

# PRZYRZĄDY DOZYMETRYCZNE PRODUKOWANE DLA LUDNOŚCI PO KATASTROFIE W CZARNOBYLU

## *Dosimetry equipment produced for popular use after Chernobyl disaster*

Łukasz Karolewski

**Streszczenie:** Do czasów katastrofy w Czarnobylu praktycznie nie istniała produkcja sprzętu dozymetrycznego na potrzeby obywateli – pozostawał on wyłącznie w gestii wojska i instytucji naukowych, zwłaszcza w bloku państw komunistycznych. Dopiero po tej katastrofie nastąpił dynamiczny rozwój produkcji dozymetrów dla ludności, przede wszystkim w ZSRR i państwach powstałych po jego rozpadzie. Mierniki te można podzielić na 3 grupy: indykatory promieniowania, dozymetry i radiometry-dozymetry. Indykatory jedynie sygnalizują, czy bieżąca moc dawki promieniowania gamma jest bezpieczna w kontekście długotrwałego narażenia całego ciała oraz czy przekroczenie tego poziomu jest nieznaczne, czy też silne. Dozymetry zaś podają konkretną wartość mocy dawki promieniowania gamma. Dozymetry-radiometry są zaś przyrządami uniwersalnymi: oprócz mocy dawki promieniowania gamma mierzą też aktywność emiterów beta, zarówno na powierzchniach, jak i w produktach żywnościowych. Wspomniane przyrządy wykazują bardzo duże różnice, jakości wykonania oraz parametrów użytkowych. Niektóre (głównie indykatory i proste dozymetry) charakteryzują się wręcz absurdalnymi rozwiązaniami technicznymi, inne zaś (szczególnie radiometry-dozymetry) są nadal bardzo użyteczne dla potrzeb amatorskich, oczywiście z zastrzeżeniem traktowania wyników, jako orientacyjnych.

**Abstract:** Till Chernobyl disaster there was no production of dosimetry equipment for popular use – those devices were only for scientific and military purposes, especially in Communist Bloc. After that disaster began extensive development of production of dosimeters for population, mostly in USSR and countries left after dissolution of that Union. Those meters can be divided into three groups: radiation indicators, dosimeters and radiometers-dosimeters. Indicators only show, if current gamma ray dose rate is safe regarding to long-term irradiation of whole body and if exceeding of safe radiation level is slight or significant. Dosimeters give exact value of current gamma ray dose rate. On the other hand, dosimeters-radiometers are universal devices: measure gamma ray dose rate and also activity of beta emitters, both on surfaces and in food products. Mentioned devices exhibit differences of quality and performance characteristics. Some of them (mostly indicators and simple dosimeters) have sometimes ridiculous technical solutions, but other (especially dosimeters-radiometers) still are very usable for amateur usage, of course when treating measurement as only indicative.

**Słowa kluczowe:** dozymetria, dozymetr, licznik Geigera, radiometr, indykator promieniowania, Czarnobyl, skażenie radioaktywne

**Keywords:** dosimetry, dosimeter, Geiger counter, radiometer, radiation indicator, Chernobyl, radioactive contamination

Katastrofa w elektrowni jądrowej w Czarnobylu (1986) wzmogła narastające od czasów zimnej wojny protesty przeciwko energetyce jądrowej. Była to pierwsza tak poważna awaria (7 w skali INES) o ogólnoświatowym zasięgu, rozgrywająca się, pomimo blokady informacyjnej, niejako na oczach całego świata. Poprzednie awarie reaktorów – w Windscale (1957) i w Three Mile Island (1979) miały znaczenie lokalne i nie spowodowały tak dalekosiężnych skażeń jak Czarnobyl. Pomijam tu utajnioną przez wiele lat katastrofę kysztymską (1957), która wówczas nie istniała w powszechnej świadomości<sup>1</sup>. Choć podawane poziomy skażeń znacznie się różnią, nie ulega wątpliwości, że opad promieniotwórczy z Czarnobyla dotknął znaczne

obszary Europy Wschodniej i Środkowej. W Polsce zostały silnie skażone województwa południowe, zaś centralne i północne umiarkowanie<sup>2</sup>, a śladowe ilości tych skażeń są wykrywalne do chwili obecnej<sup>3</sup>.

Zwiększone zainteresowanie bezpieczeństwem radiacyjnym stworzyło popyt na proste mierniki promieniowania do użytku amatorskiego. Do tej pory, bowiem sprzęt dozymetryczny był domeną wojska i instytucji naukowych, praktycznie nie produkowano go dla potrzeb ludności. Wyjątkiem były Stany Zjednoczone, gdzie w latach 50. zapanowała istna „uranowa gorączka” (*Uranium rush*), porównywalna z dziewiętnastowieczną „gorączką złota”.

<sup>1</sup> Katastrofa miała miejsce w tajnych zakładach przeróbki paliwa jądrowego „Majak”, występujących pod nazwą kodową Czelabińsk-40 (później Czelabińsk-65). Została utajniona nie tylko w ZSRR, ale również w USA z obawy przed zahamowaniem rozwoju tamtejszego przemysłu jądrowego. Rosja przyznała się do tej katastrofy dopiero w 1992 r.

<sup>2</sup> Zawartość Cs-137 w glebie - zob. Radiologiczny Atlas Polski 1997, s. 24 - [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/31/011/31011554.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/011/31011554.pdf)

<sup>3</sup> Podwyższone stężenie Cs-137 w południowych województwach jest nadal wykrywalne, por. Atlas Radiologiczny Polski 2010, s. 32 i n. - [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_promieniowania\\_jonizujacego/Atlas\\_Radiologiczny\\_Polski\\_2011.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_promieniowania_jonizujacego/Atlas_Radiologiczny_Polski_2011.pdf)

Wielu poszukiwaczy ruszyło w teren z dozymetrami, licząc na uranową fortunę. Prywatne firmy oferowały wówczas bardzo szeroki asortyment przyrządów, od prostych indykatorów aż do profesjonalnych radiometrów<sup>4</sup>. Niekiedy oferowano zestawy, w skład których oprócz dozymetru wchodziły narzędzia geologiczne, odzież ochronna, czy nawet, w największym z nich, również samochód terenowy typu jeep (!).

Inaczej sytuacja wyglądała w państwach bloku wschodniego, gdzie sprzętem dysponowali tylko naukowcy i wojsko. Rzadkimi wyjątkami były proste indykatory promieniowania, stosowane w szkolnictwie. W Polsce produkowała je Fabryka Pomocy Naukowych „Biofiz”<sup>5</sup> i FPN „Nysa”<sup>6</sup>, w ZSRR zaś zakłady „Elektrodiel” w Leningradzie<sup>7</sup>. Sporadycznie, i to już po czarnobylskiej awarii, czasopisma dla radioamatorów i elektroników publikowały autorskie projekty dozymetrów, jednak ich realizację komplikowała niedostępność najważniejszego elementu, czyli licznika Geigera-Mullera<sup>8</sup>.

Cywilny sprzęt praktycznie, więc nie istniał, a nawet nieautoryzowane używanie sprzętu służbowego było utrudnione. Po katastrofie w Czarnobylu polska prasa potępiała wręcz „prywatne” pomiary prowadzone przez osoby mające dostęp do służbowych mierników<sup>9</sup>. Za wszelką cenę chciano, bowiem uniknąć paniki oraz utrzymać oficjalną wersję władz, która minimalizowała zagrożenie.

