

Zenon E. Roskal

Katolicki Uniwersytet Lubelski  
(Lublin)

## SPOŁECZNO-TECHNICZNE DETERMINANTY ODKRYCIA KOSMICZNYCH ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA GAMMA

### WSTĘP

Odkrycie kosmicznych (poziemskich) źródeł promieniowania *gamma* należy do największych osiągnięć współczesnej astronomii w istotny sposób przyczyniając się także do ukonstytuowania się tzw. astronomii promieniowania *gamma*. Ranga tego odkrycia wzrosła w wyniku intensywnie prowadzonych badań obserwacyjnych oraz prac teoretycznych nad tzw. rozbłyskami promieniowania *gamma* (ang. *GRB*). W 2013 r. mija dokładnie czterdzieści lat od ogłoszenia odkrycia kosmicznych rozbłysków promieniowania *gamma*<sup>1</sup>. Z perspektywy czterech dziesięcioleci niezwykle dynamicznego rozwoju nauki i techniki, ale także głębokich zmian społecznych, których wyrazem było m.in. zakończenie tzw. zimnej wojny, interesującym zadaniem badawczym staje się dociekanie społeczno-technicznych uwarunkowań odkrycia kosmicznych źródeł promieniowania *gamma*. W refleksji historycznej, prowadzonej najczęściej w charakterze marginalnych uwag w kontekście aktualnie prowadzonych prac badawczych nad rozbłyskami promieniowania *gamma*, bardzo niewiele uwagi poświęca się okolicznościom, które umożliwiły to odkrycie. Społeczno-techniczny kontekst tego odkrycia – choć zauważany w licznych publikacjach – nie jest jednak wystarczająco szczegółowo opracowany.

Podjęmowane zagadnienie sytuujemy w problematyce określanej jako (*STS* – *Science, Technology, Society*). Koncentrujemy się nie tylko na aspektach techniczno-naukowych (studia rozwoju nauki i techniki), które należą do rozumianej węższej problematyki *STS*, ale uwzględniamy także kontekst społeczny badań nad kosmicznymi źródłami promieniowania *gamma*. Problematyka odkrycia kosmicznych źródeł promieniowania *gamma* w polskim piśmiennictwie z zakresu historii nauki i techniki – o ile nam wiadomo – nie była podejmowana. Jak zauważa Lech Zacher, problematyka *STS* „[...] nigdy na dobre nie zagnieździła się w badaniach naukowych w Polsce (choć były takie próby)”<sup>2</sup>. Tym bardziej szczegółowe zagadnienia z historii współczesnej astronomii nie były analizowane z perspektywy badań *STS*.

Celem poznawczym artykułu jest podbudowanie tezy, zgodnie z którą społeczne-techniczne determinanty odkrycia pozaziemskich źródeł promieniowania *gamma* miały dla niego zasadnicze znaczenie. Wzmacnia to koncepcję odkrycia naukowego jako rozciągniętego w czasie, wielowątkowego, techniczno-społecznego przedsięwzięcia, w którym biorą udział nie tylko uczeni, ale także technicy. Prowadzone analizy zostały oparte na tekstach źródłowych, które były publikowane na łamach specjalistycznych czasopism naukowych. Artykuł składa się z dwóch części, w których odpowiednio 1) ukazujemy przede wszystkim sytuację teoretyczną w fizyce i astronomii poprzedzającą odkrycie pozaziemskich źródeł promieniowania *gamma*, 2) wskazujemy na społeczny kontekst związany z wyścigiem zbrojeń w szczytowej fazie zimnej wojny oraz charakteryzując osiągnięcia techniczne faktycznie umożliwiające dokonanie badanego odkrycia.

## 1. ODKRYCIE PROMIENIOWANIA GAMMA W FIZYCE I PREDYKCJE KOSMICZNYCH ŹRÓDEŁ TEGO PROMIENIOWANIA

Odkrywcą promieniowania *gamma* był francuski fizyk i chemik – Paul U. Villard (1860–1934). Początkowo zajmowała go przede wszystkim modna ówczesnie problematyka skraplania gazów pod wysokim ciśnieniem, ale gdy uzyskał możliwość badania promieniowania katodowego i nowoodkrytego promieniowania rentgenowskiego zajął się eksperymentami zgłębiającymi ich własności optyczne. Po doniesieniach małżeństwa Curie o tym, że promieniowanie wydobywające się z nowoodkrytego pierwiastka, który później został nazwany *radem*, zabarwia szkło i zaciemnia klisze fotograficzne, uwaga Villarda skierowała się na zjawisko radioaktywności. Podczas prac (około 1900 r.) nad *radem* za pomocą metody fotograficznej wydzielił trzeci składnik w promieniowaniu tej radioaktywnej substancji, który nie wykazywał odchylenia w polu elektrycznym i magnetycznym. W kwietniu i maju 1900 r. Villard przedstawił kilka prac na ten temat<sup>3</sup>. Odkrycie zostało szerzej rozpropagowane dzięki temu, że 18 maja

