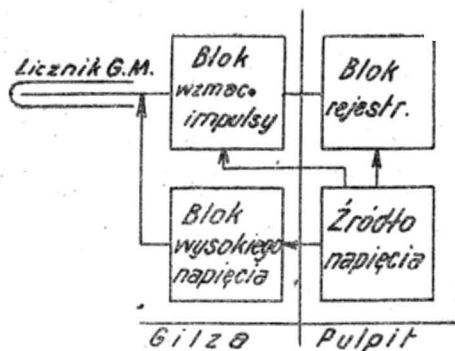


KRÓTKI PRZEGLĄD APARATURY POLOWEJ DO POSZUKIWAŃ MINERALÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

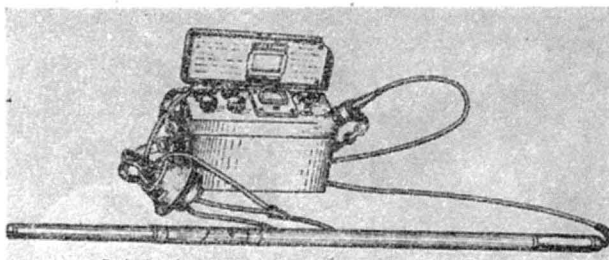
Poszukiwania minerałów promieniotwórczych w Polsce, obok prac planowych, opartych na wynikach zdjęć promieniotwórczości (zdjęcia emanacyjne, lotnicze i samochodowe), objęły również w ramach tzw. prac równoległych wszystkie wyrobiska badawcze i eksploatacyjne, prowadzone przez jednostki państwowej służby geologicznej. Metodyka poszukiwań minerałów promieniotwórczych w tych wyrobiskach opiera się na przesłuchiwanie warstw skalnych za pomocą przyrządów zwanych monitorami licznikowymi lub krótko mówiąc — radiometrami. Na schemat konstrukcyjny monitora licznikowego w najogólniejszym zarysie składa się licznik GM, blok wzmacniający impulsy, blok wysokiego napięcia, blok rejestrujący oraz źródło prądu. Rozmieszczenie poszczególnych elementów przedstawia schemat na ryc. 1. Zaznaczam, że jest to schemat bardzo ogólny, spotykany we wszystkich typach radiometrów, różniący się jedynie pewnymi ulepszeniami konstrukcyjnymi.



Ryc. 1

W Polsce używane są obecnie przy polowym poszukiwaniu minerałów promieniotwórczych głównie trzy typy radiometrów produkcji radzieckiej: PR-5, UR-4 i UR-4M. Radiometr PR-5 jest jednym z najstarszych typów; obecnie w ZSRR używa się go bardzo rzadko, w Polsce jednak jest dość szeroko rozpowszechniony. Składa się on z dwóch głównych części: z gilzy aluminiowej kształtu litery „T”, w której umieszczone są trzy liczniki GM typu AMM-4 pracujące przy napięciu 700—800 v, blok wzmacniający impulsy oraz blok wysokiego napięcia — i z pulpitu, pod którego przykryciem znajduje się tablica nastawcza, wewnątrz zaś komplet baterii. Na tablicy nastawczej umieszczone są przełączniki do regulacji aparatu, woltomierz do kontrolowania napięcia wymaganego przy pracy radiometru, miliamperomierz wskazujący intensywność promieniowania γ , gniazdko do podłączenia słuchawek i wtyczka łącząca za pomocą kabla gilz z pulpitem. Radiometr PR-5 odznacza się stosunkowo wysoką czułością, co stanowi jedyną jego zaletę. Znacznie więcej ma on jednak cech ujemnych, takich jak: zbyt duży ciężar (ciężar gilzy wynosi 2,5 kg, zaś pulpitu z bateriami

7,5 kg), który wyklucza prowadzenie ciągłych pomiarów bez dłuższych przerw, słaba odporność na wstrząsy, brak odporności gilzy na wilgoć uniemożliwia dokonywanie pomiarów w dniach mglistych i deszczowych oraz w kopalniach zawodnionych, nie jest gazoszczelny, wskutek czego nie wolno wykonywać pomiarów w kopalniach gazowych.