Jeszcze ściślejsza kontrola obowiązywała w ZSRR, państwie ogarniętym zimnowojenną psychozą strachu, wszechobecnej inwigilacji i wyścigu zbrojeń, mającego dać przewagę w spodziewanym konflikcie nuklearnym z Zachodem. Jednocześnie komunistyczna propaganda roztaczała wizję przodującej radzieckiej nauki i nowoczesnego przemysłu, w którym nie zdarzają się katastrofy. Szczególne miejsce w tej wizji zajmował przemysł jądrowy, z jednej strony tajny z uwagi na udział w zbrojeniach nuklearnych, z drugiej propagowany, jako symbol postępu i dowód na wyższość systemu komunistycznego nad kapitalistycznym. Katastrofa czarnobylska obnażyła zaś wszelkie słabości radzieckiego systemu – niewydolność centralnie sterowanej gospodarki, nieudolność zarządzania, brak odpowiedzialności, prymat przynależności

partyjnej nad kompetencjami, niską dyscyplinę pracy, braki zaopatrzeniowe itp. Pomimo tego, władze nadal starały się utrzymać swój wizerunek, m.in. minimalizując faktyczne rozmiary katastrofy, cenzurując informacje czy publikując zafałszowane dane. Uciekano się też do bardziej bezpośrednich metod. Przykładowo, w Kijowie, silnie skażonym opadem z Czarnobyla, KGB skonfiskowało aparaturę dozymetryczną z instytucji naukowych, aby nikt nie mógł podważyć oficjalnych danych<sup>10</sup>. Następnie odbył się pochód pierwszomajowy, choć przedstawiciele najwyższych władz partyjnych ewakuowali wcześniej swoje rodziny z miasta. Brak rzetelnych informacji o faktycznym poziomie mocy dawki i aktywności skażeń był szczególnie istotny dla osób ewakuowanych z okolic Czarnobyla, które częstokroć przesiedlano w miejsca o podobnym poziomie skażeń lub nie udzielano danych o sytuacji radiologicznej w nowym miejscu zamieszkania. Strach przed promieniowaniem, którego nie uspokajały fałszywe zapewnienia władz, stworzył popyt na sprzęt dozymetryczny do użytku amatorskiego. Wkrótce, więc w chwiejącym się imperium, pod koniec lat 80. zaczęły powstawać pierwsze przyrządy przeznaczone do powszechnego użytku. Produkcja rozwinęła się na masową skalę, łącznie opracowano i wdrożono do produkcji kilkadziesiąt modeli o bardzo różnym stopniu zaawansowania. Produkowano je głównie na początku lat 90., gdy rozpad ZSRR (1991) zbiegł się z rozwojem ruchów ekologicznych, mających również znaczenie narodowowyzwoleńcze. Szczególnie na Ukrainie wrogo patrzono na kierowaną z Moskwy energetykę jądrową, słusznie obarczając ZSRR odpowiedzialnością za katastrofę. Czarnobyl stał się punktem kulminacyjnym wieloletniej dominacji Rosji na Ukrainie i stanowił impuls do narodowego odrodzenia Ukraińców, a tym samym walki o niepodległe państwo<sup>11</sup>. Kraj ten, na którego terytorium rozegrała się czarnobylska tragedia, najmocniej, wraz z Białorusią, ucierpiał na skutek awarii, zatem to w nim rozwinęto znaczną część produkcji sprzętu dozymetrycznego. Największe nasilenie produkcji przypadło na lata 1990-1993 i to właśnie z tego okresu pochodzi większość egzemplarzy dostępnych obecnie na rynku wtórnym. Przyrządy te można podzielić na następujące grupy (w nawiasach nazwy rosyjskie):

1. indykatory promieniowania (*indikatoryjny pribor*)
2. dozymetry (*dozimetriczeskij pribor*)
3. radiometry-dozymetry (*radiometr-dozimetr*)

### Indykatory promieniowania

Indykatory promieniowania są najprostszymi przyrządami dozymetrycznymi, jakie wówczas powstawały. Rejestrują one zwykle tylko promieniowanie gamma i informują o bezpieczeństwie danego poziomu mocy dawki w odniesieniu do narażenia całego ciała w skali roku. Poziomy te przedstawiały się następująco:

<sup>4</sup> Przykładowe reklamy sprzętu dozymetrycznego i artykuły zachęcające do poszukiwań por. [http://national-radiation-instrument-catalog.com/new\\_page\\_14.htm](http://national-radiation-instrument-catalog.com/new_page_14.htm)

<sup>5</sup> Konstrukcja z licznikiem G-M typu BOB-33 i jedną lampą elektronową ECC-85, zasilana dwoma napięciami (220 V i 6,3 V) ze specjalnego zasilacza do pomocy szkolnych

<sup>6</sup> Radioindykator z licznikiem DOB-80, konstrukcja tranzystorowa w obudowie kieszonekowego radia Iza MOT-745, zasilanie napięciem stałym 9 V z zasilacza od kalkulatorów „Brda”

<sup>7</sup> Indykator z licznikiem STS-5, zasilany z baterii płaskiej 4,5 V typu 3R12

<sup>8</sup> Edward Jaroszyński, Rejestrator promieniowania [w:] Młody Technik 08/1987 – [https://mlodytechnik.pl/files/ciu/87-nw-08-rejestrator\\_promieniowania.pdf](https://mlodytechnik.pl/files/ciu/87-nw-08-rejestrator_promieniowania.pdf), por. też: Rafał Buzala, Grzegorz Lentka, Kazimierz Mikulski, Rejestrator cząstek, [w:] Radioelektronik 10/1993

<sup>9</sup> Łukasz Karolewski, *Propagandowe techniki ukrywania katastrofy w Czarnobylu przez władze polskie*, [w:] Dzieje Najnowsze, rocznik XLIII — 2011, 2, s. 129.

<sup>10</sup> Paweł Sekuła, *Spoleczno-gospodarcze, polityczne i kulturowe konsekwencje katastrofy jądrowej dla Ukrainy*, s. 167

<sup>11</sup> Paweł Sekuła, op.cit., s. 319 i n.

„bezpieczny” do  $0,6 \mu\text{Sv/h}$  (oznaczenie zielone), „uwaga!”  $0,6-1,2 \mu\text{Sv/h}$  (żółte) i „niebezpieczny” powyżej  $1,2 \mu\text{Sv/h}$  (czerwone). Wartości ustalono w oparciu o radziecką dawkę graniczną dla ludności, wynoszącą  $5 \text{ mSv}$  rocznie. Taką dawkę otrzyma osoba, przebywająca cały rok w polu promieniowania rzędu  $0,6 \mu\text{Sv/h}$  lub w budynku, na zewnątrz którego moc dawki wynosi  $1,2 \mu\text{Sv/h}$ , jeśli ściany zapewniają dwukrotne osłabienie promieniowania<sup>12</sup>. W indykatorach wskaźnikiem był zestaw trzech diod



Fot. 1. Indykatory promieniowania. Od lewej: SIM-03, IRG-01A, Eltes 902  
Photo 1. Radiation indicators. From the left: SIM-03, IRG-01A, Eltes 902

zaświecenia się diody zielonej, a następnie odczytać wartość z tabeli na obudowie. Podobne rozwiązanie zastosowano w przyrządzie Eltes-902, z tym, że obie diody były jednej barwy.

Niektóre z tych przyrządów (IRG-01A, SIM-03) miały również alarm progowy, sygnalizujący głośnym dźwiękiem o przekroczeniu jednego z uprzednio wybranych progów mocy dawki. Z racji niskiego poboru prądu mogły być przez cały czas włączone, włączając alarm dopiero przy niebezpiecznym wzroście radiacji.

Detektorem promieniowania w indykatorach był zwykle licznik G-M typu SBM-20, powszechnie stosowany w radzieckim sprzęcie dozymetrycznym, zarówno cywilnym, jak i wojskowym<sup>13</sup>. Licznik najczęściej był owinięty folią ołowianą dla odcięcia promieniowania beta i wyrównania charakterystyki energetycznej. Niekiedy rezygnowano z tego ekranu, a w obudowie przyrządu umieszczano kratkę, umożliwiającą indykację skażeń emiterami promieniowania beta. Takie rozwiązanie było jednak mniej popularne, gdyż licznik SBM-20 jest nieskompensowany energetycznie, czyli zawyża wyniki na skutek większej czułości na niskoenergetyczne promie-



Fot. 2. Indykator promieniowania BIRI-1 z licznikiem SBM-10. Zwraca uwagę niska jakość tworzywa sztucznego i niestaranne wykończenie  
Photo 2. Radiation indicator BIRI-1, using SBM-10 miniature Geiger counter. Draws attention low quality of plastic and sloppy finishing



Fot. 3. Indykator Strellec-1  
Photo 3. Radiation indicator Strellec-1

niowanie. Spośród konstrukcji z odsłoniętym detektorem warto wymienić indykator Elektronika IBGI-01 (*indikator beta-gamma izluczenija*), znany też pod eksportową nazwą BGRAI-01 (*beta-gamma radiation alarm indicator*)<sup>14</sup>. Wytwarzały go zakłady „Swietłana” w Leningradzie, wykorzystując obudowy od produkowanych równolegle kalkulatorów Elektronika MK-33. Wartość tła naturalnego mierzonego tym przyrządem oszacowano na mniejszą niż  $60 \text{ imp/min}$ , co odpowiada biegowi własnemu licznika SBM-20. Przyrząd przewidziano do wykrywania skażeń izotopami beta-aktywnymi na podstawie porównania częstości zliczania przy pomiarze w powietrzu i na danej powierzchni. Podobną konstrukcją był KF-12P, również wykorzystujący nieosłonięty licznik SBM-20. W dozymetrze tym zastosowano bezpośrednie zliczanie impulsów z detektora bez żadnego przełącznika zakresów, co znacznie ograniczyło zakres pomiarowy – nieprzerwany sygnał pojawiał się już przy  $5 \mu\text{Sv/h}$ .

