

wynosi 5 ha. Grubość warstwy izolacyjnej powinna wynosić około 2 m. W celu wykonania odpowiednich testów, w rejonie składowiska Jazbec wyodrębniono w roku 2003 obszar o długości 100 m i szerokości 12–20 m. Obszar podzielono na dwie części, z których jedną pokryto 5 różnego typu warstwami, a drugą tylko dwiema. Materiał tworzący warstwę izolacyjną składał się z drobnych frakcji łupków oraz piasku. Pomiary ekshalacji radonu wykonano z pomocą węgli aktywnych w miejscu zalegania nieosłoniętych odpadów, warstwy izolacyjnej, warstwy ochronnej i warstwy humusu. Czas ekspozycji wynosił 48 godzin. Otrzymane wyniki wskazują, że mieszanina łupków ilastych i piasku jest dostatecznie dobrą zaporą izolującą radon. Współczynniki ekshalacji były o 50% i więcej mniejsze niż dopuszczalny limit  $0,1 \text{ Bq}/(\text{m}^2\text{s})$ . Zbudowana zaporą nie zabezpieczała jednak składowiska przed nadmiernym przenikaniem wód opadowych, które było wyższe niż to dopuszczają przepisy. W pracy przedstawiono również wyniki oceny skuteczności udoskonalonej warstwy izolacyjnej, do której oprócz łupków ilastych i piasku dodano jeszcze bentonit.

**68.****Estimation of radon dose in several workplaces using dosimetric model for inhalation of airborne radionuclides****Ocena dawek na kilku wybranych stanowiskach pracy w oparciu o modele dozymetryczne wchłaniania promieniotwórczych cząsteczek zawieszonych w powietrzu drogą oddechową**

Kalina Mamont-Cieśla, Olga Stawarz

Central Laboratory for Radiological Protection, ul. Konwaliowa 7, 03-194 Warsaw, POLAND

There are two approaches to the estimation of the effective dose associated with the inhalation of  $^{222}\text{Rn}$  short-lived progeny. One of them based on the Publication 65 ICRP (International Commission on Radiological Protection) using a single dose conversion factor, called conversion convention, is derived from the results of the epidemiological studies of uranium miners. However, the extrapolation from the lung cancer risk for uranium miners applied to the general population meets many objections related to both: big difference of about 2-3 orders of magnitude in the radon exposure, and differences in the exposure environments (e.g. concentration, size distribution and chemical composition of aerosols), breathing rates, smoking pattern and so on. The second approach is based on the Publication 66 ICRP which strongly recommends the usage of dosimetric models for inhalation of airborne radionuclides. These models reveal that the dose per unit intake of radon progeny depends on the site of particle deposition in the respiratory track, which, in turn, strongly depends on the particle size distribution. It is particularly important in the estimation of the dose to take into account the contribution of the ultrafine particles below 10 nm in diameter. To recapitulate, for the reliable estimation of the radon dose it is necessary to know not only the alpha potential energy concentration (PAEC), but also the full size distribution of radon progeny particles in the range from 1 to 1000 nm, which penetrate to our lungs with the air. The dosimetric model approach uses a weighted dose conversion factor, which combines radon progeny size distribution with the particle-size dependent dose conversion factors in a particular exposure location.

By means of our Radon Progeny Particle Size Spectrometer, manufactured by dr Stephen Solomon in ARPANSA, Melbourne, Australia, we measured potential alpha energy concentra-

tion (PAEC) and radon progeny size distribution in five workplaces. They were: an attorney office, Faculty of Physics at the Warsaw University – two locations, the Central Laboratory for Radiological Protection and an experimental coal mine “Barbara”. The measurements were conducted in various conditions of aerosols: natural and high level aerosols from smoking cigarettes. We applied both approaches for the estimation of the annual effective doses from inhaled radon progeny for an adult male with a breathing rates of 1.2 m<sup>3</sup>/h and 0.78 m<sup>3</sup>/h, appropriate respectively to occupational and environmental exposure, and compared them. Ratios of the doses estimated by the dosimetric model to ones with the use of the constant conversion convention range from 0.5 when the free fraction is ca. 5% to 1.7 when the free fraction is ca. 30%.



Istnieją dwa podejścia pozwalające na ocenę dawek skutecznych związanych z inhalacją krótkożyciowych produktów rozpadu radonu <sup>222</sup>Rn. Pierwsze z nich, opisane w publikacji ICRP nr 65, polega na zastosowaniu pojedynczego współczynnika konwersji, którego wartość została wyprowadzona w oparciu o wyniki badań epidemiologicznych górników kopalni uranowych. Należy jednak podkreślić, że ekstrapolacja wielkości ryzyka inkubacji nowotworu u górników kopalni uranowych na całą populację napotyka wiele głosów sprzeciwu wskazujących na różnicę w ekspozycji 2–3 rzędów wielkości, różnice środowiskowe (stężenie, rozkład ziarnowy i skład chemiczny aerozoli), szybkość oddychania, wpływ palenia tytoniu i tak dalej.

Drugi sposób, zalecający zastosowanie określonych modeli dozymetrycznych opisujących inhalację promieniotwórczych cząsteczek zawieszonych w powietrzu w układzie oddechowym, został opisany w publikacji ICRP nr 66. Wymienione modele dozymetryczne wskazują na silną zależność dawki od miejsc depozycji cząstek w układzie oddechowym oraz od rozkładu ziarnowego. Szczególnej wagi nabiera tu uwzględnienie wkładu do dawki od niewielkich obiektów o rozmiarach poniżej 10 nm. Reasumując, odpowiednia ocena dawki powinna uwzględniać nie tylko stężenie energii potencjalnej alfa, lecz również pełną charakterystykę ziarnową cząsteczek w zakresie 1 nm do 1000 nm, cząsteczek docierających do płuc wraz z wdychanym powietrzem. W tego typu modelach dozymetrycznych stosuje się ważony współczynnik konwersji, który łączy rozkład ziarnowy produktów rozpadu radonu z współczynnikiem konwersji zależnym od rozmiarów cząsteczek w określonym miejscu ekspozycji.

Z pomocą spektrometru do oznaczania rozkładów ziarnowych produktów rozpadu radonu, który został skonstruowany przez dr Stephena Salomona (ARPANSA, Melbourne, Australia) zmierzono stężenie energii potencjalnej alfa (PAEC) oraz rozkłady ziarnowe produktów rozpadu radonu na pięciu stanowiskach pracy. Było to biuro adwokackie, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (2 stanowiska), Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie oraz Kopalnia Doświadczalna „Barbara”. Pomiary wykonano w środowisku zawierającym różne typy aerozoli: aerozole naturalne oraz duża ilość aerozoli powstających podczas spalania tytoniu. Ocenę rocznej dawki skutecznej przeprowadzono stosując dwie omówione wyżej metody dla dwóch różnych szybkości oddychania: 1,2 i 0,78 m<sup>3</sup>/h, odpowiadające odpowiednio narażeniu zawodowemu pracowników i ekspozycji środowiskowej. Otrzymane wyniki zostały porównane. Względne różnice między dawkami obliczonymi w oparciu o modele dozymetryczne i przy uwzględnieniu jednego stałego współczynnika konwersji zmieniały się od 0,5, kiedy udział frakcji wolnej wynosił od 5 do 1,7%, gdy wzrastał do ok. 30%.