

В. А. Кузина и Н. Н. Хохотвы. – Макеевка : МакНИИ, 1979. – 196 с.

4. Кузин В. А. Метод расчета тепловых условий в горных выработках глубоких шахт / В. А. Кузин, Н. Н. Хохотва, Л. В. Николаенко // Сб. статей. – Вып. 5. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ. 1977. – С. 35-39.

5. Кузин В. А. Прогноз температуры вентиляционной струи с учетом теплопритоков из выработанного пространства / В. А. Кузин, М. М. Пучков // Сб. Разработка месторождений полезных ископаемых. – Вып. 59. – К. : Техніка, 1981. – С. 29-33.

6. СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011. Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах. – К. : Міненерговугілля України : МакНИИ. – 2011. – 184 с.

7. Бусыгин К. К. Закономерности изменения концентрации метана в выработанном пространстве вблизи очистной выработки / К. К. Бусыгин, И. Н. Попов, И. Н. Зинченко // В кн.: Вентиляция шахт и рудников. – Л. : ЛГИ, 1978. – Вып. 5. – С. 42-47.

РОЗРАХУНОК СУМАРНОЇ РІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОЇ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ ПРАЦІВНИКІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

О.Г. Кременев, Державний Макіївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості, Україна

Наведено методологію розрахунку сумарної річної ефективної дози зовнішнього і внутрішнього опромінення працівників вугільних шахт за рахунок зовнішнього гамма-випромінювання від природних радіонуклідів, що є у вугільних шахтах; інгаляції наявних у шахтній атмосфері ізотопів радону та їх дочірніх радіонуклідів; інгаляції та проковтування виробничого пилу, що містить природні радіонукліди.

Правилами безпеки у вугільних шахтах [1] регламентується проведення контролю за радіаційним станом і оцінка опромінення гірників радіаційними джерелами. Однак керівний документ [2] за яким повинні виконуватись контроль радіаційного стану і оцінка опромінення гірників застарів і не відповідає вимогам діючих правил і норм України [3,4]. Мета доповіді і основна задача – розробка методології розрахунку річної ефективної дози зовнішнього і внутрішнього опромінення працівників вугільних шахт радіаційними джерелами (що містять радіонукліди природного походження) при оцінюванні радіаційного стану вугільної шахти.

Згідно основних санітарних правил [3] до виробництв, на яких може мати місце підвищене опромінення від джерел природного походження працівників, не віднесених до категорії «персонал», належать добування корисних копалин (не уранових) у підземних рудниках і шахтах. Дози опромінення працівників підземних рудників і шахт можуть бути зумовлені [3]: зовнішнім гамма-випромінюванням від природних радіонуклідів, що містяться в сировинних та вторинних продуктах виробництва; інгаляцією виробничого пилу, що містить природні радіонукліди; інгаляцією наявних у повітрі виробничих приміщень ізотопів радону та їх дочірніх радіонуклідів; проковтуванням пилу і дрібних фрагментів; радіоактивним забрудненням відкритих ділянок шкіри.

Кількісні значення меж доз опромінення для працівників вугільних шахт встановлюються в термінах річної ефективної дози зовнішнього та внутрішнього опромінення та еквівалентних доз зовнішнього опромінення згідно норм радіаційної безпеки [4] і основних санітарних норм [3].

Річна ефективна доза опромінення E_{in} працівників вугільної шахти за величиною сумарної ефективної дози зовнішнього і внутрішнього опромінення визначається за допомогою формули:

$$E_{in} = E_{\gamma} + E_{ДПР}^{inhal} + E_{ДПГ}^{inhal} + E_{U(Ra)+Th}^{inhal} + E_{U(Ra)+Th}^{ingest}, \text{ мЗв/рік} \quad (1)$$

де E_γ - річна ефективна доза опромінення зовнішнім гамма-випромінюванням, мЗв/рік;
 $E_{ДПР}^{inhal}$, $E_{ДПТ}^{inhal}$ - річна ефективна доза від опромінення наявних у повітрі вугільних шахт дочірніх продуктів розпаду радону (ДПР) і торону (ДПТ), що надходять у організм гірників інгаляційним шляхом, мЗв/рік;

$E_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ - річна ефективна доза від опромінення виробничим пилом, що містить завислі частинки довгоіснуючих природних радіонуклідів уранового (радієвого) та торієвого рядів, які надходять у організм гірників інгаляційним шляхом, мЗв/рік;

$E_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ - річна ефективна доза від опромінення за рахунок проковтування виробничого пилу і дрібних фрагментів, що містять довгоіснуючі природні радіонукліди уранового (радієвого) та торієвого рядів, які надходять у організм гірників через рот (пероральним шляхом), мЗв/рік.

