

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 59, 2013: 88–97
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 59, 2013)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 59, 2013: 88–97
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 59, 2013)

Anna K. PARA

Katedra Turystyki Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie
Chair of Tourism School of Economics in Warsaw

Andrzej W. PARA

Wydział Wychowania Fizycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie
Faculty of Physical Education University of Rzeszow in Rzeszow

Świadomość skażenia otoczenia człowieka radonem Awareness of radon contamination of our environment

Słowa kluczowe: radon, skażenie, detektor, stężenie radonu

Key words: radon, pollution, detector, radon concentration

Wprowadzenie

Efekt cieplarniany, dziura ozonowa, kwaśne deszcze to pojęcia znane przeciętnemu człowiekowi jako niebezpieczeństwa grożące ludzkości oraz środowisku naturalnemu. Szybki rozwój gospodarczy, ekspansja przedsiębiorstw, działalność gospodarcza niezważająca na efekty zewnętrzne swoich poczynań to główni winowajcy wspomnianych problemów. Prócz wymienionych wyżej globalnych problemów i negatywnych zjawisk warto wymienić skażenie otoczenia człowieka radonem. Jednym z elementów środowiska naturalnego człowieka jest tło promieniowania joni-

zującego odpowiedzialne za narażenie radiacyjne populacji. Według szacunków statystyczny mieszkaniec Polski otrzymuje rocznie dawkę promieniowania jonizującego o wartości 3,35 mSv¹, z czego największy udział w narażeniu miały izotopy radonu, tj. Rn-222 i Rn-220, a także produkty ich rozpadu. Obecność radonu w środowisku jest powiązana z rozpadem promieniotwórczym uranu oraz toru, które są elementem składowym gruntów, gleb oraz skał.

Niniejszy artykuł ma za zadanie zwrócić uwagę na fakt braku świadomości społecznej dotyczącej istnienia zagrożeń przez źródła naturalne, w szczególności promieniowania radonu

¹Sivert – jednostka dawki promieniowania w układzie SI, Sv = J·kg⁻¹ – dawka pochłonięta pomnożona przez współczynnik jakości biologicznej (QF – współczynnik szkodliwości biologicznej).

w otoczeniu człowieka, oraz pokazać, że chociaż jest nieuchwytny dla zmysłów człowieka, da się dokonać dokładnych pomiarów jego stężenia.

Radon, choć niewyczuwalny przez ludzkie zmysły oraz nieobecny w świadomości jako potencjalne zagrożenie, prowadzi do nieodwracalnych w skutkach rezultatów, takich jak zachorowania na nowotwory, w tym głównie raka płuc.

W pracy omówiono wpływ ważnych czynników na stan świadomości człowieka oraz opisano przykład pomiaru stężenia radonu w zamkniętym pomieszczeniu.

Źródła informacji i wiedzy

Do świadomości każdego człowieka dochodzą w ciągu dnia miliony bodźców, które wpływają na jego stan wiedzy, są to czynniki wewnętrzne i zewnętrzne.

Pierwsze z nich, tj. czynniki zewnętrzne, nie są kontrolowane przez odbiorcę, mogą jedynie podlegać monitorowaniu oraz rozległym analizom, są jednak i takie, które nie podlegają korekcji i wpływowi. Interesujące informacje na ten temat czerpane są głównie z mediów masowych, Internetu, ośrodków naukowych i badawczych oraz z literatury przedmiotu. Mimo faktu, iż intensywny postęp technologiczny w zakresie komunikacji pozwolił na gigantyczny i szybki przepływ informacji w skali globalnej, wiedza człowieka nadal nie jest pełna, wolna od błędów i zgodna z prawdą naukową. Castells (1997), Baudrillard (2005) oraz Juza (2008) zwracają uwagę na funkcjonowanie w naszej świadomości tzw. rze-

