

Naturalne tło promieniowania gamma w Pieninach w latach 1994–1997

Natural gamma radioactivity background in the Pieniny Mountains in the 1994–1997

KRZYSZTOF ZIOŁO

Institut Elektroniki Politechniki Śląskiej, ul. Akademicka 16, 44–100 Gliwice

Abstract. The paper presents the results of measurements of the natural gamma radioactivity background in the Pieniny Mountains and in the surrounding ranges such as the Gorce and the Beskid Sadecki. The obtained results were presented in tables. Their analysis was based on similar investigations carried out in some other places in Poland. This is the first study of this type made for the Pieniny Mountains. Conditions of the measurements have also been presented.

WPROWADZENIE

Ludzkosc dowiedziala sie o istnieniu promieniowania jonizujacego z koncem XIX w. W okresie do Drugiej Wojny Swiatowej zgromadzono wiele danych eksperymentalnych wskazujacych zarowno na dobroczynne jak i negatywne oddziaływanie promieniowania na organizm zywy. Byl to temat obecny rowniez w krajowej teorii i praktyce medycznej (Łazarski 1911). Po roku 1945 dobroczynne działanie promieniowania zniknęło z łamów prasy i większości publikacji naukowych (ale nie z praktyki), co związane było z chęcią nadania broni jądrowej maksymalnie odstrasżających cech. Utajniano też do niedawna wyniki pomiarów naturalnego tła promieniowania występującego w ziemskim środowisku. Powszechnie przyjęto naukowo nie udowodnioną hipotezę (Jaworski 1997; Siemiński 1994) zakładającą, że zależność między dawką a skutkiem jest liniowa oraz, że każda dawka, nawet najmniejsza, jest bezwzględnie szkodliwa a wielkość szkód w populacji zależy tylko od wielkości dawki (Skłodowska,

Gostkowska 1994; Häfner 1993). Tymczasem wiele nie nagłaśnianych wyników badań wykazuje, że promieniowanie jonizujące jest niezbędne do życia (Jaworski 1997; Janicki, Rewerski 1991). Przykładowo we Francji wykazano eksperymentalnie, że u bakterii i pierwotniaków hodowanych w warunkach sztucznie obniżonego poziomu promieniowania naturalnego nastąpiło obniżenie poziomu rozmnażania nawet o 60% (Jaworski 1997)! W chwili obecnej nie ma wątpliwości, że istnieje zjawisko homerezy radiacyjnej polegające na tym, iż poniżej pewnego minimalnego progu dawki promieniowania (ok. 1 mSv/rok) występują chorobowe objawy niedoboru (!) a powyżej drugiego, znacznie wyższego progu (200–2000 mSv/rok) pojawiają się powszechnie znane zjawiska chorób popromiennych. Pomiedzy tymi progami mieści się obszar dawek promieniowania niezbędnych do życia. Zakres promieniowania naturalnego nie przekracza natomiast 400 mSv/rok (Janicki, Rewerski 1991). W dostępnej literaturze przedmiotu, w wydanym w 1992 r. atlasie (Jagielak i in. 1992) Państwowa Agencja Atomistyki

opublikowała pierwsze dane dotyczące obszaru Polski.

W związku z brakiem bardziej szczegółowych danych dotyczących Pienin autor rozpoczął w tej dziedzinie samodzielne badania (Waluś i in. 1997).

WIELKOŚCI MIERZONE

Ze względu na dość wąski krąg osób zajmujących się radiometrią, zamieszczono poniżej wyjaśnienie stosowanych terminów (Jaworski 1997; Skłodowska, Gostkowska 1994; Massalski, Studnicki 1988):

Dawka pochłonięta – D jest to wielkość będąca miarą oddziaływania promieniowania jonizującego na dany ośrodek poprzez określenie dawki zaabsorbowanej przez ten ośrodek. Legalną jednostką miary jest grej [Gy]. Pochłonięcie dawki 1 Gy oznacza, że ośrodek (ciało) o masie 1 kg zaabsorbowało energię promieniowania jonizującego równą 1 J. Starą, spotykaną w literaturze jednostką jest rad (1 rad = 0.01 Gy).