В формулі (1) річна ефективна доза від зовнішнього гамма-випромінювання визначається за допомогою виразу:

$$E_\gamma = k_\gamma \times T \times \bar{D}, \text{ мЗв}, \quad (2)$$

де k_γ - коефіцієнт співвідношення між поглинутою в рудниковій атмосфері дозою гамма-випромінювання і ефективною дозою зовнішнього випромінювання, мЗв/мкР;

T - час зайнятості в конкретних виробничих умовах, годин;

\bar{D} - річна потужність поглинутої в рудниковому повітрі дози зовнішнього гамма-випромінювання.

Для формули (2) значення коефіцієнту k_γ розраховується за допомогою виразу:

$$k_\gamma = \frac{DL_E}{T \times D}, \text{ мЗв} / \text{ мкР} \quad (3)$$

де $DL_E = 5$ мЗв/рік – межа річної ефективної дози для працівників вугільних шахт [3];

T - середньорічний час зайнятості гірника в шахті;

D – допустима річна потужність поглинутої в рудниковому повітрі дози зовнішнього гамма-випромінювання.

Річна ефективна доза опромінення наявних у повітрі вугільних шахт дочірніх продуктів розпаду радону (ДПР) і торону (ДПТ), що надходять у організм гірників інгаляційним шляхом, визначається за формулами:

$$E_{ДПР}^{inhal} = k_{ДПР} \times T \times \bar{C}_{ДПР}, \quad \text{мЗв/рік} \quad (4)$$

$$E_{ДПТ}^{inhal} = k_{ДПТ} \times T \times \bar{C}_{ДПТ}, \quad \text{мЗв/рік} \quad (5)$$

де $k_{ДПР}$, $k_{ДПТ}$ - коефіцієнти переходу від експозиції по ДПР, ДПТ до ефективної дози опромінення, мЗв/рік;

T - час зайнятості в конкретних виробничих умовах, годин;

$\bar{C}_{ДПР}$, $\bar{C}_{ДПТ}$ - середній рівень вмісту в повітрі робочої зони дочірніх продуктів радону ($EPOA^{222}Rn$), торону ($EPOA^{220}Rn$).

Кількісні значення $\bar{C}_{ДПР}$, $\bar{C}_{ДПТ}$ розраховуються за результатами n – одиничних вимірів $C_{ДПР}$, $C_{ДПТ}$ у точках контролю (робочих зонах):

$$\bar{C}_{ДПР} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ДПРi}}{n}, \text{ Бк/м}^3, \quad \bar{C}_{ДПТ} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ДПТi}}{n}, \text{ Бк/м}^3 \quad (6, 7)$$

Для формули (4) значення коефіцієнту $k_{ДПР}$ розраховується за допомогою виразу:

$$k_{ДПР} = \frac{DL_E}{T \times PC_{ДПР}}, \text{ мЗв} \times \text{м}^3 / \text{Бк} \times \text{г} \quad (8)$$

де $DL_E = 5$ мЗв/рік – межа річної ефективної дози для працівників вугільних шахт [3];

T - середньорічний час зайнятості гірника в шахті;

$PC_{ДПР}$ – допустима річна концентрація в шахтній атмосфері дочірніх продуктів розпаду радону ($EPOA^{222}Rn$).

Для формули (5) значення коефіцієнту $k_{ДПТ}$ розраховується за допомогою виразу:

$$k_{ДПТ} = \frac{DL_E}{T \times PC_{ДПТ}}, \text{ мЗв} \times \text{м}^3 / \text{Бк} \times \text{г} \quad (9)$$

де $PC_{ДПТ}$ – допустима річна концентрація в шахтній атмосфері дочірніх продуктів розпаду торону ($EPOA^{220}Rn$).