LED w wymienionych kolorach lub, rzadziej, mikroamperomierz z kolorowymi polami na skali (Bierieg IRI-1, DBGB-07T-1 „Ładoga”). Innym rozwiązaniem było szacowanie poziomu mocy dawki na podstawie liczby sygnałów dźwiękowych i świetlnych w określonym czasie, zwykle 10-40 s. Przeliczenia dokonywano według tabelki na ścianie urządzenia, z zaznaczonymi kolorem zakresami, w których mieścił się dany odczyt (IRG-01A, DBG-0,5B). Niekiedy okres zliczania był sygnalizowany osobną diodą, oszczędzając ręcznego mierzenia czasu. Przykładowo, w indykatorze SIM-03 po wciśnięciu przycisku należało zliczać błyski czerwonej diody do momentu

<sup>12</sup> Boris Polenow, *Dozimetriczeskoje pribory dlja nasielienija*, s. 22

<sup>13</sup> zakres pomiarowy  $0,014-140 \text{ mR/h}$ , gęstość powierzchniowa ścianki  $40 \text{ mg/cm}^2$  - <http://www.sovtube.com/x-ray-and-geiger-tubes/341-sbm-20.html>

<sup>14</sup> [http://www.leningrad.su/museum/show\\_calc.php?n=466](http://www.leningrad.su/museum/show_calc.php?n=466)



W najmniejszych indykatorach montowano miniatury licznik SBM-21<sup>15</sup> (6x16 mm) lub SBM-10<sup>16</sup> (20x6 mm). Miały one zbliżony zakres pomiarowy do SBM-20, lecz mniejszą czułość, wydajność i bieg własny. Pozwoliło to zminiaturyzować indykatory do rozmiarów breloczka, zasilanego z ogniw guzikowych. Przykładem może być seria indykatorów BIRI (*brelok indikator radioaktywnogo izluczenija*) czy „Swierczok”. Na ówczesnym etapie rozwoju technologii były to najmniejsze przyrządy dozymetryczne, jakie można było skonstruować.

Oryginalną konstrukcją jest indykator BIR-3 (*bytovoj indikator radioaktywnosti*), mający postać nakładki na kieszonkową latarkę. Celem uruchomienia indykatora należało odkręcić i zdjąć klosz latarki mieszczący odbłyśnik z żarówką, a następnie w gniazdo żarówki wkręcić wtyk nakładki z indykatorem i nakręcić tą nakładkę. Wynik pomiaru był przedstawiany za pomocą wspomnianych wyżej trzech diod LED. Zasilanie odbywało się z trzech niklowo-kadmowych akumulatorów guzikowych, ładowanych przez podłączenie latarki do gniazdka sieci 220 V.

Niektóre indykatory miały orientacyjną skalę, co czyni z nich konstrukcje przejściowe, mogące uchodzić za proste dozymetry. Takim przyrządem jest choćby Strielec-1, mający logarytmiczną podziałkę z zaznaczonymi wartościami 20, 500 i 5000  $\mu\text{R/h}$  oraz mnożnikiem 10x dla drugiego zakresu.

Swoistym kuriozum jest zastosowanie w nim licznika SBT-9 z okienkiem mikowym o gęstości powierzchniowej 1  $\text{mg}/\text{cm}^2$  (!)<sup>17</sup>. Detektor zamontowano wewnątrz plastikowej obudowy przyrządu, bez żadnego okienka, umożliwiającego bezpośrednio dotarcie cząstkom alfa i beta, choć na skali umieszczono symbole wszystkich trzech rodzajów promieniowania. Trudno zrozumieć użycie tak czułego licznika w uproszczonym indykatorze, pokazującym orientacyjną wartość mocy dawki na wskaźniku wychyłowym bez dokładnej skali. Lepiej rozwiązano to w innym, także „przejściowym” indykatorze Poisk-2, wyposażonym w dwa liczniki SBT-9. Detektory umieszczono w nim obok siebie na krótszej krawędzi obudowy, osłonię-



Fot. 4. Indykator Poisk-2  
Photo 4. Radiation indicator Poisk-2

te jedynie drobną siatką stalową. Pozwala to na dotarcie do okienka pomiarowego większości niskoenergetyczne- go promieniowania beta, a nawet silniejszych cząstek alfa.

Skalą przyrządu jest zestaw diod LED z przypisanymi wartościami mocy dawki w milirentgenach na godzinę i pomocniczym oznaczeniem barwnym. Tabela na tylnej ścianie obudowy umożliwia przeliczenie pomiaru na aktywność powierzchniową beta w rozpadach na minutę z centymetra kwadratowego. Indykator umożliwia też pomiar samej emisji gamma, w tym celu instrukcja zaleca zakrycie okienek pomiarowych... palcem. Poisk-2 charakteryzuje się szerokim zakresem, jak na przyrząd tej klasy – od 0,01 do 15  $\text{mR/h}$ . Można byłoby go nawet uznać za prosty radiometr, jednak odstępstwa między poszczególnymi wartościami „skali” są dosyć szerokie. Na marginesie warto wspomnieć, że indykator Poisk-2 uruchamiamy, dotykając kciukiem dwóch styków na bocznej powierzchni obudowy, co czyni się niejako odruchowo, biorąc przyrząd do ręki. Z kolei po wyświetleniu pomiaru przez kilka sekund indykator wyłącza się. Jest to jedyna znana mi konstrukcja z takim rozwiązaniem, zwykle wynik był wyświetlany aż do ręcznego resetu (ANRI Sosna, Master-1) lub nowy pomiar rozpoczynał się po pewnym czasie wyświetlania wyniku (Biełła, MS-04B Expert, RKSB-104, Sinteks).

Innym przykładem konstrukcji przejściowej jest Palesse 26K-86, którego oznaczenie modelu jest połączeniem białoruskiej nazwy Polesia i daty katastrofy czarnobylskiej. W indykatorze tym wynik również podawany jest za pomocą szeregu diod LED. Skala nie jest liniowa, odstępstwa między wartościami zwiększają się stopniowo wraz z kolejnymi wartościami podziałki.

Zakresy pomiarowe częściowo się zazębiają (0,06-1,2 i 0,5-12  $\mu\text{Sv/h}$ ), różnią się jednak czasem uśredniania pomiaru. Na wyższym zakresie jest on krótszy, co przyspiesza reakcję na zmiany mocy dawki, na niższym zaś ustabilizowanie się wyniku zajmuje 3-4 minuty od włączenia dozymetru. Tak długi czas nie ma technicznego uzasadnienia tym bardziej, że ten prosty przyrząd korzysta z dwóch liczników SBM-20, co umożliwia dwukrotnie skrócenie czasu pomiaru bez straty dokładności. Liczniki umieszczono po obu stronach obudowy, co zapewnia korzystną geometrię układu pomiarowego przy pomiarze mocy dawki w powietrzu lub od źródeł o dużej powierzchni.



Fot. 5. Indykator Palesse 26K-86  
Photo 5. Radiation indicator Palyessye 26K-86

<sup>15</sup> <http://www.sovtube.com/x-ray-and-geiger-tubes/783-sbm-21.html>  
<sup>16</sup> <https://www.gstube.com/data/2396/>  
<sup>17</sup> <https://www.pocketmagic.net/tube-sbt-9-end-window-geiger-tube/>

## Dozymetry

Dozymetry od indykatorów różniły się przede wszystkim zastosowaniem wyświetlacza, najczęściej LCD, rzadziej LED. Mierniki te pracowały najczęściej w trybie przelicznikowym, zliczając impulsy przez określony czas (10-40 s), a następnie wyświetlając wynik. W zależności od modelu dozymetru, wynik był wyświetlany przez taki sam czas, jak czas pomiaru (Biełła), po czym następował kolejny cykl pracy bądź też czas wyświetlania był krótszy od czasu pomiaru (RKSB-104, MS-04B Expert). Niekiedy wynik wyświetlany był do czasu ręcznego zresetowania lub wyłączenia zasilania. Jakość wykonania tych dozymetrów, a także zaawansowanie techniczne konstrukcji cechuje znaczny rozrzut.