czywistości wirtualnej, opartej głównie na symbolach i znakach, które przestają być metaforami doświadczeń, lecz same też stają się doświadczeniami. Pewnego rodzaju potwierdzeniem tej tezy może być próba obiektywnego badania subiektywnej rzeczywistości, która została podjęta przez Biernackiego (2010). Poprzez wiedzę uzyskaną od przebadanych respondentów na temat takich zjawisk przyrodniczych, jak: globalne ocieplenie, dziura ozonowa, kwaśne deszcze, kłęski żywiołowe czy efekt cieplarniany, Biernacki doszedł do wniosku, że w społecznym odbiorze nie funkcjonują autorytety przyrodnicze, postrzegane jako fizycznie istniejące, konkretne osoby, które wyparte są poprzez wiedzę i wyobrażenia laików, w znacznym stopniu zbieżne z przekazami medialnymi, dalekie od doskonałości. Zjawiska globalizacji i integracji (Pietraś 2002, Haliżak i in. 2004, Dąbrowska 2008) nie poprawiają tego stanu rzeczy, a wprost przeciwnie – przyczyniają się do jeszcze większej dezorientacji. Mimo iż dostęp do wiedzy i informacji jest łatwy i powszechny, człowiek nie potrafi wyselekcjonować prawdziwych i istotnych faktów z gąszczy informacji, z jakimi styka się każdego dnia. Zwrócić uwagę należy na fakt, iż negatywną rolę odgrywa tu również tzw. świat nauki. Poprzez swoje spory, antagonizmy i częste w obecnych czasach błędne teorie wprowadza zamęt i chaos w wiedzy posiadanej przez przeciętnego człowieka. O ile spory zawsze były domeną ludzi nauki, o tyle sprzeczne teorie, dotyczące na przykład efektu cieplarnianego, są głównie wynikiem lobbowania określonych środowisk i nie przyczyniają się do pełnego wyjaśnienia problemu, a wręcz przeciwnie – często

szerzą zakłamanie teorie wprowadzające w błąd społeczeństwo.

Drugą grupę stanowią czynniki wewnętrzne. Jest to sfera, która dotyczy nas bezpośrednio i może w dużej mierze być kontrolowana. Informacje, które uzyskujemy z tego obszaru, pochodzą tak naprawdę z trzech źródeł. Jednym z nich jest wiedza zdobyta bezpośrednio od innych ludzi, drugim informacja zdobywana poprzez bodźce analizowane przez nasz organizm i trzecim wiedza uzyskana poprzez obserwacje i pomiary odnoszące się do zjawisk fizycznych, na które nasze zmysły nie reagują. Wiedza pochodząca od innych ludzi może być przekazywana poprzez: Internet, media masowe, szkołę, czasopisma czy książki, jest ona weryfikowalna, a tym samym bardziej wiarygodna. Może być też uzyskiwana w czasie przebywania w danym środowisku, na przykład podczas seminariów i konferencji.

Podstawowym i pierwotnym źródłem informacji o otaczającym nas świecie (Strelau i in. 1975) są bodźce działające bezpośrednio na narządy zmysłów i wywołujące w nich określone zmiany. Na bodziec każdy receptor reaguje salwą impulsów nerwowych. Receptory, czyli wyspecjalizowane komórki lub narządy zmysłowe (Tomaszewski, red. 1982), dzielą się na eksteroreceptory i intero-receptory. Pierwsze rozmieszczone są na powierzchni ciała i odbierają różne rodzaje energii ze środowiska zewnętrznego. Drugie, zlokalizowane wewnątrz ciała, odbierają różne rodzaje energii z obszaru samego organizmu. Są to: mechanoreceptory (odbierają bodźce mechaniczne, np. dotyk, dźwięk), chemoreceptory (odbierają bodźce chemiczne, np. smak, węch), termoreceptory (re-

agują na zmianę temperatury) i osmoreceptory (reagują na zmianę ciśnienia osmotycznego).