Równoważnik dawki – H jest to dawka pochłonięta przez organizm żywy, tak wyważona, aby efekty biologiczne były jednakowe i niezależne od rodzaju promieniowania. Równoważnik dawki H powiązany jest z dawką pochłoniętą D zależnością:

$$H = DQ$$

gdzie: **Q** jest **współczynnikiem jakości promieniowania**, uwzględniającym wpływ różnych rodzajów promieniowania o wartości: 1 dla promieniowania X i γ , 1–2 dla promieniowania β , 4,5–11 dla neutronów, 10 dla protonów i 25 dla promieniowania α .

Równoważnik dawki H może być liczony dla poszczególnych organów lub dla całego organizmu. Jeżeli mamy do czynienia z kilkoma rodzajami promieniowania naraz, to trzeba sumować dawki. Jednostką dawki równoważnej jest sivert [Sv]. Dla promieniowania X i γ zachodzi następujący związek: 1 Gy \cong 1 Sv = 1 J/kg.

Natomiast **moc dawki** jest to dawka pochłonięta w jednostce czasu, a więc jednostką mocy dawki pochłoniętej \dot{D} jest Gy/h a mocy dawki równoważnej \dot{H} jest Sv/h.

Efektywny równoważnik dawki – H_E jest to dawka pochłonięta przez organizm żywy tak wyważona, aby uwzględnić czy napromieniowane zostało całe ciało, czy też konkretne organy, oraz czy napromieniowanie było równomierne, czy też nie. Jego wartość obliczamy z zależności:

$$H_E = \sum w_i H_i$$

gdzie: H_i – **równoważnik dawek dla poszczególnych narządów**;

w_i – **współczynnik wagowy tkanki**, który przykładowo wynosi: 0.25 dla gonad, 0.30 dla dwunastnicy, żołądka i przewodu pokarmowego, 0.12 dla szpiku kostnego, 0.12 dla płuc, 0.03 dla tarczycy.

Średni efektywny równoważnik dawki jest wielkością określającą wielkość dawki jaką otrzymuje mieszkaniec kraju, w ciągu roku od wszystkich źródeł i rodzajów promieniowania.

PROMIENIOWANIE NATURALNE

Pierwotne promieniowanie kosmiczne oddziałuje z jądrami atomów atmosfery wytwarzając tak zwane miękkie promieniowanie kosmiczne docierające do powierzchni Ziemi. W skład tego wtórnego promieniowania wchodzi protony, deutrony, trytony, cząstki α , neutrony, mezony, elektrony, pozytony i kwanty γ o niższej energii. Natężenie promieniowania kosmicznego zależy od aktywności Słońca, wysokości nad poziom morza (dawka rośnie przeciętnie o ok. 40% na każde 1000 m) oraz położenia geograficznego (maksymalne na biegunach, minimalne na równiku). Oprócz miękkiego promieniowania kosmicznego w atmosferze powstają naturalne radionuklidy takie jak: ^{14}C , ^7Be , ^3H , które tworzą tak zwany opad promieniotwórczy opadający systematycznie na powierzchnię Ziemi, by z czasem wejść w skład gleby oraz organizmów żywych. Drugim, istotnym źródłem promieniowania jonizującego na powierzchni Ziemi są naturalne radionuklidy występujące w skorupie ziemskiej. Do grupy tej zaliczamy przede wszystkim takie pierwiastki jak: potas ^{40}K , tor ^{232}Th oraz uran ^{235}U i ^{238}U , które charakteryzują się długimi okresami połowicznego rozpadu (ok. 10^9 lat), oraz trzy szeregi izotopów (torowy, uranowo-radowy i uranowo-aktynowy).

