Слід підкреслити, що у дозовому навантаженні на організм людини переважно найбільша питома вага належить (до 75 %) ізотопам радону.

Усі ізотопи радону, утворені у природних рядах радіоактивного розпаду, є дочірніми продуктами  $\alpha$ -розпаду ізотопів радію ( $^{226}_{88}\text{Ra}$ ,  $^{224}_{88}\text{Ra}$ ,  $^{223}_{88}\text{Ra}$ ). Винятком є  $^{218}_{86}\text{Rn}$  що виникає у бічному розгалуженні ряду під час  $\beta$ -розпаду  $^{218}_{85}\text{At}$ . Усі ізотопи радону є нестабільними, що теж зазнають радіоактивного  $\alpha$ -розпаду, в результаті якого утворюються ізотопи полонію ( $^{216}_{84}\text{Po}$ ,  $^{218}_{84}\text{Po}$ ,  $^{214}_{84}\text{Po}$ ,  $^{215}_{84}\text{Po}$ ) тощо. У нептунієвому ряду, родоначальником якого є  $^{237}_{93}\text{Np}$ , не утворюється ізотопів радону.

Як відомо, індивідуальна доза працівника  $D$  формується з дози зовнішнього опромінення  $D_1$  і дози від інкорпорованих радіонуклідів  $D_2$  (радіонуклідів, що надійшли в середину організму людини):  $D = D_1 + D_2$ .

Вимірювання і розрахунки  $D_1$  з високою достовірністю даних є важкою але досяжною задачею, визначення  $D_2$  є надзвичайно важкою задачею з низькою достовірністю отриманих результатів.

Це достатньо яскраво відстежується на виробництвах, де проводять видобуток корисних копалин шахтним способом. Окрім шкідливого фактору для організму людини – іонізуючого випромінювання ізотопів газу радону у шахтній атмосфері присутні у великій кількості аерозолі неорганічного пилу, що містять ізотопи дочірніх продуктів розпаду природних радіоактивних рядів та поодиноких довгоіснуючих радіонуклідів.

З цією метою було встановлено значення (розділ 17 «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України») і проводиться контроль радіаційних характеристик виробничого середовища: потужність поглиненої дози у повітрі робочих приміщень, значення еквівалентної рівноважної об'ємної активностей (ЕРОА) радону-222 ( ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ ) і радону-220 (торону) ( ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ ).

Прилади радіаційного контролю, чутливим об'ємом яких є іонізаційна камера, що застосовуються для вимірювань стану шахтної атмосфери прямим методом у частині вмісту  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ ,  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$  не дають достовірних результатів вимірювання, оскільки не призначені для роботи в умовах підвищеної вологості та запиленості. Твердотільні трекові детектори теж не можуть бути використані, оскільки вони розраховані на достатньо значний період експозиції, що унеможливує проведення експрес-контролю та й кількісно встановити окремо рівноважну об'ємну активність по формі і розміру треків від  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  та  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$  є неможливим. Спектрометричні методи ( $\alpha$ -спектрометрія та  $\gamma$ -спектрометрія дочірніх продуктів розпаду) не забезпечує своїх очікуваних результатів через громіздкість обладнання, необхідності попереднього калібрування спектрометрів та значного обсягу точок контролю, звісно, вологість повітря та запиленість не сприяють високому ступеню достовірності отриманих результатів.

Питання визначення індивідуальних доз працівників та/або персоналу шахт від інкорпорованих NORM є відкритим і потребує подальших наукових досліджень: створення технічних засобів ідентифікації і вимірювань в реальному часі; розробка та створення технічних засобів індивідуального призначення; розробка методів раннього виявлення рівнів загроз і небезпек з метою ефективного запобігання очікуваних деструкцій.