Recepcja to bierny „proces receptoryczny”, a organizm nie tylko oczekuje na sygnał, ale sam go aktywnie poszukuje i wykrywa. Dotyczy to choćby analizy smaku czy węchu (Tkacz i Borys 2006). Dowiadujemy się, iż analizator smaku jest to rodzaj chemoreceptorów rozpoznających cztery podstawowe smaki: kwaśny, słony, gorzki, słodki, oraz obecność wody. Receptory są skumulowane w rejonie języka oraz wewnętrznej strony policzków i przyjmują postać kubków smakowych. Z kolei analizator węchu jest to zestaw chemoreceptorów, służących do określania jakości i koncentracji materiałów chemicznych w powietrzu. Liczba chemoreceptorów w nosie człowieka jest szacowana na 10^7 . Nie jest to wartość duża i istnieje wiele zwierząt o lepszym węchu, na przykład u owczarków koncentracja ta sięga $2,2 \cdot 10^8$ komórek receptorowych.

Istnieją jednak zjawiska fizyczne, na które nasz organizm w ogóle nie reaguje lub reaguje w niepełnym zakresie, jego reakcje są zbyt słabe lub są zbyt późne i dlatego mogą wywoływać zmiany patologiczne. Należy do nich na przykład promieniowanie elektromagnetyczne (poza zakresem fal świetlnych) oraz promieniowanie jonizujące. W kwestii ich wykrywania nie jesteśmy jednak bezsilni. Pomocna jest nam w tych przypadkach tzw. detekcja techniczna, czyli wykrywanie pewnych zjawisk fizycznych i mierzenie wielkości je charakteryzujących za pomocą specjalnie do tego celu skonstruowanych urządzeń. Są to urządzenia wykorzystywane masowo, jak: wagi, termometry, barometry, rejestra-

tory ruchu, alarmy, szybkościomierze i czujniki napięcia, oraz urządzenia wykorzystywane na małą skalę, jak: sejsmografy, czujniki wykrywające gaz, detektory promieniowania elektromagnetycznego i jonizującego i tomografy komputerowe i inne.

Biorąc pod uwagę niebezpieczeństwo narażenia człowieka na promieniowanie emitowane przez naturalne radionuklidy, należy zwrócić uwagę na radon (Jaroszyka, red. 2001). Jest on pierwiastkiem promieniotwórczym o liczbie atomowej 86, należącym do grupy helowców. Jest najcięższym gazem szlachetnym, bezbarwnym, bezwonny i bez smaku. W rozpuszczalnikach organicznych rozpuszcza się lepiej niż w wodzie. Oziębiony poniżej temperatury krzepnięcia tworzy nieprzeźroczyste kryształy i świeci brylantowoniebieskim światłem. Choć obecnie znanych jest 30 izotopów radonu o liczbach masowych od 198 do 227 i wszystkie one są promieniotwórcze, o okresach połowicznego rozpadu od mikrosekund do kilku dni, to większość z nich jest wytworzona sztucznie. Naturalnie występują jedynie cztery radionuklidy (Encyklopedia techniki 1970). Są nimi: ^{218}Rn , ^{219}Rn , ^{220}Rn i ^{222}Rn , o okresach półrozpadu wynoszących odpowiednio: 0,03 s, 4 s, 52 s i 3,82 dnia. Ze względu na dosyć długi okres połowicznego rozpadu i produkty kolejnych rozpadów, po których wchłonięciu poprzez inhalację mogą pojawić się w organizmie cząstki α i β , najbardziej niebezpieczny dla człowieka jest ^{222}Rn .

Zagrożenia związane z promieniowaniem jonizującym i jego szkodliwe efekty są przedmiotem regulacji prawnych zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym. Istnieje wiele

aktów prawnych, które regulują normy dotyczące m.in. stężenia radonu w powietrzu.

Krajowe regulacje prawne, tj. rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (2005) ustanawia, iż limit narażenia promieniowaniem jonizującym wynosi 1 mSv w ciągu roku kalendarzowego. Zgodnie z tym rozporządzeniem ryzyko narażenia zdrowia i ludzi nie występuje w przypadku małych dawek promieniowania.

Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization – WHO) zaleca, aby natężenie jonizujące w pomieszczeniach zamkniętych utrzymane było na jak najniższym możliwym do osiągnięcia poziomie. Organizacja rekomenduje poziom natężenia $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ jako poziom bezpieczny dla zdrowia człowieka. W wielu krajach tak niski poziom natężenia jonizującego nie jest jednak możliwy do osiągnięcia, dlatego też uznano, że nie powinien on przekraczać $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Jedynym obowiązującym w Polsce aktem prawnym dotyczącym bezpośrednio obecności radonu w powietrzu budynków mieszkalnych jest rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 oraz toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz inwentarza żywego, jak również w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (2007), wydane na podstawie ustawy – Prawo atomowe (2000). Reguluje ono dopuszczalne stężenie radonu powstającego z izotopów radu i toru w materiałach budow-

lanych. Główne źródło radonu – grunt, nadal pozostaje poza kontrolą uregulowań prawnych.

Zgodnie z unijną dyrektywą Rady ustanawiającą podstawowe normy bezpieczeństwa w zakresie ochrony zdrowia pracowników i ogółu społeczeństwa przed zagrożeniami wynikającymi z promieniowania jonizującego (1996) dawka graniczna promieniowania jonizującego dla członków społeczeństwa, wyrażona jako dawka skuteczna, wynosi 1 mSv rocznie. Istnieje przy tym możliwość zezwolenia na większą dawkę skuteczną w danym roku, przy założeniu, że średnia dawka w okresie pięciu kolejnych lat nie przekroczy 1 mSv rocznie.

Opis doświadczenia

W celu zweryfikowania tezy, iż obecność radonu jest powszechna w zamkniętych budynkach (Kapała i in. 1997, Żak i in. 2001, Jankowski i in. 2005) oraz w najbliższym otoczeniu człowieka (Swakoń i in. 2004, Kozak i in. 2005, 2011) przeprowadzono następujący eksperyment.

W piwnicy budynku „A” Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych nr 5 w Krośnie umieszczono, zgodnie z dołączoną instrukcją, detektor śladowy CR-39, nr 132 służący do pomiaru stężenia radonu. Detektor tego typu (Mazur i in. 1999) składa się z plastikowej osłony, wewnątrz której umieszczona jest specjalna folia. Cząstki α , emitowane przez radon wnikający do środka osłony, powodują powstanie mikroskopijnych uszkodzeń, które pod mikroskopem po wytrawieniu folii widoczne są jako czarne punkty.

Pomieszczenie, które wybrano, pozwalało na efektywną detekcję cząstek α .

Podpiwniczony, dwupiętrowy budynek był wybudowany w 1963 roku. Jego otynkowane mury zostały zbudowane z cegły. Budynek był wyposażony w wodociąg, kanalizację, centralne ogrzewanie i doprowadzony był do niego prąd elektryczny. W pomieszczeniu, w którym umieszczono detektor, podłogę stanowiła wylewka betonowa. Ponieważ do tej pory znajdowały się tu bardzo stare dokumenty, stanowiące częściowe archiwum szkoły, zaglądano do niego niezwykle rzadko. W trakcie ekspozycji detektora, tj. od 19 maja do 28 września 2005 roku, do pomieszczenia nikt nie wchodził. Natychmiast po zakończeniu naświetlania cząstkami α na karteczce naklejonej na pojemniku detektora zanotowano daty początku i końca pomiaru. Następnie włożono pojemnik do woreczka foliowego i odpowiednio zabezpieczony wysłano do Laboratorium Promieniotwórczości Naturalnej Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Po otwarciu pojemników i podzieleniu detektorów na dwie części jedną pozostawiono w laboratorium, a drugą odesłano w celu wytrawienia oraz dokonania pomiarów i analiz.