wy) będących produktami rozpadu tych pierwiastków. Należy tu wyróżnić takie produkty przemian uranu i toru jak gazy szlachetne radon ^{222}Rn i toron ^{220}Rn , które migrują z gleby ku powierzchni Ziemi, tworząc warstwę powietrza o zwiększonej koncentracji tych radioaktywnych gazów. Gazy te z kolei, w wyniku rozpadu tworzą kolejne izotopy, które nie są gazami ale tworzą w powietrzu radioaktywne aerozole. Wdychanie powietrza zawierającego te gazy oraz aerozole powoduje napromieniowanie płuc. Potas ^{40}K jest stałym składnikiem gleby, skąd przenika do roślin i organizmów zwierzęcych. Tak więc znajduje się prawie w każdym pożywieniu. W Polsce stężenie potasu ^{40}K w glebach jest dość równomierne i zawiera się w granicach 1–2 ppm (Siemiński 1994) a więc promieniowanie jonizujące, którego jest źródłem jest mniej więcej stałe. Uran i tor stanowią również stałe składniki wszystkich gleb i większości minerałów. W przypadku gleb, wapieni i piaskowców ich stężenie zawiera się w granicach 1–2 ppm, dla skał magmowych takich jak granity i dioryty wynosi 4 ppm, natomiast w przypadku fosforytów sięga nawet 120 ppm (Häfner 1993; Siemiński 1994). Źródłem zwiększonego poziomu promieniowania może też być gaz ziemny i woda stanowiąca dogodny środek transportu radionuklidów z głęboko położonych warstw skalnych. Biorąc pod uwagę budowę geologiczną Polski można zauważyć, że naturalny poziom promieniotwórczości jest wyższy na południu, gdzie mamy przewagę skał magmowych i osadowych, niż na nizinnych terenach Polski północnej, gdzie przeważają piaski jako pozostałość ostatniego zlodowacenia.

W środowisku naturalnym obecne jest też promieniowanie pochodzenia sztucznego. Obowiązujące przepisy (Prawo atomowe... 1986; Dawki graniczne... 1988) przyjmują, że dawka graniczna dla osób zamieszkałych lub przebywających w ogólnie dostępnym otoczeniu źródeł promieniowania oraz narażonych wskutek skażeń promieniotwórczych środowiska jest wyrażona jako efektywny równoważnik dawki i wynosi 1 mSv/rok. Problematyka ta wykracza jednak poza ramy artykułu.

Poziom tła podawany jest za pomocą rocznych efektywnych równoważników dawki, otrzymany

wanych przez mieszkańca danego obszaru. Obejmuje on wszystkie rodzaje promieniowania jonizującego oraz wszystkie jego źródła. Średni efektywny równoważnik dawki dla jednego mieszkańca Polski wynosi 3.3 mSv/rok, z czego 2.8 mSv/rok (82%) przypada na źródła naturalne (Skłodowska, Gostkowska 1994). W Tablicy I zamieszczono przykładowe wartości mocy równoważników dawek \dot{H} , pochodzących od tła naturalnego w różnych regionach świata oraz mocy dawek pochłoniętych \dot{D} promieniowania gamma stanowiących około 30% mocy równoważników dawek, obliczone na podstawie danych zawartych w opracowaniach Jaworskiego (1997), Skłodowskiej i Gostkowskiej (1994), Häfner (1993) czy Janickiego i Rewerskiego (1991). Moc dawek \dot{D} można uważać za naturalne tło promieniowania γ .

POMIARY AKTYWNOŚCI TŁA PROMIENIOWANIA GAMMA

W latach 1993–1997 przeprowadzono w Pieninach pomiary tła promieniowania γ przy pomocy przenośnego dozymetru typu RKS – 20.03 produkcji b. ZSRR. Przyrząd ten posiada następujące parametry:

- zakres mierzonej energii promieniowania γ : 50 keV – 3 MeV;
- niedokładność pomiaru $\pm 25\%$,
- zakres temperatur pracy 15–25°C,
- błąd dodatkowy w zakresie temperatur 5–15 oraz 25–35°C nie przekracza $\pm 10\%$,
- stała czasowa uśredniania $T = 20$ s lub 200 s.