W Polsce na rynku wtórnym najczęściej występują dwa modele. Najbardziej popularny, najtańszy i najmniej dopracowany jest Master-1. Działa w trybie przelicznikowym, mierząc moc dawki promieniowania gamma przez 36 sekund, a następnie wyświetla wynik do ponownego uruchomienia pomiaru lub wyłączenia zasilania. Wykorzystuje pojedynczy licznik SBM-20 owinięty folią ołowianą. Niestety, jakość wykonania całego dozymetru jest bardzo niska. Ekran licznika G-M przepuszcza znaczną część promieniowania beta i niskoenergetycznego gamma, zaś układ zliczający ulega zapełnieniu przy wyższych częstościach zliczania. Deklarowany przez producenta błąd pomiaru wynosi aż +/- 50%, zaś zakres kończy się już na 9,99  $\mu\text{Sv/h}$ . Zasilanie odbywa się z zestawu czterech baterii guzikowych AG13, które nominalnie powinny starczyć na 200 godzin pracy, często jednak ulegają przedwczesnemu rozładowaniu. Dozymetr występował w dwóch wersjach obudowy, z których większa jest nieco staranniej wykonana, choć dzieli pozostałe wady z mniejszą.



Fot. 6. Dwie wersje obudowy dozymetru Master-1. Mniejsza wersja w rzadkim, kremowym kolorze

Photo 6. Two casing versions of dosimeter Master-1. Smaller version in rare, crème colour

Drugi z często występujących w Polsce przyrządów, to „Biełła”, oznaczenie kodowe DBG-01i.



Fot. 7. Dozymetr „Biełła” – egzemplarz z fabryki „Tenzor”

Photo 7. Dosimeter „Bella” – specimen made in „Tenzor” factory

Przyrząd ten, z pojedynczym licznikiem SBM-20 owiniętym folią ołowianą, mierzy moc dawki gamma przez 40 s, a następnie przez kolejne 40 s wyświetla wynik, po czym cykl powtarza się. Zakres pomiarowy wynosi 0,1-99,99  $\mu\text{Sv/h}$ , a na obudowie podano przelicznik na mikrorentgeny na godzinę (1  $\mu\text{Sv/h}$  = 100  $\mu\text{R/h}$ ).

Impulsy są sygnalizowane błyskami diody LED, a także sygnałami dźwiękowymi, które można wyłączyć. Dozymetr ten był produkowany przez liczne zakłady, m.in. „Elektron”, „Impuls”, „Tenzor” i „ELAT”. Jego wersja rozwojowa, oznaczona DBG-01N, miała dwa liczniki SBM-20 i zakres do 999  $\mu\text{Sv/h}$ . Jest to ewenement wśród amatorskich konstrukcji, szczególnie, że trudno natrafić w codziennym życiu na pole promieniowania o takiej mocy dawki. Równie wysoki zakres miał jeszcze dozymetr Sinteks DBG-01S, korzystający z jednego licznika SBM-20 w ekranie ołowianym. W tym przyrządzie zakres podzielono na trzy podzakresy, ze stopniowo coraz krótszym czasem pomiaru i wyświetlania wyniku (odpowiednio: 32 - 6 s, 25 - 6 s, 3 - 3 s). Krótki czas pomiaru na najwyższym zakresie zapewnia wystarczającą dokładność pomiaru przy wyższych częstościach zliczania, jednocześnie skracając czas narażenia na promieniowanie. Dozymetr ten wyróżnia się wyjątkowo niestarannie wykonaną obudową oraz zasilaniem z trzech baterii paluszkowych typu AA – w większości poczarobylskich przyrządów dominowała bateria 6F22 o napięciu 9V, znana w ZSRR jako „Krona” lub „Korund”.

Spośród bardzo licznych prostych dozymetrów wyróżniał się przyrząd nazwany Grif-1. Po włączeniu sygnalizował impulsy za pomocą sygnałów dźwiękowych tak jak proste indykatory, zaś wciśnięcie i przytrzymanie osobnego przycisku uruchamiało pomiar trwający 10 s. Wynik podawany był na wyświetlaczu LED w postaci wie-



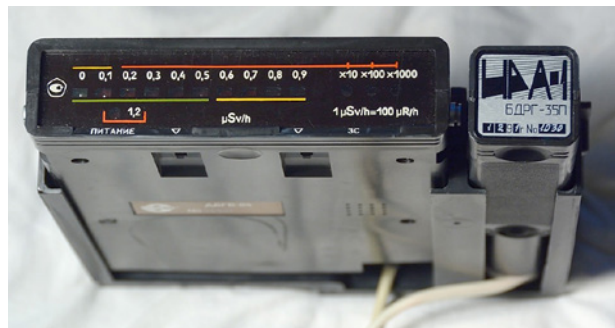
lokrotności tła naturalnego, którego wartość przyjęto na 0,15  $\mu\text{Sv/h}$ , zatem zakres pomiarowy kończył się na 1,35  $\mu\text{Sv/h}$ . Gryf-1 występował też w wersji z tradycyjnym wyświetlaniem wartości mocy dawki w  $\mu\text{Sv/h}$  – egzemplarze te miały przezroczystą osłonę wyświetlacza w kolorze czerwonym, a nie białym.



Fot. 8. Dozometr Grif-1  
Photo 8. Dosimeter Grif-1

Większość poczynobylskich dozymetrów promieniowania gamma oferowała tylko pomiar mocy dawki, bez dodatkowych funkcji, takich jak np. alarm progowy czy zliczanie łącznej dawki. Na tym tle wyróżniał się Jupiter SIM-05. Miernik ten miał zestaw dwóch liczników SBM-20 owiniętych folią ołowianą. Pracował w trybie przelicznikowym przy czasie pomiaru 25 s na pierwszym zakresie i 2,5 s na drugim, co rozszerzało łączny zakres do 999,99  $\mu\text{Sv/h}$ . Wyposażono go też w alarm progowy o trzech progach – 0,6-1,2 i 4  $\mu\text{Sv/h}$ .

Omawiając produkowane wówczas dozymetry gamma, warto wspomnieć o dozymetrze samochodowym DBGB-04. Miernik ten dostarczano wraz ze specjalnym uchwytem do zamontowania pod deską rozdzielczą samochodu. Umożliwiał on pobór prądu z instalacji elektrycznej pojazdu (10-15 V), jak również szybkie wyjęcie miernika z automatycznym przełączeniem na zasilanie z baterii (cztery ogniwa AA). Detektorami promieniowania były 2 liczniki SBM-20 owinięte folią ołowianą i umieszczone w sondzie, połączone przewodem z pulpitem pomiarowym. Szeroki zakres pomiarowy (0,1-900  $\mu\text{Sv/h}$ ) został podzielony na 3 podzakresy, przełączane automatycznie. Wynik podawany był za pomocą szeregu diod LED, z których jedna wskazywała podstawową wartość, a druga mnożnik podzakresu.



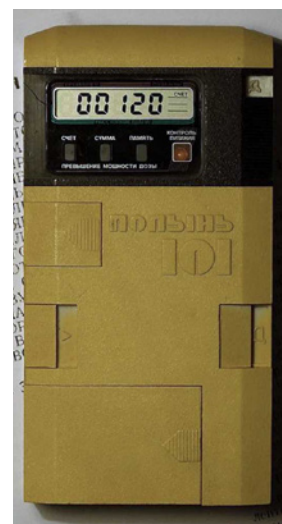
Fot. 9. Dozometr samochodowy DBGB-04 w uchwycie montażowym  
Photo 9. On-board car dosimeter DBGB-04 with mounting bracket

Dodatkowa dioda sygnalizowała przekroczenie wartości 1,2  $\mu\text{Sv/h}$ . Przy pracy z zasilaniem z instalacji samochodu wynik był wyświetlany zapaleniem wszystkich diod od początku skali do bieżącej wartości, jednak celem oszczędzania baterii przy pracy przenośnej świeciła się tylko dioda odpowiadająca mierzonemu poziomowi promieniowania.

Niekiedy dozymetry wmontowywano w przedmioty codziennego użytku. Przykładem może być BEC-1, czyli zasilany z sieci 220 V elektroniczny budzik Elektronika 18.07, w którym zamontowano dodatkową płytkę drukowaną, notabene łądząco podobną do układu z dozymetru Biełła<sup>18</sup>. Ma ona licznik SBM-20 owinięty folią ołowianą a także typowy dla Biełły wyświetlacz, którego jednak nikt nie widzi podczas pracy budzika (!). Wynik wyświetlany jest na głównym wyświetlaczu, typu VFD, po przesunięciu dodatkowego przełącznika na przednim panelu.