Ryc. 2

Znacznie lepszą konstrukcję ma radiometr UR-4, ostatnio zmodernizowany i zwany powszechnie radiometrem UR-4M (rys. 2). Zbudowany jest on (podobnie zresztą jak PR-5) z gilzy, pulpitu i słuchawek o łącznym ciężarze ok. 5 kg. Radiometry tego typu coraz liczniej wprowadzane są do poszukiwań minerałów promieniotwórczych w Polsce, dlatego też omówione zostaną w niniejszym artykule bardziej szczegółowo.

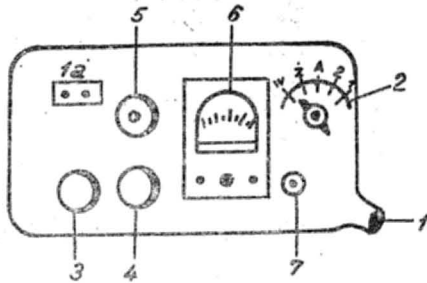
Gilza radiometru, która waży około 1,5 kg jest zbudowana z rurki aluminiowej, ma 1,14 m długości i 30 mm średnicy. Dzięki teleskopowemu urządzeniu można wydłużyć ją do 1,74 m. Ta własność ma szczególne znaczenie przy przesłuchiwanie np. wysokich ścian kamieniołomów lub innych trudno dostępnych wyrobisk. Gilza jest tak skonstruowana, że można jej również użyć jako sondy karotowania płytkich otworów wiertniczych dzięki ruchomej głowicy (wewnątrz umieszczony jest licznik GM), którą przy zapuszczaniu do otworu ustawia się w pozycji poziomej do osi gilzy, zaś przy przesłuchiwanie ścian wyrobisk głowicę ustawia się ukośnie w stosunku do osi gilzy. Takie ustawienie pozwala na przesłuchiwanie warstw skalnych całą szerokością licznika. Wewnątrz w gilzie znajduje się blok wysokiego napięcia przekazujący napięcie 400 v na licznik GM oraz blok wzmacniający, którego zadaniem jest wzmacnianie impulsów promieniowania γ i przekazywanie ich do bloku rejestrującego.

Radiometr typu UR-4M pracuje na licznikach Geigera Müllera typu STS-8 lub STS-1. Oba typy licznika są przystosowane do pomiarów promieniowania γ . Różnią się one między sobą czułością. Licznik STS-8 rejestruje około 7 impulsów na minutę na 1 mikrorentgen na godzinę, ponieważ ma większą aktywną powierzchnię podłużnego przekroju wynoszącą 16 cm²; licznik STS-1 posiadający 5 cm² aktywnej powierzchni podłużnego przekroju rejestruje około 1,5 impulsów na minutę na jeden mikrorentgen na godzinę. Komplet opisanych powyżej liczników

obejmuje całą czułość radiometru UR-4M i pozwala na rejestrację promieniowania w granicach od 0,015 do 10 mikrorentgenów na godzinę.

Pulpit radiometru UR-4M ma wymiary $225 \times 155 \times 85$ mm, a jego ciężar w pracy wynosi około 3,2 kg. W górnej jego części pod przykryciem znajduje się tablica nastawcza (ryc. 3), na której umieszczone są: przyrząd rejestrujący intensywność promieniowania (indykator), przełącznik służący do włączania radiometru i do kontroli urządzeń zasilających oraz pozwalający na przełączanie radiometru na pierwszą lub drugą czułość. Zakres pierwszej czułości dla licznika GM typu STS-8 pozwala rejestrować promieniowanie w granicach od 0,015 do 0,12 mikrorentgenów na godzinę, zakres drugiej czułości natomiast — od 0,10 do 0,7 mikrorentgenów na godzinę. W liczniku typu STS-1 pierwsza czułość pozwala rejestrować promieniowanie w granicach od 0,10 do 1,0 mikrorentgenów na godzinę, druga natomiast — od 0,8 do 10,0 mikrorentgenów na godzinę.