Wytrawienie zostało przeprowadzone w 10 N stężonym roztworze zasady sodowej (NaOH), w temperaturze 70°C. Do uzyskania takiej temperatury wykorzystano specjalistyczny piec z termostatem. Czas trawienia wynosił 7 godzin. Po wytrawieniu folii płukano ją intensywnie wodą destylowaną przez około 30 minut. Następnie przystąpiono do wyznaczania gęstości śladów pochodzących z detektora pomiarowego. W tym celu użyto mikroskopu optycznego o powiększeniu obiektywu 40× i okularu 5×. Wykorzy-

stano również siatkę dyfrakcyjną o gęstości $n = 50$ linii·mm⁻¹, czyli o stałej siatki $a = 2 \cdot 10^{-3}$ cm. Najpierw wyznaczono średnicę, $d = 22$ linie, siatki dyfrakcyjnej z dokładnością do jednej linii obserwowanego w mikroskopie kołowego pola widzenia. Następnie umieszczono detektor na stoliku mikroskopu i po ustaleniu ostrości przystąpiono do liczenia śladów zarejestrowanych przez detektor cząstek α znajdujących się w polu widzenia. Liczenie było powtarzane 50 razy w różnych obszarach detektora.

Analiza wyników

Zarówno gęstość śladów (\bar{N}_p), jak i stężenie radonu (C) są wielkościami wyznaczonymi pośrednio. I tak wzór na gęstość śladów:

$$\bar{N}_p = \frac{\bar{x}}{S} = \frac{4 \cdot \bar{x}}{\pi \cdot a^2 \cdot d^2} \quad (1)$$

został wyprowadzony z zależności

$$r = \frac{a \cdot d}{2} \quad \text{i} \quad S = \frac{\pi \cdot a^2 \cdot d^2}{4} \quad (2)$$

gdzie:

a – stała siatki,

d – średnicy obserwowanego obszaru,

\bar{x} – średnia liczba zliczanych śladów.

W celu wyznaczenia maksymalnej niepewności gęstości śladów ($\Delta \bar{N}_p$) posłużono się metodą pochodnej logarytmicznej (Smela 1995), uzyskując następującą zależność:

$$\Delta \bar{N}_p = \bar{N}_p \cdot \left[\frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} + 2 \cdot \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + 2 \cdot \left| \frac{\Delta d}{d} \right| \right] \quad (3)$$

gdzie:

Δa – dokładność wyznaczenia stałej siatki,

Δd – dokładność wyznaczenia średnicy,

$\Delta \bar{x}$ – odchylenie standardowe wartości średniej \bar{x} .

Do wyznaczenia stężenie radonu (C) wykorzystano (na podstawie instrukcji stosowania CR-39) następujący związek:

$$C = \frac{\bar{N}_p}{k \cdot t} \quad (4)$$

gdzie:

$k = 0,0022$ ślad·m³·(Bq·h·cm²)⁻¹ – współczynnik kalibracji wyznaczony w Laboratorium Promieniotwórczości Naturalnej IFJ PAN,

t – czas ekspozycji detektora [h].

Ponieważ przyjęto, iż precyzja pomiaru czasu i współczynnika kalibracji jest duża w porównaniu z precyzją pomiaru pozostałych wielkości, zatem

wyrażenie $\frac{1}{k \cdot t}$ potraktowano jako stałą.

Równanie:

$$\Delta C = \frac{1}{k \cdot t} \cdot \bar{N}_p \quad (5)$$

wykorzystano w celu wyznaczenia niepewności stężenia radonu.

Uzyskano następujące wartości wielkości mierzonych:

- stała siatki
 $a = (20 \pm 1) \cdot 10^{-2}$ cm
- średnica obserwowanego koła
 $d = (22 \pm 1)$ linie siatki dyfrakcyjnej
- średnia liczba śladów
 $\bar{x} = (4,98 \pm 0,33)$

- gęstość śladów
 $\bar{N}_p = (3,27 \pm 0,52) \cdot 10^3 \text{ ślad} \cdot \text{cm}^{-2}$
- czas ekspozycji
 $t = 3168 \text{ h}$
- stężenie radonu
 $C = (471 \pm 74) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$

Dyskusja i wnioski

Wartości wyznaczonych wielkości fizycznych (tab. 1) są zgodne z wartościami uzyskanymi w Laboratorium Promieniotwórczości Naturalnej IFJ PAN w Krakowie.