Inną konstrukcją hybrydową jest DBGB-06I Altair, będący zmodyfikowaną grą elektroniczną typu IM, jedną z wielu znanych w Polsce pod zbiorową nazwą „jajeczka”<sup>19</sup>. W grach tych za pomocą czterech kursorów sterowano ruchem postaci, łapiącej lub odbijającej przedmioty nadchodzące z dwóch stron. Gry te wyposażone były również w zegar z budzikiem i podstawkę z drutu lub blaszki, pozwalającą na ustawienie w pionie. „Altair” w znacznie pogrubionej obudowie miał zamontowany typowy licznik SBM-20 ekranowany rylnienką z aluminium. Pomiar mocy dawki gamma w zakresie 0,2-19,99  $\mu\text{Sv/h}$  uruchamiano górnym prawym kursorem. Zasilanie odbywało się z czterech baterii guzikowych, dwukrotnie więcej niż w samych grach.

Warto też wspomnieć przystawkę do kalkulatora Elektronika MK-35 pod nazwą SPAR-110, wykorzystującą licznik STS-5<sup>20</sup>. Podłączano ją za pomocą przewodu, a wynik wyświetlany był na wyświetlaczu kalkulatora. Najbardziej może jednak dziwić połączenie w jednym przyrządzie dozymetru i krokomierza. Konstrukcja ta, nazwana Polyn-101 (ros. piołun<sup>21</sup>),



Fot. 10. Dozometr-krokomierz Polyn 101  
Photo 10. Dosimeter-pedometer Polyn 101

<sup>18</sup> [http://www.leningrad.su/museum/show\\_calc.php?n=535&lang=0&ttest=0](http://www.leningrad.su/museum/show_calc.php?n=535&lang=0&ttest=0)

<sup>19</sup> <https://www.ppe.pl/publicystyka/2084/nie-tylko-ruskie-jajka-takie-cuda-mozna-bylo-dorwac-na-polskich-bazarach.html>

<sup>20</sup> [http://www.leningrad.su/museum/show\\_big.php?n=1352](http://www.leningrad.su/museum/show_big.php?n=1352)

<sup>21</sup> Nawiązanie do biblijnej Gwiazdy Piołun, wspomnianej w Apokalipsie św. Jana (Ap 8, 10-12) – ponieważ ukraińska nazwa Czarnobyla oznacza jeden z gatunków piołunu, zatem po katastrofie pojawiły się liczne spekulacje o charakterze eschatologicznym, wykorzystujące zbieżność nazw

jest jednym z najmniej użytecznych dozymetrów, powstałych po katastrofie w Czarnobylu. Miernik podaje dwie wartości: sumaryczną dawkę w nanosiwertach oraz czas w latach, po którym przy bieżącej mocy dawki przyjmujemy najwyższą dopuszczalną całocyciową dawkę dla człowieka, ustaloną na 35 berów<sup>22</sup> (350 mSv).

Włączenie funkcji krokomierza powoduje wyłączenie dozymetru i odwrotnie. Na domiar złego, po przełączeniu funkcji przyrządu na wyświetlaczu pozostaje wartość zmierzona przed chwilą w wyłączonym trybie, a nowy pomiar rozpoczyna się od tej wartości. Czyli liczba kroków jest dodawana do nanosiwertów (!) lub odwrotnie. Układ elektroniczny umożliwia operacje matematyczne na wartościach dawek, przechowywanych w pamięci z osobnym podtrzymaniem z baterii guzikowej. Do wspomnianych wad warto dodać też przepelnianie się układu pomiarowego przy wyższych częstościach zliczania, jak również zliczanie podwójnych kroków przez krokomierz.



Fot. 11. Dozometr-zegar DKS-01 Iris

Photo 11. Dosimeter-clock DKS-01 Iris

Innym przyrządem kombinowanym jest DKS-1 Iris, produkowany przez małe przedsiębiorstwo Elsys z Połtawy. Dozymetr ten łączy w sobie funkcje dozymetru z dawkomierzem i zegara z budzikiem. Detektorem promieniowania jest typowy licznik SBM-20, chociaż w niektórych seriach montowano jego rzadki odpowiednik, oznaczony SBM-32<sup>23</sup>. W obu przypadkach licznik osłonięty był jedynie plastikiem obudowy, nie miał ołowianego ekranu, odcinającego promieniowanie beta i wyrównującego charakterystykę energetyczną. Pomiar mocy dawki odbywał się stale, niezależnie od trybu pracy urządzenia, wejście w tryb wyświetlania wyniku wymagało wciśnięcia osobnego przycisku. Cykl pomiarowy trwał 40 sekund, a po jego zakończeniu wynik był wyświetlany do końca następnego cyklu, po czym był aktualizowany. Brak było aktualizowania wyniku na bieżąco, miernik pracował w trybie przelicznikowym, a nie integratorowym. Przekroczenie progu 0,5 uSv/h włączało sygnał dźwiękowy. Reakcja na wzrost mocy dawki była bardzo powolna, nawet przy silnych źródłach miernik potrzebował 3-4 cykli pomiarowych, by wyświetlić ostateczny wynik. Zakres pomiarowy kończył się na 9,99  $\mu$ Sv/h,

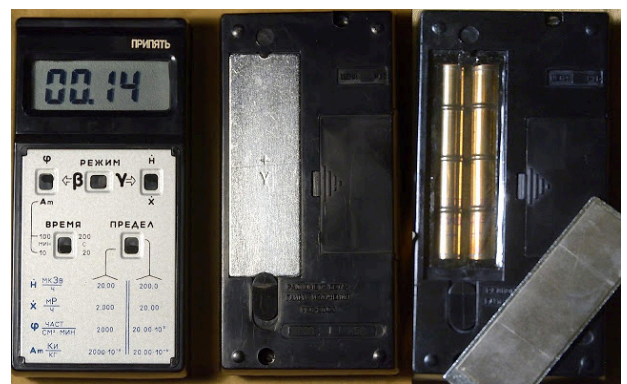
czyli nie wykorzystano w pełni możliwości detektora. Jakość wykonania była niska, zarówno plastiku obudowy, jak i montażu elementów elektronicznych.

W układzie zastosowano mikrokontroler z gry elektronicznej oraz transformator piezoelektryczny, rzadko montowany w tego typu urządzeniach. Istniała też wersja DKS-2, różniąca się zasilaniem z dwóch baterii AA (A326 według rosyjskiej nomenklatury) zamiast 6F22 9 V. Wersja zasilana z baterii 9 V miała pobór prądu rzędu 2,5 mA, co znacznie skraca czas pracy na baterii i kwestionuje sens używania tego dozymetru w roli zegarka.

## Dozymetry-radiometry

Najbardziej zaawansowaną technicznie i najmniej liczną grupą mierników produkowanych po katastrofie w Czarnobylu są dozymetry-radiometry. Przyrządy takie łączyły funkcje dozymetru (pomiar mocy dawki) oraz radiometru (pomiar aktywności). Spośród mierników na licznikach SBM-20 wymienić można: RKS-20.03 Prypeć, ANRI Sosna, RKS-104 Radian, RKGB-01 Gorin. Powstały też przyrządy z licznikiem okienkowym: MS-04B Expert (licznik SBT-11) czy DRBG-01 EKO-1 (licznik SBT-10).

Spośród tych konstrukcji wyróżnia się jakością i funkcjonalnością RKS-20.03 Prypeć (*Pripyat'*), zwany potocznie, od jednej z wytwórni, Polaronem. Jego nazwa upamiętnia opuszczone miasto Prypeć koło Czarnobyla, przed awarią zamieszkałe przez pracowników elektrowni. Dozymetr ten opracowano w zakładach „Radiopribor” im. S.P. Korolewa w Kijowie, a wytwarzany był też w kijowskiej fabryce „Arsenal” i lwowskiej „Polaron”. Egzemplarze z poszczególnych wytwórni różnią się minimalnie wzornictwem wykonania oraz jakością płytek drukowanych, jednak mają te same funkcje i parametry użytkowe<sup>24</sup>. RKS-20.03 Prypeć ma dwa liczniki G-M typu SBM-20, osłonięte zde-



Fot. 12. Dozymetr-radiometr RKS-20.03 Prypeć – wersja z fabryki „Arsenal” w Kijowie

Photo 12. Dosimeter-radiometer RKS-20.03 Pripyat – version built in „Arsenal” factory from Kiev

<sup>22</sup> Ber, biologiczny ekwiwalent rentgena, jednostka równoważnika dawki stosowana w ZSRR, odpowiednik rema w układzie CGS, por. Boris Polenow, *Dozimetrieskoje pribory dla naselienija*, s. 7

<sup>23</sup> Różnica występowała w sposobie mocowania oraz nieco niższym biegu własnym

<sup>24</sup> Egzemplarze z zakładów „Radiopribor” mają ścieżki drukowane najmniej odporne na wysoką temperaturę, zatrząsk klapki-filtra podparty sprężynką, a sam filtr wykonano z blachy stalowej podbitej folią miedzianą zamiast ołowianej. Produkty z pozostałych wytwórni różnią się tylko kolorami obudowy i krojem pisma napisów



nowym filtrem z blachy stalowej, dodatkowo podbitej folią z ołowiu lub miedzi.