Річна ефективна доза $E_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ від опромінення виробничим пилом, що містить завислі частинки довгоіснуючих природних радіонуклідів уранового (радієвого) і торієвого рядів, які надходять у організм гірників інгаляційним шляхом визначається за формулою:

$$E_{U(Ra)+Th}^{inhal} = k_{U(Ra)+Th}^{inhal} \times T \times C_{U(Ra)+Th}^{inhal}, \text{ мЗв/рік} \quad (10)$$

де $k_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ - дозовий коефіцієнт для сумішки довгоіснуючих альфа-випромінюючих радіонуклідів виробничого пилу уранового (радієвого) і торієвого рядів, що надходять у організм гірників інгаляційним шляхом;

$C_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ - середньорічний рівень сумарної об'ємної активності сумішки довгоіснуючих альфа-випромінюючих радіонуклідів виробничого пилу уранового (радієвого) і торієвого рядів, що надходять у організм гірників інгаляційним шляхом;

T - середньорічний час зайнятості гірника в шахті, годин.

Річна ефективна доза $E_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ від опромінення за рахунок проковтування виробничого пилу і дрібних фрагментів, що містять довгоіснуючі природні радіонукліди уранового (радієвого) і торієвого рядів, які надходять у організм гірників через рот (пероральним шляхом) визначається за формулою:

$$E_{U(Ra)+Th}^{ingest} = k_{U(Ra)+Th}^{ingest} \times T \times C_{U(Ra)+Th}^{ingest}, \text{ мЗв/рік} \quad (11)$$

де $k_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ - дозовий коефіцієнт для сумішки довгоіснуючих альфа-випромінюючих радіонуклідів виробничого пилу уранового (радієвого) і торієвого рядів, що надходять у організм гірників через рот (пероральним шляхом);

$C_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ - середньорічний рівень сумарної об'ємної активності сумішки довгоіснуючих альфа-випромінюючих радіонуклідів виробничого пилу з частинками уранового (радієвого) і торієвого рядів, що надходять у організм гірників через рот (пероральним шляхом);

T - середньорічний час зайнятості гірника в шахті, годин.

Під час виконання гірничих робіт відбувається процес одночасного подрібнення гірських порід та вугілля, що вміщують радіонукліди уранового та торієвого рядів. Об'ємна концентрація сумішки радіонуклідів уранового та торієвого рядів в шахтній атмосфері визначається формулою [5]:

$$C_{U(Ra)+Th} = A \times f \times 10^{-6} = (A_{U(Ra)} + 1,55A_{Th}) \times f_{U(Ra)+Th} \times 10^{-6}, \text{ Бк/м}^3, \quad (12)$$

де A – ефективна питома активність природних радіонуклідів у гірських породах та вугіллі визначена як зважена сума питомих активностей урану 238 (або радію 226) в рівновазі з іншими ізотопами уранового ряду ($A_{U(Ra)}$) і торію 232 в рівновазі з іншими ізотопами торієвого ряду (A_{Th}): $A = (A_{U(Ra)} + 1,55A_{Th})$; $f_{U(Ra)+Th}$ - середньорічна концентрація завислого пилу в шахтній атмосфері, що містить частинки природних радіонуклідів, мг/м^3 .

Середньорічна об'ємна концентрація активності довгоіснуючих природних радіонуклідів уранового і торієвого рядів у сумішку частинок завислого виробничого пилу, що надходить до організму людини при диханні, визначається формулою:

$$C_{(U(Ra)+Th)} = C_{on} + C_{om} = C_{U(Ra)+Th} F_n + C_{U(Ra)+Th} (1 - F_n), \text{ Бк/м}^3 \quad (13)$$

де C_{on} – об'ємна активність (концентрація) довгоіснуючих природних радіонуклідів (ПРН), що надходить в організм людини через ніс;

C_{om} – об'ємна активність (концентрація) довгоіснуючих ПРН, що надходить в організм людини через рот;

F_n – повітряний потік, що проходить через ніс гірника, за цикл дихання, $(1 - F_n)$ – повітряний потік, що проходить через рот гірника за цикл дихання.

Оскільки пил вугільних шахт є полідисперсним, то до організму шахтаря надходить не уся кількість пилу, який знаходиться в шахтній атмосфері. Частина пилу, що надходить до організму гірника з навколишнього середовища, визначається коефіцієнтом DE . Коефіцієнт DE залежить від медіанного за активністю аеродинамічного діаметру $АМАД$ виробничого пилу, медіанного за активністю термодинамічного діаметру $АМТД$ виробничого пилу, аеродинамічного діаметру d_{ae} (розміру) частинок пилу, функції густини розподілу активності $P_A(d_{ae})$ частинок завислого пилу від аеродинамічного діаметру частинок пилу. Коефіцієнт DE можливо визначити за допомогою моделі респіраторного тракту людини, приведеною в Публікації 66 МКРЗ [6], в якій респіраторний тракт представлено як набір серії фільтрів для повітря, що вдихається і видихається за цикл дихання.