Takie oszacowanie stężenia promieniotwórczego radonu koresponduje z wartościami podawanymi w literaturze. Salach, red. (2004) podaje, iż dopuszczalna aktywność radonu w pomieszczeniach mieszkalnych wynosi $200 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, natomiast w Tablicach fizyczno-astronomicznych (1995) można przeczytać, że powietrze budynków w skrajnych warunkach charakteryzuje się stężeniem promieniotwórczym radonu o wartości $1000 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$.

Na promieniotwórcze skażenie radonem powietrza atmosferycznego duży wpływ ma struktura podłoża (gruntu i skał). Jeśli skała jest spękana, to radon może bez trudu wydostać się z niej do

atmosfery, natomiast lita skała, bez spękań, więzi dużą część radioaktywnego gazu, utrudniając migrację. Do istotnych źródeł radonu w gospodarstwie zaliczyć należy: materiały budowlane, grunt, wodę, gaz ziemny i powietrze. Materiały budowlane dlatego, gdyż są one wytwarzane z naturalnych skał, które zawierają w sobie również uran, tor czy rad. Betony piankowe i niektóre fosfogipsy, w przeciwieństwie do drewna, gipsu naturalnego, piasku i żwiru, mają znacznie większą zawartość radu i powodują wzrost stężenia radonu wewnątrz budynków. Tempo wydzielania radonu ze ścian zależy od ich porowatości, a także wszelkich uszczelnień powierzchni. Za pomocą malowania, gipsowania czy wyklejania ścian tapetami można zmniejszyć emisję radonu. Ilość radonu pochodzącego z podłoża zależy od parametrów samego podłoża, jak również konstrukcji budynku.

Radon jest znacznie cięższy od powietrza i powinien pozostać w przyziemnej warstwie. Podstawowym powodem infiltracji tego gazu do domów jest nieznaczna różnica ciśnień między wnętrzem i zewnątrz. Jest to tzw. efekt kominowy. Są dwa powody takiego stanu. Pierwszym jest działanie w domu na przykład kanalizacji czy

TABELA 1. Zestawienie otrzymanych wyników

TABLE 1. Summary of results

Wielkość fizyczna Physical size	Symbol Symbol	Wyniki autorów Authors' results	Godlewski i in. ^a Godlewski et al.
Gęstość śladów Density traces	$\bar{N}_p \cdot 10^{-3} \text{ ślad} \cdot \text{cm}^{-2}$	3,27 (52)	3,713
Stężenie radonu The concentration of radon	$C \cdot 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	4,71 (74)	5,33

^aM. Godlewski, K. Kozak, J. Mazur 2006 (http://www.zamkor.pl/rozne_pliki/wyniki/wyniki_IFJ_PAN.zip).

zsympów na śmieci, czyli urządzeń wy-pompowujących powietrze na zewnątrz budynku. Drugim powodem jest nagrzanie mieszkania. Ciepłe powietrze, jako lżejsze, wywołuje niższe ciśnienie, dodatkowo jego unoszenie się działa jak pompa ssąca, wyciągająca radon z niższych pomieszczeń, z podłoga oraz ze ścian zewnętrznych budynku. Betonowa nawierzchnia może zmniejszyć wydzielanie gazu do wnętrza budynku dziesięciokrotnie, jednak mimo to radon z gruntu może stanowić istotny procent jego stężenia, zwłaszcza w piwnicach.

Kolejnym źródłem radonu może być zasobna w ten radioizotop woda. W Polsce wody pitne mają stosunkowo małą jego zawartość. Najwyższe stężenie występuje w źródle mineralnym w Świeradowie. Do wzrostu stężenia skażenia budynku przyczynia się również gaz ziemny spalany w mieszkaniach.