Z pozostałych stron liczniki otoczono ryńnią z aluminium, co zapewnia dobre ekranowanie i wyrównanie charakterystyki energetycznej przy pomiarze mocy dawki promieniowania gamma z jednoczesnym zachowaniem możliwości pomiaru aktywności beta. Dozymetr umożliwia pomiar mocy dawki ekspozycyjnej (mR/h) i równoważnika dawki ( $\mu\text{Sv/h}$ ) promieniowania gamma, jak również strumienia cząstek beta (rozp/min $\cdot\text{cm}^2$ ) i aktywności cezu-137 w produktach (Ci/kg). Pomiar odbywa się w trybie integratorowym, ze stałą czasu 20 s lub 200 s, wybieraną przez użytkownika. Do pomiaru aktywności cezu-137 służą dołączone do zestawu plastikowe kuwetki, a czas pomiaru, również w trybie integratorowym, wynosi 10 lub 100 min. Układ dwóch liczników o dużej czułości zapewnia bardzo szybką reakcję na wzrost mocy dawki, zaś efektywne ekranowanie pozwala na pomiar samego promieniowania gamma. Pomimo upływu 30 lat od opracowania nadal jest to jeden z najlepszych dozymetrów kieszonkowych do użytku amatorskiego. Przyrząd ten dystansuje wiele współczesnych konstrukcji, mierzących łączną emisję beta i gamma w jednostkach równoważnika dawki i to za pomocą pojedynczego, nieskompensowanego licznika G-M<sup>25</sup>. Do wad przyrządu zaliczyć można wolną reakcję na spadek wartości pomiaru przy jednoczesnym braku możliwości resetu wskazań. Zakres pomiarowy kończy się na 200  $\mu\text{Sv/h}$  z uwagi na zastosowany kontroler, nie wykorzystuje, zatem pełnych możliwości licznika SBM-20, który mierzy aż do 1440  $\mu\text{Sv/h}$ <sup>26</sup>. Producent przewidział stosowanie zasilacza zewnętrznego typu D-02M, używanego m.in. do kalkulatorów „Elektronika”. Dozymetry RKS-20.03 występowały też pod eksportową nazwą Hupra HJ0001.

Drugim wartym szerszego wspomnienia przyrządem z tej kategorii jest seria przyrządów oznaczonych ANRI Sosna. Miernik ten mierzy moc dawki ekspozycyjnej w milirentgenach na godzinę, pracując w trybie przelicznikowym z czasem pomiaru 18 s. Drugi tryb pracy zlicza impulsy bez ograniczenia czasowego w zakresie 1-9999, sygnalizując dźwiękowo, co dziesiąty impuls. Ten drugi tryb służy do pomiaru skażeń powierzchni emitarami beta, jak również aktywności cezu-137 w produktach – wynik należy przeliczyć według wzorów naniesionych na tylnej ścianie obudowy. Przyrząd początkowo występował w wersji z czterema licznikami SBM-20, oznaczonej ANRI-01. Następnie, w wersji ANRI 01-02, montowano jedynie dwa liczniki, umieszczając je bądź przy zewnętrznych krawędziach okienka pomiarowego, bądź w środku, blisko siebie. Początkowo jeszcze pozostawiano możliwość zamontowania dodatkowych dwóch liczników, ostatnie serie przyrządów już nie mają tej opcji.



Fot. 13. Dozymetr-radiometr ANRI 01-02 Sosna w wersji z dwoma licznikami G-M umieszczonymi blisko siebie

Photo 13. Dosimeter-radiometer ANRI 01-02 Sosna – version with two G-M counters placed side by side

Co ciekawe, czas pomiaru we wszystkich wersjach był taki sam (18 s), choć zastosowanie czterech liczników mogłoby go skrócić o połowę bez szkody dla dokładności pomiaru<sup>27</sup>. Radzieccy konstruktorzy wybrali jednak inną drogę – w wersji o czterech licznikach pomijany był, co drugi impuls przy pozostawieniu czasu pomiaru odpowiedniego dla dwóch liczników (!). Widać to wyraźnie w trybie „kontr.,” testującym układ zliczający – dozymetry z dwoma detektorami zliczają do 1024, wersje z czterema – do 512. Liczniki osłonięte były filtrem z blachy stalowej podklejonej folią ołowianą, zamontowanym na zawieszce. Umożliwiała to jego szybkie otwarcie przy jednoczesnym braku ryzyka zgubienia. ANRI Sosna wyróżnia się solidną, uszczelnioną obudową, ze strzemionami z linką, umożliwiającą zawieszenie go na szyi, a także gniazdo sondy zewnętrznej. W fabrycznym zestawie znajdowała się kuwetka do pomiarów skażeń oraz zapasowe celofanowe folie, osłaniające liczniki G-M. Z uwagi na przelicznikowy tryb pracy miernik jest mniej przydatny do poszukiwania źródeł promieniowania, za to pozwala szybko i jednoznacznie ustalić wartość mocy dawki promieniowania gamma, co jest przydatne szczególnie przy pomiarach porównawczych.

Ostatnim z wartych wspomnienia poczynobylskich radiometrów beta-gamma był RKS-104, niekiedy występujący pod dodatkową nazwą „Radian”. Produkowały go białoruskie zakłady Belwar. Jest to przyrząd sprawiający wrażenie hybrydy wspomnianego RKS-20.03 Prypec i ANRI Sosna. Podobnie jak Prypec mierzy trzy wartości: moc równoważnika dawki ( $\mu\text{Sv/h}$ ), strumień cząstek beta (rozp/s $\cdot\text{cm}^2$ ) i aktywność cezu w produktach (Bq/kg). Pracuje jednak w trybie przelicznikowym, jak ANRI Sosna, a nie integratorowym, jak Prypec.

Wyposażono go dodatkowo w możliwość dziesięciokrotnego wydłużenia czasu pomiaru (z 18 do 180 s)

<sup>25</sup> Por. Łukasz Karolewski, *Przegląd konstrukcji dozymetrów do użytku amatorskiego – wady i zalety*, [w:] *Postępy Techniki Jądrowej* 4/2020, s. 28

<sup>26</sup> Podobnie jak wcześniejsza wersja STS-5, jak również polski odpowiednik BOI-33, liczniki te mogą zliczać aż do 250 mR/h, choć skraca to ich trwałość

<sup>27</sup> Czas pomiaru dla pojedynczego licznika SBM-20 wynosi 36 s





**Fot. 14.** Dozometr-radio-metr RKSБ-104  
**Photo 14.** Dosimeter-radiometer RKSБ-104

i funkcję dozymetru progowego, a także gniazdo do sondy zewnętrznej. Sonda taka, służąca do pomiaru niewielkich aktywności, współpracowała z ołowianym domkiem osłonowym, obniżającym wpływ promieniowania tła. W RKSБ-104 zwraca uwagę skrajnie nieergonomiczne rozwiązanie obsługi miernika. Zmianę trybu pracy oraz wartości progów dokonujemy za pomocą mikroprzełączników na spodniej powierzchni dozymetrów. Standardowe przełączniki zarezerwowano tylko dla włącznika, zmiany czasu pomiaru oraz włączania dozymetru progowego. Drugą



**Fot. 15.** Dozometr-radiometr RKGB-01 Gorin' – z prawej ze zdjętym filtrem, widoczne mikroprzełączniki na spodnim panelu  
**Photo 15.** Dosimeter-radiometer RKGB-01 Gorin – on the right with removed filter, visible microswitches on bottom side



**Fot. 16.** Dozometr-radiometr DRGB-01 EKO-1  
**Photo 16.** Dosimeter-radiometer DRGB-01 EKO-1

świetlane przecinki, choć posiada on odpowiednie segmenty. Pokrewnym przyrządem był ukraiński RKGB-01 Gorin, produkowany w Równieńskiej Radio-Technicznej Fabryce w Równem, różniący się, oprócz szaty graficznej, jedynie brakiem gniazda sondy zewnętrznej.

Wymienione wyżej przyrządy wykorzystywały popularne liczniki SBM-20 o gęstości powierzchniowej ścianki  $40 \text{ mg/cm}^2$  i czułości na promieniowanie beta o energii powyżej  $500 \text{ keV}$ . Są to detektory zupełnie wystarczające do amatorskich pomiarów mocy dawki nawet niewielkich ilości najczęściej występujących radioizotopów. Niekiedy jednak stosowano znacznie czulszy detektor, a mianowicie SBT-10A z okienkiem mikowym o powierzchni  $40 \text{ cm}^2$  i gęstości powierzchniowej ok.  $2 \text{ mg/cm}^2$ . Przykładem takiego urządzenia może być DRGB-01 EKO-1 firmy Ekorad, opracowany w 1990 r. i z pewnymi modyfikacjami produkowany do chwili obecnej.