Poza wspomnianymi urządzeniami tablica nastawcza posiada jeszcze gałki, którymi reguluje się napięcie anodowe oraz napięcie żarzenia, regulator regulu-



Ryc. 3

jący ustawienie wskazówki indykatora oraz gniazdka do włączenia słuchawek i podłączenia gilzy. Wewnątrz w pulpicie umieszczone jest źródło prądu, złożone z dwu baterii żarzeniowych typu S-1, wystarczających na 40–50 godzin pracy, oraz jedna bateria anodowa typu P-80-0,15 pozwalająca na pracę radiometru w czasie od 80 do 100 godzin.

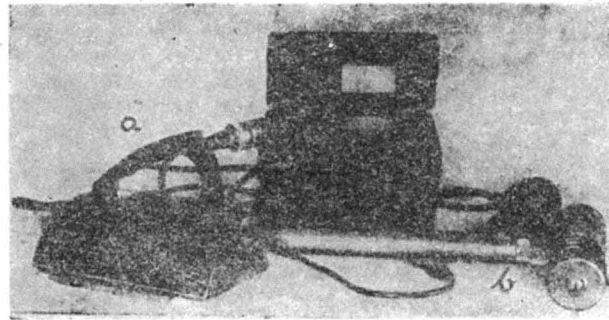
Znaczenie elementów umieszczonych na tablicy nastawczej zostanie zrozumiane wówczas, jeżeli pozna się ich działanie przy pomocy radiometru. W związku z tym krótko omówię sposób przygotowania monitora do pomiarów radiometrycznych.

Prace przygotowawcze przed przystąpieniem do badań obejmują przegląd całego radiometru łącznie ze sprawdzeniem ogniów elektrycznych (wszystkie przełączniki umieszczone na tablicy nastawczej skierowane są w lewo do oporu). Następnie łączymy gilzę radiometru z pulpitem w gniazdku oznaczonym na ryc. 3 numerem 1. Po podłączeniu i dokładnym sprawdzeniu, że nakrętka przy wtyczce wkręcona jest do oporu, oraz po podłączeniu słuchawek z pulpitem w gniazdku, oznaczonym na schemacie nr 1a, uruchamiamy radiometr włączając przełącznik 2 z położenia „wył” na żarzenie oznaczone literą „ż”. Gałką żarzenia 4 ustawiamy napięcie żarzeniowe do wartości „ż” oznaczonej na skali indykatora 6. Po wyregulowaniu napięcia żarzeniowego przełączamy przełącznik 2 w położenie oznaczone literą „a”, po czym gałką 3 z napisem „anoda” regulujemy napięcie anodowe do wartości oznaczonej na skali indykatora literą „a”.

Wyregulowane napięcie anodowe i żarzeniowe musi być co pewien okres kontrolowane w czasie dokonywania pomiarów, gdyż spadek napięcia może spowodować błędne odczytanie na indykatorze wielkości promieniowania. Mając wymagane napięcie anodowe i żarzeniowe przesuujemy przełącznik 2 w położenie pierwszej czułości, naciskamy przycisk na regulatorze 5 i jednocześnie obracając go, ustawiamy strzałkę indykatora na zero. W ten sposób radiometr UR-4M został przygotowany do pomiarów.

Trzeba podkreślić, że radiometr typu UR-4M należy do bardzo udanych radiometrów polowych pracujących na licznikach Geigera-Müllera. Dzięki małemu ciężarowi zarówno gilzy, jak i pulpitu oraz dzięki małym wymiarom całego aparatu, nadaje się on do prowadzenia pomiarów w kopalniach o trudnych warunkach geologiczno-górnicych, gdzie operator musi wykonywać pomiary w pozycji klęczącej, a nawet leżącej. Duża odporność na zmiany temperatury, wysoka czułość radiometru i stosunkowo mały błąd pomiaru (10% po wyskalowaniu każdego aparatu oddzielnie) daje jak najbardziej prawdziwe wyniki. Radiometr UR-4M ze względu na swoje zalety produkowany będzie w najbliższym czasie również i w Polsce pod nazwą „Monitor licznikowy typu ML-57”.