Pomiary przeprowadzono przy zachowaniu następujących zasad:

1) stałą czasową miernika ustawiono na $T = 200$ s ze względu na małą wartość wielkości mierzonej;

2) w trakcie pomiarów zachowywano stałą wysokość przyrządu nad powierzchnią ziemi wynoszącą około 1 m;

3) każdy z pomiarów umieszczonych w Tab. II, jest średnią arytmetyczną z serii n (od 20 do 60) odczytów dokonywanych co 30 s, co oznacza uśrednienie wielkości mierzonej o charakterze losowym w czasie od 10 do 30 minut;

4) pomiarów dokonywano w terenie, na wolnym powietrzu.

Tabela I. Wartości mocy równoważnika dawki \dot{H} oraz dawki pochłoniętej \dot{D} naturalnego tła promieniowania gamma w różnych regionach świata.

The values of the effective dose rate \dot{H} and absorbed dose rate \dot{D} of the natural gamma background radiation in the different world regions.

Rejon / Region	\dot{H} [$\mu\text{Sv/h}$]	\dot{D} [nGy/h]
Polska [3]	0.318	96
Polska [5]	–	45
Szwecja	0.489	147
Norwegia	0.593	178
– miejscami*	2.44	732
Finlandia	0.852	256
Wlk. Brytania	0.216	65
– Londyn	0.102	31
Francja – Masyw Centralny	0.389	119
USA – Colorado	0.284	85
Brazylia:		
– Minas Gieras	1.93–13.6	580–4080
– Rijo de Janeiro	0.625–1.42	188–426
Indie – Kerała, Madras	0.909–9.09	273–2730
Iran – Ramsar**	27.6	8280
Chiny:		
– Yangjiang***	0.625	188
– Enping	0.239	72

* obszary zamieszkałe;

** nie stwierdzono zwiększonej zachorowalności na nowotwory, a wiek mieszkańców dochodzi do 110 lat;

*** w grupie wiekowej 10–79 lat śmiertelność nowotworowa jest o 14,6% niższa niż w okręgu Enping.

W Tab. II (Appendix) zamieszczono pomiary mocy dawki pochłoniętej \dot{D} promieniowania γ naturalnego tła. Wyszczególniono miejsca przeprowadzonych pomiarów oraz rok ich dokonania. Zamieszczono również wartości odchylenia średniego kwadratowego \bar{s} (błędu standardowego) dla tych pomiarów (które są wartościami średniej arytmetycznej z danej serii pomiarów), co umożliwia określenie przedziału ufności prezentowanych wyników:

$$\bar{s} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n(n-1)}}$$

gdzie:

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \dot{D}_i$$

Przy określaniu przedziału ufności można korzystać z rozkładu normalnego ze względu na dużą ilość pomiarów składających się na każdy wynik:

$$\dot{D} = \bar{D} \pm k\bar{s}$$

gdzie: parametr k wynosi 1, 2 lub 3 odpowiednio dla przedziałów ufności 68, 95 lub 99,7%.

W Tab. III. zamieszczono wyniki pomiarów tła w bezpośrednim otoczeniu Pienin, tj. w przylegających partiach Gorców i Beskidu Sądeckiego. Natomiast w Tab. IV. umieszczono dla porównania wyniki uzyskane w Tatrach.

Tabela III. Tło promieniowania gamma w otoczeniu Pienin (Gorce i Beskid Sądecki).
Gamma background in the environment of the Pieniny Mountains (Gorce and Beskid Sadecki Mountains).