Analiza źródeł promieniowania w środowisku wskazuje (Tablice fizyczno-astronomiczne 1995), że roczna dawka, której źródłem jest radon, w budynkach wynosi 0,6–0,8 mSv. Natomiast dawka, której źródłem jest promieniowanie kosmiczne, wynosi 0,3–0,5 mSv. Poza tym należy mieć świadomość, że całkowita dawka roczna źródeł sztucznych (badania rentgenowskie, radioterapia, energetyka i próbne wybuchy jądrowe oraz telewizja) wynosi 0,6 mSv. Tak więc naturalne źródła promieniowania mają większy wpływ na zdrowie i życie ludzi na naszej planecie. Aby wiedzieć, jak źródła te wpływają na nasze najbliższe otoczenie, należy stale dokonywać stosownych pomiarów i analiz oraz dołożyć wszelkich starań do rozpowszechniania informacji oraz szerzenia wiedzy

na temat radonu oraz skażenia, jakie wywołuje on w środowisku naturalnym i otoczeniu człowieka.

Literatura

- BAUDRILLARD J. 2005: Precesja symulakrów. W: M. Hoplinger (red.) Nowe media w komunikacji społecznej w XX wieku. Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- BIERNACKI W. 2010: Człowiek – media – środowisko. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- CASTELLS M. 1997: The Rise of the Network Society. Blackwell Publishers, Malden.
- DĄBROWSKA B.J. 2008: Rozwój usług turystycznych w warunkach globalizacji. Wyższa Szkoła Turystyki i Hotelarstwa w Gdańsku, Gdańsk.
- Dyrektiva Rady 96/29/EURATOM z dnia 13 maja 1996 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w zakresie ochrony zdrowia pracowników i ogółu społeczeństwa przed zagrożeniami wynikającymi z promieniowania jonizującego. Dz. Urz. WE L 159 z 29.06.1996.
- HALIŻAK E., KUŹNIAR R., SIMONIDES J. 2004: Globalizacja a stosunki międzynarodowe. Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz – Warszawa:
- JANKOWSKI J., SKUBALSKI J., OLSZEWSKI J., SZALAŃSKI P., ŻAK A. 2005: Comparison of contemporary and retrospective radon concentration measurement in dwellings in Poland. International Congress Series 1276.
- JAROSZYK F. (red.) 2001: Biofizyka. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- JUZA M. 2008: Przestrzeń wirtualna jako przestrzeń społeczna – próba konceptualizacji. W: Z. Rykiel (red.) Nowa przestrzeń społeczna w badaniach socjologicznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów.
- KAPAŁA J., KARPIŃSKA M., MNICH Z., ZALEWSKI M. 1997: Pomiary produktów rozpadu radonu w budynkach mieszkalnych północno-wschodniej Polski. *Archiwum Ochrony Środowiska* 23, 1.