W Związku Radzieckim, szczególnie w kopalniach, często używany jest do pomiarów intensywności promieniowania bardzo czuły radiometr typu PGR (ryc. 4). Komplet roboczy tego radiometru składa się z pulpitu, gilzy do pomiarów promieniowania γ , przyrządu do pomiarów promieniowania β i γ oraz słuchawek. Radiometr w pracy waży 6,7 kg. Pulpit o wymiarach $180 \times 100 \times 260$ mm wyglądem swym

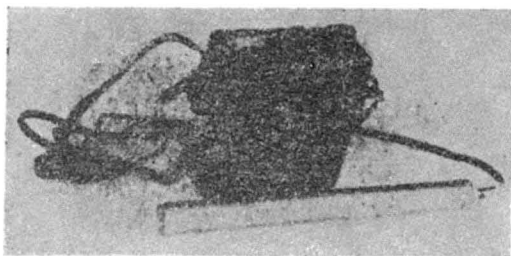


Ryc. 4

przypomina radiometr UR-4M. W górnej jego części na tablicy nastawczej, mieszczącej się tuż pod przykryciem, znajduje się bardzo czuły przyrząd rejestrujący intensywność promieniowania (indykator), rejestrujący na pierwszej czułości intensywność promieniowania do 50 mikrorentgenów na godzinę, na drugiej czułości do 200 mikrorentgenów na godzinę, na trzeciej czułości do 1000 mikrorentgenów na godzinę. Na tablicy nastawczej znajduje się ponadto: przełącznik do włączania radiometru, pozwalający na przełączenie radiometru na odpowiednią czułość gałki, za którego pomocą reguluje się napięcie anodowe i żarzeniowe, oraz gniazdka do połączenia słuchawek i gilzy. Gilza radiometru PGR wyglądem swym przypomina gilzę radiometru typu PR-5 (kształt litery „T”). W części górnej zwanej głowicą, umieszczonej poprzecznie od osi gilzy, znajdują się cztery liczniki GM typu STS-8. Takie ustawienie głowicy umożliwia wykorzystanie całej gilzy do kartowania płytkich otworów wiertniczych. Nadaje się ona jedynie do przesłuchiwania na promienie γ niedużych powierzchni przy pracach geologiczno-kartograficznych oraz do przesłuchiwania ścian wyrobisk górniczych.

Odkryte za pomocą gilzy miejsca o podwyższonej intensywności promieniowania zostają dokładniej przebadane przyrządem oznaczonym na zdjęciu literą „a”. Przyrząd ten przypomina wyglądem swym żelazko elektryczne i ma wymiary $185 \times 160 \times 260$ mm. Wewnątrz znajdują się cztery liczniki GM typu STS-6 mające zdolność rejestrowania promieniowania β i γ . Wielkość promieniowania β określa się tym przyrządem w ten sposób, że najpierw wykonuje się pomiar promieniowania β i γ razem, po czym eliminuje się promieniowanie β przysłaniając licznik blaszką aluminiową grubości 3 mm (ekran). W ten sposób otrzymujemy tylko wartość promieniowania γ , którą odejmujemy od sumy β i γ otrzymując wielkość promieniowania β .

Do prowadzenia pomiarów promieniotwórczości β i γ używany jest w ZSRR znacznie lżejszy radiometr typu RP-1 (ryc. 5), ważący około 1,7 kg. Składa się on z pulpitu, gilzy i słuchawek. Pulpit zbudowany z masy plastycznej ma wymiary $220 \times 80 \times 190$ mm. Wewnątrz znajduje się blok zasilający gwarantujący ciągłość pracy na około 700 godzin. Na tablicy nastawczej oprócz przełączników gwarantujących dokładną pracę radiometru, znajduje się miliamperomierz rejestrujący na pierwszej czułości intensywność promieniowania w granicach od 10 do 200 m'krorentgenów na godzinę, a na drugiej czułości od 100 do 2000 mikrorentgenów na godzinę.