Przyrząd ten pracuje w trybie przelicznikowym i mierzy moc dawki gamma w mikrosiwertach na godzinę (czas pomiaru 18 s), strumień cząstek beta w rozpadach na sekundę z centymetra kwadratowego (80 s) oraz aktywność cezu-137 w kilobekkerelach na kilogram (520 s). Przy pomiarach strumienia cząstek i aktywności cezu wprowadzono dodatkowe tryby pozwalające na pomiar tła naturalnego i następnie odjęcie tej wartości od pomiaru badanej próbki. Z kolei pomiar mocy dawki może odbywać się w trybie cyklicznym (E) lub jednorazowym (F). W pierwszym wynik jest aktualizowany co 18 sekund, a koniec każdego cyklu jest sygnalizowany dźwiękiem. Nie widać zatem przyrostu wartości, tylko wynik z poprzednich 18 sekund. W drugim trybie wynik rośnie od początku cyklu pomiarowego, a po jego zakończeniu wyświetla się aż do zresetowania.

Podobnym, choć prostszym dozymetrem był MS-04B Ekspert. Wykorzystywał licznik SBT-11 o okienku prostokątnym  $4 \times 1,5 \text{ cm}$  i gęstości powierzchniowej ok.  $2 \text{ mg/cm}^2$ . Licznik zasłonięty był przesuwaną klapką, używaną podczas pomiaru samego promieniowania gamma. Dozymetr w zależności od trybu pracy, mierzył aktywność emiterów beta i moc dawki gamma.

Czas pomiaru 70 lub 35 s na niższym zakresie ( $5 \text{ mR/h}$ ) i 7 lub 3,5 s na wyższym ( $50 \text{ mR/h}$ ) w zależności od wybranego trybu pomiaru. Wynik wyświetlany jest przez 3-4 s, po czym uruchamiany jest następny pomiar. Wadą dozymetru było wzbudzenie się głośnika, jeśli wyłączono miernik podczas trwania cyklu pomiarowego, a następnie uruchomiono ponownie. Usunięcie tego defektu wymaga niewielkiej modyfikacji ścieżek na płytce drukowanej.

W dozymetrach-radiometrach zwraca uwagę obecność trybu pomiaru aktywności cezu-137 w produktach żywnościowych. Izotop ten, obok strontu-90 i jodu-131, jest jednym z głównych produktów rozszczepienia uranu i wyznacznikiem promieniotwórczego skażenia terenu. Katastrofa w Czarnobylu uwolniła ogromne aktywności cezu-137, który wraz z innymi radionuklidami rozproszył się głównie na terytoriach Ukrainy, Białorusi i Rosji, przenikając do gleby, wody i roślinności, a stamtąd do organizmów



Fot. 17. Dozometr MS-04B Ekspert

Photo 17. Dosimeter MKS-04B Ekspert

zwierząt i ludzi. Blokada informacyjna, bałagan organizacyjny, niedostateczna kontrola dozymetryczna a także celowe działania nieuczciwych sprzedawców powodowały, że skażona żywność trafiała na stoły nieświadomych konsumentów. Dotyczyło to szczególnie runa leśnego, ryb i dziczyzny, pozyskiwanych nielegalnie nawet w Czarnobylskiej Strefie Wykluczenia. Dozymetry umożliwiające pomiar aktywności cezu-137 w wodzie, mleku, mięsie itp. miały, choć częściowo uchronić ludzi przed spożyciem skażonej żywności. Pomiar wymagał użycia plastikowej kuwetki, znajdującej się w zestawie dozymetru<sup>28</sup>, którą najpierw napełniano nieskażoną wodą celem dokonania pomiaru tła naturalnego. Następnie w kuwetkę umieszczano badany produkt i powtarzano pomiar. Od otrzymanego wyniku należało następnie odjąć uprzednio zmierzoną wartość tła, a niekiedy jeszcze dokonać obliczeń według odpowiedniego wzoru (ANRI Sosna). Metoda ta miała niską wydajność – wspomniane wyżej dozymetry-radiometry wyposażone w liczniki SBM-20 reagowały na stężenia cezu-137 dopiero powyżej 3000 Bq/kg ( $1 \cdot 10^{-7}$  Ci/kg), podczas gdy dopuszczalne wówczas poziomy skażeń żywności wynosiły 370-600 Bq/kg<sup>29</sup>. Taki pomiar mógł ostrzec przed spożyciem najsilniej skażonych produktów żywnościowych, nie wykrywał jednak poziomów niższych, a nadal szkodliwych, szczególnie przy długotrwałym narażeniu. Trudno niestety skonstruować tani miernik, który w niewielkiej objętości produktu (np. 50 cm<sup>3</sup> dla kuwetki dozymetru Prypeć) będzie w stanie wykryć koncentrację cezu-137 rzędu 600 Bq/kg. Wymagałoby to bowiem zmierzenia emisji od zaledwie 30 Bq Cs-137, zawartych w tak małej próbce, co zwykle dokonuje się w laboratorium radiometrycznym za pomocą czułych detektorów w ołowianych domkach osłonnych<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> W przypadku RKSB-104 i RRGB-01 była to połowka plastikowego opakowania transportowego

<sup>29</sup> Dopuszczalną aktywność Cs-137 w żywności sprowadzanej do państw EWG po katastrofie w Czarnobylu ustalono na 600 Bq/kg, w przypadku żywności dla dzieci przewidziano ostrzejszą normę 370 Bq/kg, por. Zespół Prezesa PAA ds. Elektrowni Jądrowej Żarnowiec, Raport w sprawie następstw katastrofy w Czarnobylu wraz z załącznikami II i IV, s. 17, [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/23/028/23028202.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/23/028/23028202.pdf)

<sup>30</sup> Najsilniej skażone grzyby - lejkówki – zawierały 24 kBq/kg suchej masy, zatem aktywność 50 g nadal byłaby nie do wykrycia prostymi dozymetrami, nawet w suszonym produkcie, stanowiącym 15 % masy świeżego. Por. Krystyna Skibniewska, Stefan Smoczewski, Wpływ obróbki kulinarnej na poziom radiocezu w grzybach [w:] Rocznik PZH 1999, 50, nr 2, s. 158

Dozymetry-radiometry były przeznaczone również do wykrywania skażeń powierzchniowych na przedmiotach codziennego użytku, odzieży, pojazdach itp. Przez wiele lat bowiem Czarnobylska Strefa Wykluczenia była miejscem masowego rabunku porzuconego mienia, prowadzonego za cichym przyzwoleniem, a często i przy czynnym współudziale władz i służb. Z opuszczonych mieszkań szabrowano sprzęt RTV, meble i wyposażenie, rozkopywano nawet mogilniki, by wydobyć skażone pojazdy. Masowo kradziono złom i nielegalnie wyrębywano lasy, zdarzały się nawet kradzieże odpadów radioaktywnych i paliwa jądrowego<sup>31</sup>. W takich warunkach każdy przedmiot sprzedawany na rynku wtórnym mógł być silnie skażony radionuklidami z czarnobylskiej elektrowni, zatem jakikolwiek radiometr beta-gamma mógł uratować zdrowie, a nawet życie nieświadomego nabywcy. Niestety przyrządy tego typu, choć najbardziej użyteczne, to jako droższe i trudniejsze w produkcji, stanowiły niewielki ułamek spośród wszystkich poczarnobylskich przyrządów dozymetrycznych, produkowanych w ZSRR i byłych republikach.