L.p. No.	Miejsce pomiaru Place of the measurement	\bar{D} [nGy/h]	\bar{s} [nGy/h]	Rok Year
1	Węgliska (560 m n.p.m.)	119	2	1994
		123	2	1996
		105	2	1997
2	Hale przed Marszałkiem (755 m n.p.m.)	121	3	1995
		121	4	1996
3	Marszałek (828 m n.p.m.)	101	2	1995
4	szlak k. Księżego Lasu (650 m n.p.m.)	131	3	1996
		105	4	1997
5	Niwki (600 m n.p.m.)	91	3	1997
6	Tylmanowa/Gabrysie /500 m	104	3	1996
7	Grywałd/Koci Zamek /580 m	120	3	1996
8	Groniki za Wdżarem (730 m n.p.m.)	108	3	1994
9	Lubań (1211 m n.p.m.)	137	3	1994
		114	3	1995
		114	2	1996
10	Krzywonośne k. Lubania (720 m n.p.m.)	150	7	1995
11	Pol. Wyrobki/Lubań/1100 m	101	2	1995
12	Młynne k. Lubania (960 m)	129	2	1994

13	Źr. Stefana i Michaliny	124	3	1994
14	Źr. Maria (530 m n.p.m.)	125	2	1995
		109	3	1996
		102	4	1997
15	Stajkowa Góra (720 m n.p.m.)	132	3	1994
		142	2	1995
		120	4	1996
16	Stajkowa Góra – przekaźnik (540 m n.p.m.)	103	4	1994
		132	4	1995
17	Stajkowa Góra – Działki (520 m n.p.m.)	127	4	1994
		88	2	1997
18	Dol. Kozleckiego Pot. (500 m n.p.m.)	94	3	1996
		117	3	1996
		98	2	1997
19	Juraszowa (480 m n.p.m.)	111	6	1997
20	Gizowa G. – Bereśnik/675 m – Granice/575 m – Bereśnik/675 m	97	3	1996
		103	3	1996
		96	3	1997
21	Dzwonkówka (983 m n.p.m.)	132	3	1995
22	Skalka (1161 m n.p.m.)	128	4	1995
23	Prechyba (1150 m n.p.m.)	101	4	1995
24	Szczawnica – k. ZNP/550 m	114	3	1997
25	– Górny Park/520 m	96	2	1997
26	Sopotnicki Potok /750 m	132	3	1995
27	Sewerynowka koło kaplicy/600 m	93	3	1995
28	Bereśnik (843 m n.p.m.) nad Szczawnicą	113	2	1995

Tabela IV. Zestawienie wyników pomiarów tła promieniowania gamma w Pieninach i ich otoczeniu.
The combination of the measurements of the gamma background in the Pieniny Mountains and in the environment.

L.p. No.	Rejon Region	\dot{D}_{AV} [nGy/h]	$\dot{D}_{min}-\dot{D}_{max}$ [nGy/h]	Okres Period	m
1	Krościenko	99	82–136	93–97	48
2	Pieniny	101	62–149	93–97	44
3	Małe Pieniny	107	78–145	94–97	7
4	Gorce*	116	91–150	94–97	18
5	Beskid Sądecki*	113	88–142	94–97	24
6	Szczawnica	105	96–114	1997	2
7	Zakopane	118	99–148	93–97	11
8	Tatry Wysokie	192	162–211	1993	10
9	Tatry Zachodnie	111	66–129	93–97	14
10	Jastarnia – plaża	64	50–73	1997	7
11	Półwysep Helski	74	40–110	1997	17

* – obszar przyległy do Pienin.
– the Pieniny Mountains surrounding region.

m – ilość pomiarów (z których każdy jest średnią z serii n odczytów).
– the number of measurements (from which every is the average value from the series of n readings).

\dot{D}_{AV} – wartość średnia \dot{D} dla danego obszaru.
– the average value of \dot{D} for this region

PODSUMOWANIE

Analiza wyników przedstawionych w Tabeli II (Appendix) upoważnia do następujących wniosków:

1. Zakres zmian naturalnego tła promieniowania γ dla obszaru Pienin zawiera się w granicach od 62 (Czerzeź) do 149 (Macelak) nGy/h;