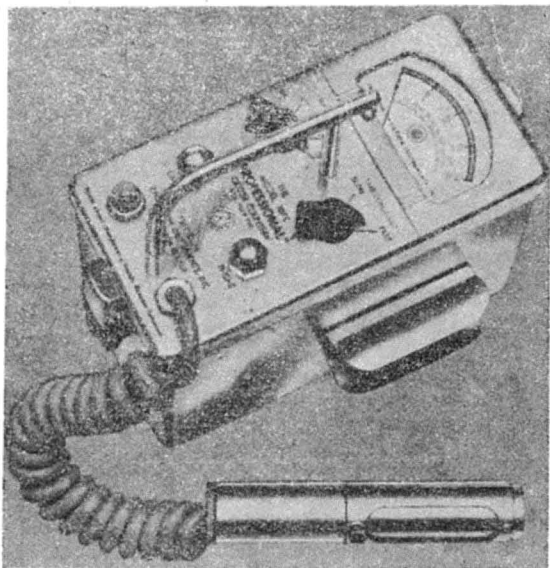


Ryc. 5

Gilza radiometru mająca 370 mm długości i 32 mm średnicy może być zapuszczana do płytkich otworów jako sonda karotująca otwór na promienie β lub γ . Do pomiarów promieniowania β stosuje się licznik GM typu STS-6, do pomiarów promieniowania γ licznik GM typu STS-8. Wyznaczenie wartości promieniowania β odbywa się w ten sam sposób, jak przy radiometrze typu PGR.

*

Przedstawione wyżej odmiany radiometrów produkcji radzieckiej należą do typowych przyrządów pomiarowych, pracujących na licznikach GM, używanych przy poszukiwaniach minerałów promieniotwórczych. Przegląd ten nie obejmuje bardziej nowoczesnych ich odmian. W ZSRR produkuje się również super nowoczesne aparaty, co do których w tej chwili nie ma żadnych danych. Uzupelnienie tej luki można wypełnić opisem kilku nowoczesnych aparatów produkcji USA, pracujących również na licznikach Geigera-Müllera.



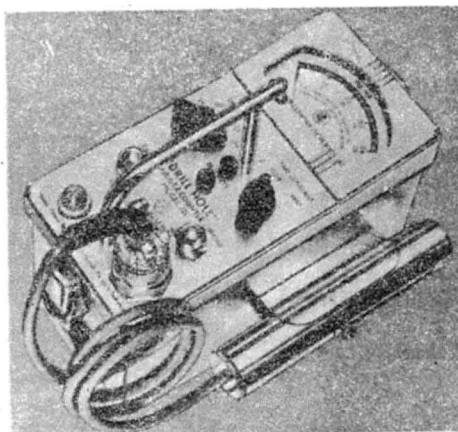
Ryc. 6

Na ryc. 6 przedstawiony jest nowoczesny radiometr firmy PRI (Precision Radiation Instruments), oznaczony nr 107 C „Professional”, odznaczający się bardzo wysoką czułością i dużą dokładnością. Komplet tego

przyrządu składa się z pulpitu oraz krótkiej gilzy łączącej się z pulpitem spiralnie skręconym kablem o długości około 1,5 m. Pulpit zbudowany jest z blachy aluminiowej i ma wymiary $87 \times 116 \times 188$ mm. Na powierzchni znajduje się tablica nastawcza, na której umieszczona jest obok przełączników i regulatorów wyraźna skala, pozwalająca na bardzo dokładny odczyt wielkości promieniowania β lub γ . Oprócz dokładnej skali przyrząd ten posiada jeszcze na tablicy nastawczej licznik błyskowy, informujący operatora o ilości impulsów na minutę w czasie prowadzonych pomiarów. Wewnątrz w pulpicie znajduje się blok zasilający, przekazujący na licznik GM napięcie równe 900 v. Blok ten składa się z trzech baterii gwarantujących ciągłość pracy aparatu w czasie 200 godzin.