Частка пилу DE_j від загальної кількості пилу, що надходить з навколишнього середовища і відкладається в j -му фільтрі, представляється формулою [6]:

$$DE_j = DE_{j-1} \eta_j \xi_j \left(\frac{1}{\eta_{j-1}} - 1 \right), \quad (14)$$

де j – змінюється від 1 до N , (N – кількість фільтрів в серіях фільтрів, які моделюють анатомічні відділи респіраторного тракту людини для повного циклу дихання);

$$\xi_j = \frac{\phi_j}{\phi_{j-1}}$$

ϕ_j - об'єм повітряного потоку з частинками пилу, пов'язаний з вдихом і видихом, що виходить з j -го фільтру; ϕ_{j-1} - об'єм повітряного потоку з частинками пилу, пов'язаний з вдихом і видихом, що входить до j -го фільтру;

η_j - ефективність j -го фільтру – визначається як доля частинок, які входять до фільтру і осідають в ньому (кількість частинок пилу на виході j -го фільтру, що поділена на кількість частинок пилу на вході j -го фільтру).

Згідно [6] ефективність надходження до кожного фільтру η_j дихального тракту характеризується двома компонентами η_{ae} та η_{th} . Величина η_{ae} обумовлена аеродинамічним надходженням за рахунок процесів зіткнень і гравітаційного осідання частинок пилу. Величина η_{th} обумовлена термодинамічними процесами дифузії частинок за рахунок Броунівського руху. Аеродинамічний і термодинамічний процеси діють при надходженні частинок до фільтрів (анатомічних відділів респіраторного тракту) конкурентно і тому комбінована ефективність j -го фільтру представляється формулою [6]:

$$\eta_j = (\eta_{ae}^2 + \eta_{th}^2)^{1/2} \quad (15)$$

В даній роботі реалізовано ідею згідно якої пил, що при диханні відклався у кожному відділі респіраторного тракту (РТ), розподіляється на частку, що поступає у шлунково-кішківний тракт (ШКТ) і частку, що залишається у респіраторному тракті.

Для реалізації цієї ідеї використана динамічна модель затримки і виведення аерозолів [7], яка дозволяє диференціювати розподіл і виведення пилу, що вдихається, і в якій приведені коефіцієнти відкладення (депонування) пилу між основними відділами дихального тракту.

Коефіцієнти відкладення динамічної моделі дозволяють розрахувати кількість пилу, який відклався в кожному відділі РТ на частку, що надходить у ШКТ і частку, що залишається в РТ.

Коефіцієнт DE включає дві складові і визначається за формулою:

$$DE = DE_{on} + DE_{om} \quad (16)$$

де DE_{on} , DE_{om} - частини коефіцієнту DE , які враховують надходження виробничого пилу через ніс і рот відповідно.

В свою чергу надходження виробничого пилу через ніс і рот у відділах РТ розділяється на частку, що залишається у РТ і частку, що переходить у ШКТ:

$$DE_{on} = DE_{on}^{inhal} + DE_{on}^{ingest} \quad (17)$$

$$DE_{om} = DE_{om}^{inhal} + DE_{om}^{ingest} \quad (18)$$

У випадку полідисперсного пилу, яким практично і є виробничий пил шахтної атмосфери, формула для визначення об'ємної середньорічної активності C_o виробничого пилу (в оточуючому середовищі) при диханні людини має вигляд:

$$C_o = C_{on} + C_{om} = F_n C_o + (1 - F_n) C_o \quad (19)$$

де C_o - середньорічна об'ємна концентрація активності виробничого пилу в оточуючому середовищі, Бк/м³;

C_{on} - середньорічна об'ємна концентрація активності сумішки природних радіонуклідів, що містяться у виробничому пилу і надходять в організм при диханні через ніс, Бк/м³;

C_{om} - середньорічна об'ємна концентрація активності сумішки природних радіонуклідів, що містяться у виробничому пилу і надходять в організм при диханні через рот, Бк/м³.