2. Wartość średnia dla tego obszaru wynosi 101 nGy/h i jest większa od średniej krajowej wynoszącej wg Jagielaka i in. (1992) 45.4 nGy/h. Obserwowana różnica wynika z usytuowania Pienin znacznie wyżej ponad poziom morza w porównaniu ze średnią wysokością naszego kraju, oraz z różnic w budowie geologicznej, powodujących wyższy poziom naturalnej promieniotwórczości na południu Polski (Siemiński 1994). Pewne różnice mogą też być spowodowane faktem wykonywania pomiarów w przypadku CLOR-u w ściśle ustalonych miejscach (ogródki meteorologiczne PIMiGW), podczas gdy autor dokonywał

pomiarów w trakcie wędrówek w terenie górskim, a więc powyżej typowego usytuowania takich ogródków;

3. W Małych Pieninach zakres zmian naturalnego tła promieniowania γ zawiera się w granicach od 78 (Wysoka) do 145 (baza namiotowa pod Wysoką) nGy/h. Wartość średnia dla tego obszaru wynosi 107 nGy/h.

4. Osobno wydzielono pomiary tła dla Krościenka, gdzie najwięcej pomiarów przeprowadzono w ogrodzie przy ul. Jagiellońskiej 89. 41 pomiarów na przestrzeni lat 1994–1997. W rezultacie uzyskano wartość średnią tła wynoszącą 99 nGy/h. Dodatkowo można też prześledzić jak wartość tego tła przedstawiała się w poszczególnych latach:

$$\text{rok 1994: } \dot{D}_{MIN} - \dot{D}_{MAX} = 82 - 123 \text{ nGy/h} \\ \bar{D} = 97 \text{ nGy/h; } \bar{s} = 6 \text{ nGy/h, } m = 6.$$

$$\text{rok 1995: } \dot{D}_{MIN} - \dot{D}_{MAX} = 83 - 125 \text{ nGy/h} \\ \bar{D} = 103 \text{ nGy/h; } \bar{s} = 5 \text{ nGy/h, } m = 9.$$

rok 1996: $\dot{D}_{\text{MIN}} - \dot{D}_{\text{MAX}} = 83 - 113 \text{ nGy/h}$
 $\bar{D} = 100 \text{ nGy/h}$; $\bar{s} = 4 \text{ nGy/h}$, $m = 7$.

rok 1997: $\dot{D}_{\text{MIN}} - \dot{D}_{\text{MAX}} = 83 - 136 \text{ nGy/h}$
 $\bar{D} = 99 \text{ nGy/h}$; $\bar{s} = 3 \text{ nGy/h}$, $m = 19$.

Widać z powyższego, że tak wartości skrajne jak i średnie pozostają właściwie stałe. Obserwowane zmiany mieszczą się w granicach błędu standardowego. Uwzględnienie pomiarów tła z Krościenka przy obliczaniu wartości średniej dla obszaru Pienin nie zmienia uzyskanej wartości 101 nGy/h;

5. Zakres zmian naturalnego tła promieniowania γ dla obszaru Gorców (pasmo Lubania) zawiera się w granicach od 91 (Niwki) do 150 (Krzywoń k. Lubania). Wartość średnia dla tego obszaru wynosi 116 nGy/h;

6. Zakres zmian naturalnego tła promieniowania γ dla obszaru Beskidu Sądeckiego (pasmo Dzwonkówki – Skałki) zawiera się w granicach od 88 (Stajkowa G. – Działki) do 142 (Stajkowa G.). Wartość średnia dla tego obszaru wynosi 113 nGy/h;

7. Wartość tła w Gorcach i Beskidzie Sądeckim jest wyższa niż w Pieninach, co wynika prawdopodobnie z innej budowy geologicznej tych obszarów.

Uzyskane w tym podsumowaniu wyniki zostały zebrane w Tabeli IV. W tabeli tej zamieszczono również dla porównania uzyskane przez autora wyniki pomiarów tła w Tatrach. Wyraźnie widać prawie dwukrotnie wyższy poziom tła w Tatrach Wysokich. Jest to związane z ich budową geologiczną, a więc z występowaniem takich skał jak granity i gnejsy, oraz z ich wysokością nad poziom morza.