Radiometr 107 C rejestruje intensywność promieniowania w granicach od 0,4 do 20 milirentgenów na godzinę, przy czym zakres ten podzielony został na cztery czułości. Największą aktywność wykazuje radiometr na pierwszej czułości, dając przy tym bardzo mały błąd pomiarowy. Ciężar kompletnego urządzenia przy pracy wynosi około 2,5 kg, cena zaś kompletu wynosi 149,5 dolarów.

Na ryc. 7 przedstawiony jest radiometr typu 121 „Drill Hole”, mający budowę pulpitu bardzo podobną do wyżej opisanego. Komplet tego radiometru zawie-

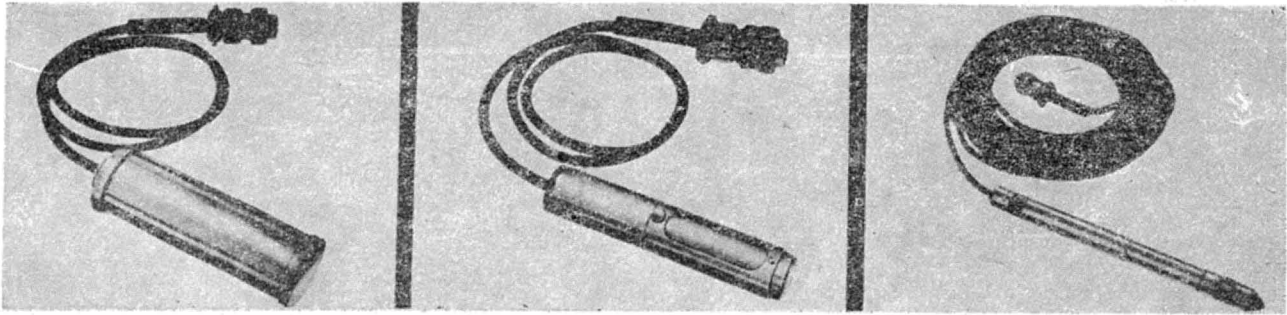


Ryc. 7

ra oprócz gilzy z licznikiem do pomiarów promieniowania β i γ również gilzę z licznikiem do pomiarów promieniowania α i β oraz sondę do karotowania na promienie γ płytkich (do 16 m) otworów wiertniczych (ryc. 8). Cena kompletu wynosi 249,5 dolarów.

Do wysokiej klasy przyrządów pomiarowych należy radiometr typu 106 C „Lucky Strike” (ryc. 9), odznaczający się stosunkowo dużą czułością, a ponadto pozwalający na ilościowe określenie pierwiastków promieniotwórczych w badanej skale. Przyrząd ten ma dwa zakresy czułości pozwalające na rejestrację intensywności promieniowania na pierwszej czułości do 2 milirentgenów na godzinę, na drugiej zaś od 2 do 20 milirentgenów na godzinę.

Na zakończenie krótkiego przeglądu kilku nowoczesnych radiometrów produkcji USA należy wspomnieć o pewnych własnościach, które są wspólne dla wszystkich odmian i które decydują o ich nowoczesności. Jedną z bardzo ważnych cech jest automatyczne regulowanie napięcia anodowego i żarzeniowego, wykluczające tym samym błędne odczytanie wyników pomiarów z powodu spadku napięcia. Drugą ważną cechą tych radiometrów jest natychmiastowe informowanie operatora o nieprawidłowej pracy aparatu, spowodowanej np. wylądowaniem się baterii lub przepaleniem się lamp. Każdy przyrząd jest bowiem wyposażony w zegar informujący operatora o pracy radiometru. Zegar ten po przepaleniu się lamp automatycznie wyłącza z pracy radiometr, chroniąc tym samym baterię przed zbyt szybkim



Ryc. 8

rozładowaniem. Dalsze własności, które charakteryzują wszystkie wymienione typy radiometrów, to: duża odporność na zmiany temperatury, gazoszczelność, wytrzymałość na wstrząsy, odporność na wilgoć. Ponadto wszystkie przyrządy mają bardzo prostą konstrukcję, dzięki czemu mogą je obsługiwać osoby bez specjalnego przygotowania.