З врахуванням коефіцієнта DE середньорічна об'ємна концентрація активності полідисперсного виробничого пилу, що надходить в організм гірника при диханні через ніс C_{onp} і рот C_{omp} визначаються формулами:

$$\begin{aligned} C_{onp} &= C_{on} DE_{on} = C_o F_n DE_{on} = C_o F_n (DE_{on}^{inhal} + DE_{on}^{ingest}) = \\ &= F_n (A_{U(Ra)} + 1,55 A_{Th}) f_{U(Ra)+Th} 10^{-6} [DE_{on}^{inhal} + DE_{on}^{ingest}] \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} C_{omp} &= C_{om} DE_{om} = C_o (1 - F_n) DE_{om} = C_o (1 - F_n) (DE_{om}^{inhal} + DE_{om}^{ingest}) = \\ &= (1 - F_n) (A_{U(Ra)} + 1,55 A_{Th}) f_{U(Ra)+Th} 10^{-6} [DE_{om}^{inhal} + DE_{om}^{ingest}] \end{aligned} \quad (21)$$

За допомогою формул (20, 21) встановлюємо сумарну об'ємну концентрацію активності виробничого пилу, що надходить до організму гірників інгаляційним $C_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ і пероральним $C_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ шляхами:

$$C_{U(Ra)+Th}^{inhal} = C_{on}^{inhal} + C_{om}^{inhal} = (A_{U(Ra)} + 1,55 A_{Th}) \times f_{U(Ra)+Th} \times 10^{-6} [DE_{on}^{inhal} F_n + DE_{om}^{inhal} (1 - F_n)] \quad (22),$$

$$C_{U(Ra)+Th}^{ingest} = C_{on}^{ingest} + C_{om}^{ingest} = (A_{U(Ra)} + 1,55 A_{Th}) \times f_{U(Ra)+Th} \times 10^{-6} [DE_{on}^{ingest} F_n + DE_{om}^{ingest} (1 - F_n)] \quad (23).$$

Формули (22,23) дозволяють виконати розрахунок сумарної річної об'ємної активності (концентрації) $C_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ і $C_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ сумішки довгоіснуючих ПРН рядів урану (радію) і торію, які надходять інгаляційним і пероральним шляхами до організму гірника при диханні через ніс і рот, що дозволяють визначити річну ефективну дозу опромінення від цих альфа-випромінюючих радіонуклідів. Коефіцієнт DE визначається для АМАД, що відповідає концентрації виробничого пилу у контрольній точці (робочій зоні).

Для формули (10) значення коефіцієнту $k_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ розраховується за допомогою виразу:

$$k_{U(Ra)+Th}^{inhal} = \frac{DL_E}{T \times PC_{U(Ra)+Th}^{inhal}}, \quad (24)$$

де $DL_E = 5$ мЗв/рік – межа річної ефективної дози для працівників вугільних шахт [3];

$PC_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ - допустима об'ємна концентрація активності сумішки довгоіснуючих альфа-випромінюючих радіонуклідів виробничого пилу уранового (радієвого) і торієвого рядів, що надходять в організм гірників інгаляційним шляхом. При цьому:

$$PC_{U(Ra)+Th}^{inhal} = (PC_{U(Ra)}^{inhal} + 1,55 PC_{Th}^{inhal}) \times DE^{inhal} = (0,037 + 1,55 \times 0,018) DE^{inhal} = 0,065 DE^{inhal}.$$

Найменше допустиме надходження об'ємної активності $PC_{U(Ra)+Th}^{inhal}$ для природних радіонуклідів ряду урану (радію) та торію встановлено для виробничого пилу з АМАД = 0,01 мкм, тому коефіцієнт DE^{inhal} визначається для виробничого пилу з АМАД = 0,01 мкм за допомогою формули: $DE^{inhal} = DE_{on}^{inhal} F_n + DE_{om}^{inhal} (1 - F_n) = 0,00061 F_n + 0,0344 (1 - F_n)$.

Кількісні значення коефіцієнтів DE_{on}^{inhal} , DE_{om}^{inhal} розраховуються за допомогою моделі респіраторного тракту [6] і коефіцієнтів відкладення (депонування) пилу у відділах дихального тракту динамічної моделі затримання і виведення аерозолів [7]. При легкому фізичному навантаженні і нормальному диханні ($F_n = 1,0$; $DE^{inhal} = 0,00061$; $PC_{U(Ra)+Th}^{inhal} = 0,00004$),

$k_{U(Ra)+Th}^{inhal} = 62$ мЗв м³/Бк г. При важкому фізичному навантаженні і нормальному диханні ($F_n = 0,5$; $DE^{inhal} = 0,0175$; $PC_{U(Ra)+Th}^{inhal} = 0,0011$), $k_{U(Ra)+Th}^{inhal} = 2,58$ мЗв м³/Бк г.