LITERATURA

- Łazarski T. 1911. O promieniotwórczości naszych źródeł. Pamiętnik I Krajowego Zjazdu Przemysłowo-Balneologicznego — Lwów.
- Jaworski Z. 1997. Dobroczynne promieniowanie. — Wiedza i Życie **747**: 20–29.
- Skłodowska A., Gostkowska B. 1994. Promieniowanie jonizujące a człowiek i środowisko. — WN SCHOLAR i BH POLON, Warszawa, ss. 8–35, 72–122.
- Häfner M. 1993. Ochrona Środowiska. — Polski Klub Ekologiczny, Kraków, ss.320–347.

Jagiela J. i in. 1992. Radiologiczny atlas Polski. — CLOR i PAA, Warszawa, ss.5–8, 12–14.

Waluś S., Ziolo K., Żelezik J. 1997. Radiation Contamination from Natural and Artificial Sources. International Workshop Biomedical Engineering and Medical Informatics. — Pol. Śląska, Gliwice.

Janicki K., Rewerski W. 1991. Medycyna naturalna. — PZWL, Warszawa.

Siemiński M. 1994. Fizyka zagrożeń środowiska. — PWN, Warszawa, ss. 19–72.

Gostkowska B. 1992. Fizyczne podstawy ochrony radiologicznej. — CLOR, Warszawa.

Prawo Atomowe. Dz.U. 1986. nr 12 poz.70 i Dz.U. 1987 nr 33. poz.180.

Dawki graniczne. Zarządzenie Prezesa PAA z dn. 13 III 1988. M.P. 1988. nr 14. poz.124.

Massalski J. Studnicki J. 1988. Legalne jednostki miar i stałe fizyczne. — PWN, Warszawa, ss.101–107.

SUMMARY

The results of investigations have proved that the ionizing radiation is necessary for life. The region of the low dose radiation is rather wide and in the range of 1 to 200–2000 mSv/year. This is the range of the natural background. Table I presents the values of the effective dose rate \dot{H} and absorbed dose rate \dot{D} of the natural gamma background radiation in different world regions. Next, Table II (Appendix) presents the results of the investigations of the absorbed dose rate \dot{D} of the natural gamma background radiation in the Pieniny Mountains. The places and the years of the measurements have been specified. The values of the mean square deviations \bar{s} for these measurements have been specified too, which allows to determine the confidence intervals of the presented results. Table III presents the results of the background investigations in the places surrounding the Pieniny Mountains, i.e. the Gorce and the Beskid Sadecki Mountains. To sum it up, the following conclusions could be drawn:

1) The range of the natural gamma background variation for the Pieniny region is in the range from 62 to 149 nGy/h;

2) The average value of the natural gamma background for this region is 101 nGy/h and is bigger than the accepted average value for Poland, which equals 45.4 nGy/h according to 5;

3) The range of the natural gamma background variation for the Gorce region (Luban massif) is in the range from 91 to 150 nGy/h. The average value for this background amounts to 116 nGy/h;

4) The range of the natural gamma background variation for the Beskid Sadecki region (Dzwonkowska and Skalka massifs) is in the range from 88

to 142 nGy/h. The average value for this background amounts to 113 nGy/h.

The combination of ranges and average values of the gamma background in these regions have been presented in Table IV, and compared with values for the High Tatra Mountains (192 nGy/h).

APPENDIX

Tabela II. Tło promieniowania gamma w Pieninach.
Gamma background in the Pieniny Mountains.