- KOZAK K., SWAKOŃ J., PASZKOWSKI M., GRADZIŃSKI R., ŁOSKIEWICZ J., JANIK M., MAZUR J., BOGACZ J., HORWACIK T., OLKO P., 2005: Correlation between radon concentration and geological structure of the Kraków area. *Radioactivity in the Environment* 7.
- KOZAK K., MAZUR J., KOZŁOWSKA B., KARPIŃSKA M., PRZYLIBSKI T.A., MAMONT-CIEŚLA K., GRZĄDZIEL D., STAWARZ O., WYSOCKA M., DORDA J., ŻEBROWSKI A., OLSZEWSKI J., HOVHANNISYAN H., DOHOJDA M., KAPALA J., CHMIELEWSKA I., KŁOS B., JAN-KOWSKI J., MNICH S., KOŁODZIEJ R. 2011: Correction factors for determination of annual average radon concentration in dwellings of Poland resulting from seasonal variability of indoor radon. *Applied Radiation and Isotopes* 69, 10.
- MAZUR D., JANIK M., ŁOSKIEWICZ J., OLKO P., SWAKOŃ J. 1999: Measurements of radon concentration in soil gas by Cr-39 detectors. *Radiation Measurements* 31.
- PIETRAŚ M. 2002: Globalizacja jako proces zmiany społeczności międzynarodowej. W: Pietraś M. (red.) *Oblicza procesów globalizacji*. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów. Dz.U. z 2007 r. nr 42, poz. 276.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2008 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. Dz.U. z 2005 r. nr 20, poz. 168.
- SALACH J. (red.) 2004: *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych kurs podstawowy z elementami kursu rozszerzonego koniecznego do podjęcia studiów technicznych i przyrodniczych*. Wydawnictwo ZamKor, Kraków.
- SMELA J., ZAMORSKI T., PUCH A. 1995: *Pierwsza pracownia fizyczna*. Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów.
- STRELAU J., JURKOWSKI A., PUTKIEWICZ Z. 1975: *Podstawy psychologii dla nauczycieli*. PWN Warszawa.
- SWAKOŃ J., KOZAK K., PASZKOWSKI M., GRADZIŃSKI R., ŁOSKIEWICZ J., MAZUR J., JANIK M., BOGACZ J., HORWACIK T., OLKO P. 2004: Radon concentration in soil gas around local disjunctive tectonic zones in the Kraków area. *Journal of Environmental Radioactivity* 78, 2.
- Tablice fizyczno-astronomiczne 1995. Wydawnictwo Adamantan, Warszawa.
- TKACZ E., BORYS P. 2006: *Bionika*. WNT, Warszawa.
- TOMASZEWSKI T. (red.) 1982: *Psychologia*. PWN, Warszawa.
- Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe. Dz.U. z 2007 r. nr 42, poz. 276, z 2008 r. nr 93, poz. 583.
- World Health Organization 2009. WHO Handbook on indoor radon. A public health perspective (http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf; dostęp z 10.12.2012).
- ŻAK A., BIERNACKA M., LIPIŃSKI P., MAMONT-CIEŚLA K. 2001: The results of measurements of building materials in Poland in the context of the indoor ²²²Rn concentration limitation. *Science of the Total Environment* 272, 1–3.

Streszczenie

Świadomość skażenia otoczenia człowieka radonem. W celu uświadomienia sobie występowania radonu i stopnia skażenia pomieszczenia spowodowanego jego występowaniem postanowiono przeprowadzić stosowne obserwacje i analizy. Na podstawie odpowiednio zabezpieczonego w pojemniku detektora CR-39 wyznaczono gęstość śladów (\bar{N}_p) pozostawionych przez cząstki α oraz średnie stężenie radonu (C). Detektor przebywał przez 3168 godzin w piwnicy budynku jednej ze szkół w Krośnie. Budynek, który został wybudowany w 1963 roku, jest

podpiwniczony, dwupiętrowy, zbudowany z cegły, a w pomieszczeniu, w którym znajdował się detektor, podłogę stanowiła wylewka betonowa. Budynek wyposażony jest w wodociąg, kanalizację i centralne ogrzewanie. Folię zastosowaną w detektorze trawiono roztworem 10 N zasady sodowej (NaOH) przez 7 godzin w specjalnym termostatowanym piecu w temperaturze 70°C.

Summary

Awareness of radon contamination of our environment. In order to pay attention to the existence of radon and the degree of the pollution of the room caused by its existence proper observations and analysis were to be carried. Based on the detector CR-39, properly protected in the container, the trail

density of (\bar{N}_p) left by α particles and the average concentration of radon (C) were measured. The detector stayed for 3168 hours in the cellar of a school in Krosno. The building built in 1963 has cellars, is two level, is built of brick and the room the detector stayed in has concrete floor. The building has water pipe system, sewage system and central heating. The foil used in the detector was etched for 7 hours in the solution 10 N of NaOH in special thermostat furnace in the temperature 70°C.

Authors' address:

Andrzej W. Para
Uniwersytet Rzeszowski
Wydział Wychowania Fizycznego
Katedra Nauk Biomedycznych
ul. Towarnickiego 3 (B3), 35-310 Rzeszów
Poland
e-mail: apara@univ.rzeszow.pl