o liczniku scyntylacyjnym produkcji radzieckiej typu SG-42, składający się z pulpitu o wymiarach 97×208×241 mm oraz gilzy o długości 67 cm i średnicy 103 mm. Ciężar kompletnego urządzenia przy pracy wynosi 5 kg. Radiometr ten wyglądem swym przypomina typowy monitor pracujący na licznikach GM. Natomiast w gilzie przyrządu znajduje się kryształek jodku sodu aktywowany talem oraz fotopowielacz, spełniają one razem rolę licznika. W pulpicie zaś znajdują się elementy pomiarowe oraz blok zasilający, gwarantujący 50 godzin ciągłej pracy.



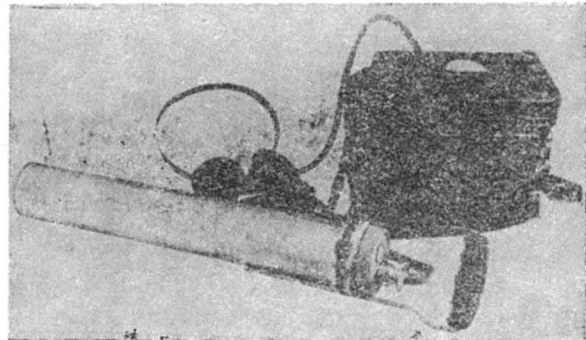
Ryc. 9

Olbrzymi wzrost poszukiwań minerałów promieniotwórczych w świecie stawiał coraz większe wymagania pod względem czułości oraz pod względem technicznym na licznikach GM. Ten stan rzeczy przyczynił się do skonstruowania nowych, czulszych radiometrów pracujących na licznikach scyntylacyjnych.

Licznik scyntylacyjny w najogólniejszym zarysie zbudowany jest ze specjalnego kryształka zwanego detektorem, przyłączonego optycznie z urządzeniem zwanym fotopowielaczem. Fotopowielacz jest to typ lampy elektronowej z fotokatodą i pewną ilością dynod, w których w momencie powstawania błysków w detektorze spowodowanych promieniowaniem γ wybijane zostają, a następnie lawinowo przesuwane z dynody na dynodę wtórne elektrony. W ten sposób promieniowanie po przejściu przez kryształ zostaje zamienione na impulsy elektrony rejestrowany na skali.

Cenną zaletą liczników scyntylacyjnych jest fakt, że wielkość impulsów na wyjściu jest proporcjonalna do energii rejestrowanego promieniowania. Najczęściej stosowanymi detektorami są kryształy jodku sodu, jodku cezu i jodku potasu aktywowane talem. Radiometry o licznikach scyntylacyjnych odznaczają się dużą wydajnością w rejestracji promieniowania γ wynoszącą kilkadziesiąt procent, znacznie pod tym względem przewyższając liczniki GM.