L.p. No.	Miejsce pomiaru Place of the measurement	\dot{D} [nGy/h]	\bar{s} [nGy/h]	Rok Year
1	Niedzica – Zamek	97	3	1997
2	– Zapora	110	2	1997
3	Czorsztyń – k. Zamku	86	3	1997
4	Macelak (810 m n.p.m.)	149	4	1995
5	Trzy Korony (982 m n.p.m.)	105	3	1995
		83	1	1997
6	Przeł. Szopka (780 m n.p.m.)	97	2	1997
7	Polana Kosarzyska (815 m)	109	4	1997
8	Pieniński Zamek (750 m)	73	2	1997
9	Polana Wyrobek (710 m)	115	3	1997
10	Dol. Pienińskiego Potoku (szlak) (670 m n.p.m.)	101	4	1997
11	Pol. Wymiarki (680 m n.p.m.)	74	2	1997
12	Czerteż (774 m n.p.m.)	62	3	1995
13	Czertezik (772 m n.p.m.)	70	3	1994
		78	3	1995
14	Toporzyska (615 m n.p.m.)	98	4	1994
		136	3	1997
15	Pod Ociemne (480 m n.p.m.)	131	3	1997
16	Polana Wymiarki (700 m)	140	3	1995
17	Załonie Wielkie (620 m)	112	3	1994
		134	6	1995
		127	7	1996
		120	4	1996
18	ujście Potoku Pod Wysoki Dział do Białego Potoku	89	3	1995
19	Źródła Potoku Pod Wysoki Dział (680 m n.p.m.)	107	4	1995
		107	2	1996
20	Dolina Łonnego Potoku – środek (500 m n.p.m.)	90	3	1995
		108	5	1995
		81	3	1996

Tabela II. Kontynuacja – Table II. Continued.

L.p. No.	Miejsce pomiaru Place of the measurement	\dot{D} [nGy/h]	\bar{s} [nGy/h]	Rok Year
21	– koniec (617 m n.p.m.)	120	2	1997
		82	3	1995
		96	2	1996
		120	3	1997
22	Droga na Kras..... (425 m n.p.m.)	81	3	1997
		68	2	1997
23	Kras..... (430 m n.p.m.)	119	3	1994
		92	4	1995
		93	7	1997
24	Zawiasy (Zawiesy) (422 m n.p.m.)	82	3	1997
		79	4	1997
25	Brzeg Dunajca w Krościenku (418 m n.p.m.)	97	2	1995
26	Środek Dunajca (-"-)	140	4	1995
27	Przełom Dunajca – – granica państwa (434 m) Krościenko:	89	3	1995
28	– ul. Kingi /początek (420 m n.p.m.)	97	3	1996
		99	2	1993
29	– (426 m n.p.m.) /koniec	97	2	1997
30	– amfiteatr k. Rynku/425 m	83	3	1994
31	– ul. Zdrojowa (418 m n.p.m.)	88	2	1997
32	– przystań flisacka/418m	94	3	1996
33	– plac DW Trzy Korony /*	100	3	1997
34	– ul. Jagiellońska 89 (ogród) – (425 m n.p.m.)	93	3	1994
		123	4	1994
		107	5	1994
		85	5	1994
		88	3	1994
		82	3	1994
		99	2	1994
		96	4	1995
		86	2	1995
		125	2	1995
		88	3	1995
		98	3	1995
		122	4	1995
103	2	1995		
113	3	1995		
90	4	1995		
112	2	1996		
108	3	1996		
90	2	1996		
83	3	1996		

Tabela II. Kontynuacja – Table II. Continued.

L.p. No.	Miejsce pomiaru Place of the measurement	\dot{D} [nGy/h]	\bar{s} [nGy/h]	Rok Year
		113	2	1996
		102	3	1996
		95	2	1996
		84	2	1997
		84	3	1997
		83	3	1997
		98	2	1997
		99	3	1997
		136	3	1997
		135	3	1997
		107	3	1997
		98	3	1997
		97	2	1997
		97	2	1997
		96	3	1997
		94	3	1997
		94	2	1997
		90	2	1997
		90	2	1997
		96	2	1997
		96	2	1997
35	102	3	1997
36	Palenica (722 m n.p.m.)	123	3	1997
37	Polana Cyrhla (750 m n.p.m.)	118	4	1997
38	Jarmuta (795 m n.p.m.)	103	3	1997
39	Wys. Skalki (1050 m n.p.m.)	78	2	1994
40	Baza nam. pod Wysoką	145	3	1994
41	szlak do Homoli /**	101	2	1994
	skalki nad Homolami /****	83	1	1994