## Podsumowanie

W powyższym zestawieniu przedstawiłem jedynie najbardziej reprezentatywne przykłady przyrządów dozymetrycznych z trzech głównych grup funkcjonalnych. Mierniki te najczęściej pojawiają się na rynku wtórnym, zarówno w Polsce, jak i w Rosji i byłych republikach radzieckich. W naszym kraju pojawiły się po raz pierwszy w latach 90., sprzedawane na targowiskach wraz z innymi towarami zza wschodniej granicy. Następnie były stopniowo wyprzedawane na portalach aukcyjnych, jednak prawdziwy boom nastąpił po awarii w elektrowni jądrowej Fukushima Dai-ichi w 2011 r. Zwiększony popyt spowodował natychmiastowy wzrost cen. Przykładowo RKS-20.03 Prypeć z przeciętnej ceny 200 zł podrożał dwukrotnie, po czym nastąpiła stała, powolna tendencja zwykła, utrzymująca się do chwili obecnej. Nawet najprostsze indykatory kosztowały wówczas 100-200 zł. Zainteresowanie poczarnobylskim sprzętem dozymetrycznym zmalało dopiero w 2020 r., m.in. na skutek pandemii koronawirusa, jak również nasycenia rynku, w czym miało swój udział masowe sprowadzanie tanich dozymetrów z Chin oraz współczesnych wyrobów z Rosji i Ukrainy. Zarówno Rosja, jak i Ukraina wykorzystały doświadczenie zyskane przy opracowaniu i produkcji dozymetrów po awarii w Czarnobylu, stając się jednymi z wiodących producentów i eksporterów mierników promieniowania. Z firm rosyjskich warto wymienić SNIIP-AUNIS<sup>32</sup>, Soeks<sup>33</sup> czy Quarta Rad<sup>34</sup>, z ukra-

<sup>31</sup> Paweł Sekuła, Zona – opowieść o radioaktywnym świecie, s. 233 i n.

<sup>32</sup> <https://www.aunis.ru/en/home> - w ofercie wysokiej klasy dozymetry z licznikiem okienkowym

<sup>33</sup> <https://intersoeks.com> - firma oferuje również testery żywności i mierniki pola elektromagnetycznego

<sup>34</sup> <https://quartarad.com> - w ofercie szeroka gama dozymetrów o zróżnicowanym stopniu zaawansowania



inśkich grupę Ecotest<sup>35</sup>. Niektóre z wyrobów tych firm prezentują wysokie walory użytkowe. Niestety znaczna część mierzy tylko łączną moc dawki beta i gamma za pomocą odsłoniętego, nieskompensowanego licznika G-M, podając wynik w jednostkach równoważnika dawki – krok w tył wobec „Prypec” czy „Sosny” ze zdejmowanym filtrem.

Wiele spośród przytoczonych poczarnobylskich przyrządów nadal stanowi nieocenioną pomoc przy ocenie bieżącego narażenia na promieniowanie, poszukiwaniach źródeł czy pokazów popularnonaukowych. Największą wadą jest błąd pomiaru niekiedy rzędu +/- 30 %<sup>36</sup>, starzenie się elementów elektronicznych i konieczność ponownego wzorcowania, jeśli pomiar miałby mieć zastosowanie naukowe lub moc prawną. Przyrządy te są jednak w zupełności wystarczające do zastosowań popularnonaukowych, szczególnie różnego rodzaju pokazów popularyzatorskich. W większości wyposażone są w dźwiękową sygnalizację impulsów, co jest bardzo sugestywne dla słuchaczy, a jednocześnie prosty, wręcz toporny design obudowy nie odciąga uwagi od meritum wykładu.

Najszerze zastosowanie znajdują radiometry beta-gamma, pozwalające mierzyć zarówno moc dawki, jak i aktywność powierzchniową i to we właściwych jednostkach dla każdej z tych wartości. Mogą m.in. służyć do poszukiwania radioaktywnych minerałów, szkła uranowego i ceramiki z glazurą uranową oraz innych wyrobów codziennego użytku, zawierających izotopy promieniotwórcze<sup>37</sup>. Za ich pomocą można też oceniać narażenie na promieniowanie gamma oraz wykrywać skażenia emiterami beta. Wyróżnia się tutaj RKS-20.03 Prypec z racji dużej czułości, szybkiego czasu reakcji i prostej obsługi. Nieco mniej przydatne są dozymetry promieniowania gamma, gdyż nie reagują na promieniowanie beta i niskoenergetyczne gamma, które dominuje w emisji „codziennych” źródeł. Tym niemniej mogą służyć do pomiaru promieniowania bardziej aktywnych źródeł, np. wskaźników lotniczych z radowymi farbami świecącymi czy niektórych minerałów, wskażą też wahania tła promieniowania gamma. Najniższą funkcjonalność mają indykatory promieniowania – można ich użyć, co najwyżej do stałego monitorowania naszego narażenia na twarde promieniowanie gamma. Ostrożność ta może wydawać się nadmierna, jednak ostatnimi laty doszło do kilku przypadków kradzieży wysokoaktywnych źródeł izotopowych, a następnie ich porzucenia po zdemontowaniu osłon<sup>38</sup>. Nawet prosty indykator w takich warunkach ostrzeże nas o gwałtownym

wzroście mocy dawki, a z racji niewielkich wymiarów i małego poboru prądu możemy go nosić zawsze przy sobie.

Jakość tych przyrządów jest bardzo zróżnicowana, zaś niektóre rozwiązania konstrukcyjne wręcz absurdalne, przynoszące wręcz na myśl wszelkie popularne dowcipy o radzieckiej technice i wynalazkach. Tym niemniej, dozymetry poczarnobylskie stanowią bardzo ważny segment rynku amatorskich przyrządów dozymetrycznych. Tendencja ta z pewnością utrzyma się przez następne lata, pomimo wyraźnej obecnie dominacji współczesnych wyrobów z Chin i Rosji.

Łukasz Karolewski,

Autor blogu popularnonaukowego

<http://promieniowanie.blogspot.com/promieniowanie.blogspot.com>

#### Literatura:

- [1] Atlas Radiologiczny Polski 2011, Warszawa 2012
- [2] Rafał Buzala, Grzegorz Lentka, Kazimierz Mikulski, *Rejestrator cząstek*, [w:] Radioelektronik 10/1993
- [3] Edward Jaroszyński, *Rejestrator promieniowania* [w:] Młody Technik 08/1987
- [4] Łukasz Karolewski, *Propagandowe techniki ukrywania katastrofy w Czarnobylu przez władze polskie*, [w:] Dzieje Najnowsze, rocznik XLIII — 2011, 2
- [5] Łukasz Karolewski, *Przegląd konstrukcji dozymetrów do użytku amatorskiego - wady i zalety*, [w:] Postępy Techniki Jądrowej 4/2020
- [6] Borys Polenow, *Dozimetrieskoje pribory dlja nasielienija*, Moskwa 1991
- [7] Radiologiczny Atlas Polski 1997, Warszawa 1998,
- [8] *Raport w sprawie następstw katastrofy w Czarnobylu wraz z załącznikami I i IV*, oprac. Zespół Prezesa PAA ds. Elektrowni Jądrowej Żarnowiec, Warszawa 1991
- [9] Paweł Sekuła, *Spoleczno-gospodarcze, polityczne i kulturowe konsekwencje katastrofy jądrowej dla Ukrainy*, Kraków 2014
- [10] Paweł Sekuła, *Zona – opowieść o radioaktywnym świecie*, Wydawnictwo internetowe e-bookowo, 2020
- [11] Krystyna Skibniewska, Stefan Smoczewski, *Wpływ obróbki kulinarnej na poziom radiocezu w grzybach* [w:] Rocznik PZH 1999, 50, nr 2
- [12] <https://www.aunis.ru/en/home>
- [13] <https://ecotestgroup.com>
- [14] <https://www.gstube.com>
- [15] <https://intersoeks.com>
- [16] <http://www.leningrad.su/museum/main.php?lang=1>
- [17] <https://www.ppe.pl/publicystyka/2084/nie-tylko-ruskie-jajka-takie-cuda-mozna-bylo-dorwac-na-polskich-bazarach.html>
- [18] <https://quartarad.com>
- [19] <https://www.pocketmagic.net>
- [20] <http://www.sovtube.com>
- [21] <https://tvn24.pl/poznan/wciaz-szukaja-skradzonego-kobaltu-dwa-kolejne-zrodla-promieniowania-w-poznaniu-ra532418>

<sup>35</sup> <https://ecotestgroup.com> - w ofercie m.in. mierniki serii Terra oraz Stora

<sup>36</sup> przykładowo RKS-104: +/- 40% w zakresie 0,1-1  $\mu\text{Sv/h}$  i +/- 25% w zakresie 1-99,9  $\mu\text{Sv/h}$ , ANRI Sosna +/- 30%, RKS-20.03 Prypec +/- 25%

<sup>37</sup> Niektóre ze stosowanych w medycynie alternatywnej medalionów Quantum Pendant, należących do nurtu nienaukowej tzw. energii skalanej, zawierają tor-232 o aktywności generującej nawet 1  $\mu\text{Sv/h}$  promieniowania gamma.

<sup>38</sup> Przypadek kradzieży i rozcięcia pojemników z Co-60, który doprowadził do skażenia na Kopaninie w Poznaniu w 2015 r. por. <https://tvn24.pl/poznan/wciaz-szukaja-skradzonego-kobaltu-dwa-kolejne-zrodla-promieniowania-w-poznaniu-ra532418> [dostęp 2.05.2021 r.]