Для формули (11) значення коефіцієнту $k_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ розраховується за допомогою виразу:

$$k_{U(Ra)+Th}^{ingest} = \frac{DL_E}{T \times PC_{U(Ra)+Th}^{ingest}}, \quad (25)$$

де $DL_E = 5$ мЗв/рік – межа річної ефективної дози для працівників вугільних шахт [3];

$PC_{U(Ra)+Th}^{ingest}$ - допустима об'ємна концентрація активності сумішки довгоіснуючих альфа-випромінюючих радіонуклідів виробничого пилу уранового (радієвого) і торієвого рядів, що надходять в організм гірників пероральним шляхом. При цьому:

$$PC_{U(Ra)+Th}^{ingest} = (PC_{U(Ra)}^{ingest} + 1,55 PC_{Th}^{ingest}) \times DE^{ingest} = (7 + 1,55 \times 9) \times DE^{ingest} = 20,95 \times DE^{ingest}.$$

Коефіцієнт DE^{ingest} визначається для АМАД = 0,01 мкм за допомогою формули: $DE^{ingest} = DE_{on}^{ingest} F_n + DE_{om}^{ingest} (1 - F_n) = 0,00118 F_n + 0,0351 (1 - F_n)$.

Кількісні значення коефіцієнтів DE_{on}^{ingest} , DE_{om}^{ingest} розраховуються за допомогою моделі респіраторного тракту [6] і коефіцієнтів відкладення (депонування) пилу у відділах дихального тракту динамічної моделі затримання і виведення аерозолів [7]. При легкому фізичному навантаженні і нормальному диханні ($F_n = 1,0$; $DE^{ingest} = 0,0018$; $PC_{U(Ra)+Th}^{ingest} = 0,024$), $k_{U(Ra)+Th}^{ingest} = 0,12$ мЗв м³/Бк г. При важкому фізичному навантаженні і нормальному диханні ($F_n = 0,5$; $DE^{ingest} = 0,0181$; $PC_{U(Ra)+Th}^{ingest} = 0,38$), $k_{U(Ra)+Th}^{ingest} = 0,0077$ мЗв м³/Бк г.

Виконані дослідження дозволяють виконувати розрахунок річної дози опромінення працівників вугільних шахт у відповідності з діючими санітарними правилами і нормами радіаційної безпеки України [3,4]. Систематичне виконання радіаційного контролю у вугільних шахтах дозволить оцінювати їх радіаційний стан і утримувати величину опромінення гірників під час праці в шахтах у допустимих дозах опромінення від радіонуклідних джерел природного походження, а також своєчасно впроваджувати заходи щодо нормалізації радіаційного стану у вугільних шахтах. Останнє буде сприяти зниженню рівня профзахворюваності гірників вугільних шахт.

Список літератури

1. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10, затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 22.03.2010 р. №62, зареєстровано в Міністерстві Юстиції України 17.06.2010 р за №398/17693.
2. Руководство по оценке и контролю радиационной обстановки на угольных шахтах: КД 12.5.005-94, утв. Начальником управления по перспективному перевооружению предприятий и экологии Госуглепрома Украины Лебедевым В.Н. 14.08.1994, согласовано зам. главного Государственного санитарного врача Украины Бобылевой О.А. 17.08.1994.-46 с.
3. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ): ДСП 6.074.120-01, затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.02.2005 р №54, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20.05.2005 р за №522/10832.- К., 2001.-83 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): ДГН 6.6.1.-6.5.0001-98, затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 14.07.97 р №208.-К., 1998.-135 с.
5. Оценка пылерадиационного фактора при работе с урановым минеральным сырьем. Методические рекомендации. Утв. Зам.министра К.И.Акулов 29.09.1988, Л.-1988, 11 с.
6. ICRP Publication 66. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection/- Oxford: Pergamon Press, 1994.- 482 p. (Публикация 66 МКРЗ. Модель респіраторного тракту человека для радиологической защиты).
7. Голутвина М.М., Абрамов Ю.В. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием/ под ред. Л.А. Булдакова.- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 176 с.