Na ryc. 10 przedstawiony jest polowy radiometr

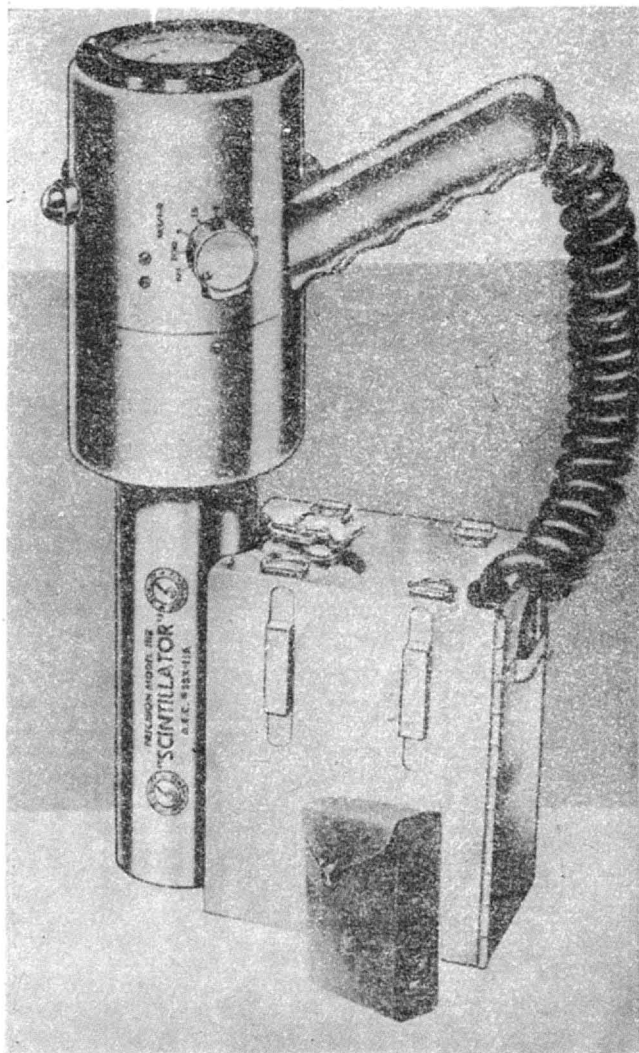


Ryc. 10



Ryc. 11

Radiometr ten rejestruje intensywność promieniowania w granicach od 1 do 600 mikrorentgenów na godzinę na trzech zakresach czułości. Pierwszy zakres rejestruje od 1 do 30 mikrorentgenów na godzinę, drugi od 30 do 90 mikrorentgenów na godzinę, trzeci zaś od 90 do 600. Radiometr przystosowany jest do pomiarów w polu oraz w kopalniach. Odznacza



się odpornością na wstrząsy, jest wodoszczelny i gazoszczelny, a ponadto może pracować w temperaturze od -10 do $+40^{\circ}\text{C}$.

Ryc. 11 przedstawia model licznika scyntylacyjnego produkcji USA typu 115 B „Super Pri Scintillator” używanego w badaniach polowych do poszukiwań minerałów promieniotwórczych, bądź też w laboratoriach do pomiarów intensywności promieniowania badanych prób. Składa się on ze skrzynki, pod której przykryciem znajduje się tablica nastawcza, wewnątrz zaś komplet baterii gwarantujących 260 godzin pracy, oraz gilzy, wewnątrz której znajduje się w hermetycznym zamknięciu odpornym na zaburzenia magnetyczne i uderzeniowe detektor (kryształek jodku sodu aktywowany tale-m) wraz z fotopowielaczem. Przyrząd ten jest bardzo czuły (250 000 impulsów na minutę na 1 milirentgen na godzinę). Przez odpowiednią wymianę gilzy podobnie jak w radiometrze GM typu 121 można używać go do pomiarów promieniowania β i γ oraz do karotowania płytkich otworów wiertniczych. Przyrząd wykazuje dużą odporność na zmiany temperatury i ciśnienia, jest gazoszczelny i wodoszczelny, ma dużą wytrzymałość na wstrząsy. Komplet waży około 8 kg, kosztuje 595 dolarów.

Wielką popularnością w poszukiwaniach złóż uranu cieszy się w USA scyntylator typu 111 B „Deluxe Pri Scintillator” przedstawiony na ryc. 12. Cały przyrząd składa się z krótkiej gilzy z umieszczonym wewnątrz licznikiem scyntylacyjnym, konstrukcyjnie rozwiązany bardzo podobnie jak monitor typu 115 B, oraz z kompletu baterii łączących się z gilzą krótkim spiralnie skręconym kablem. Przyrząd ten ze względu na dużą czułość, wynoszącą również 250 000 impulsów na minutę na 1 milirentgen na godzinę, jak również dzięki swej prostej budowie i obsłudze ma szerokie rozpowszechnienie w badaniach terenowych. Waży około 7 kg.

Przedstawiony krótki opis przyrządów pomiarowych używanych do poszukiwań pierwiastków promieniotwórczych nie wyczerpuje całości zagadnienia. Daje on jedynie pewien pogląd na tę dziedzinę techniki, która w dalszym ciągu coraz bardziej się rozwija zwłaszcza w USA, Anglii i ZSRR. Polski dorobek na tym polu jest bardzo skromny.