1900 r. na posiedzeniu Francuskiego Towarzystwa Fizycznego zademonstrował doświadczenie, w którym pokazał, że *rad* emituje bardzo przenikliwe promieniowanie, które nie ugina się w silnym polu magnetycznym. Niestety, później stracił zainteresowanie dla tego zjawiska<sup>4</sup>.

Problematyka nowoodkrytego promieniowania znalazła się natomiast w polu zainteresowania – wschodzącej gwiazdy fizyki eksperymentalnej – Ernesta Rutherforda (1871–1937). Początkowo (1902) Rutherford błędnie sądził, że promieniowanie odkryte przez Villarda stanowią bardzo szybkie korpuskuły promieniowania *beta*. Według Thaddeusa Trevena rok 1902 okazał się przełomowy w rozwoju klasyfikacji nowych rodzajów promieniowania<sup>5</sup>. To właśnie w tym roku Rutherford wprowadził terminologię, która praktycznie przetrwała do dziś bez większych korekt. W listopadzie 1902 r. Rutherford przedstawił propozycję nazywania promieniowania pochodzącego z radioaktywnych substancji czyli *radu*, odpowiednio dla trzech składowych, promieniowaniem *alfa*, *beta* i *gamma*<sup>6</sup>. Zgodnie z tą propozycją promieniowanie *alfa* stanowią promienie łatwo absorbowane w materii i wykazujące dodatni ładunek elektryczny, promieniowanie *beta* tworzą ujemnie naładowane cząstki o dużej prędkości podobne do promieniowania katodowego, zaś składowa *gamma* to bardzo przenikliwe promieniowanie, którego cząstki nie są naładowane. Przez kilka następnych lat natura promieniowania *gamma* nie została rozpoznana, głównie dlatego, że nie umiano pokonać trudności technicznych wiążących się z rejestracją oddziaływania tego promieniowania z materią. Co prawda Rutherford z czasem przekonywał się do analogii pomiędzy promieniowaniem rentgenowskim i promieniowaniem *gamma*<sup>7</sup>, ale dopiero w 1914 r. udało mu się wykazać, że promieniowanie *gamma* ma naturę elektromagnetyczną i jest podobne do odkrytych przez Heinricha Hertza (1857–1894) fal radiowych oraz widzialnego światła.

Angielski fizyk – Owen W. Richardson (1879–1959) – laureat Nagrody Nobla z fizyki z 1928 r. „za podanie wzoru na zależność gęstości prądu termoeemisyjnego od temperatury emitującego metalu“, w wydanych wykładach z fizyki w postaci podręcznika, jakie prowadził na uniwersytecie w Princeton, zdawał sobie sprawę z tego, że klasyfikacja promieniowania podana przez Rutherforda jest daleka od doskonałości a stosowana nomenklatura zmienna. W szczególności zauważył (rozdział XIX zatytułowany: *Typy promieniowania*), że w różnych kontekstach dany rodzaj promieniowania może być różnie nazywany. I tak, bardzo szybkie elektrony nazywane są *promieniowaniem beta*, jeżeli pochodzą z substancji promieniotwórczych, ale nazywane są *promieniowaniem katodowym* lub *promieniowaniem Lenarda*, jeżeli są wytwarzane w rurze próżniowej oraz *wtórny promieniowaniem rentgenowskim*, jeżeli powstają w wyniku zderzenia promieniowania rentgenowskiego z tarczą<sup>8</sup>. Richardson zakładał, że z promieniowaniem *gamma* mamy do czynienia wówczas, gdy jego źródłem są (naturalne) substancje promieniotwórcze, zaś gdy otrzymujemy go

sztucznie w rurze próżniowej, to otrzymujemy promieniowanie rentgenowskie. Współcześnie rozróżnienie między promieniowaniem rentgenowskim i promieniowaniem *gamma* też w zasadzie opiera się na mechanizmach jego wytwarzania.

Pod koniec XIX w. sądzono, że promieniowanie *gamma* może pochodzić wyłącznie od ziemskich źródeł, podobnie jak złoża promieniotwórczych substancji. Jednym z pierwszych fizyków, którzy wysuwali odmienne hipotezy był Domenico Pacini (1978–1934). Jego zdaniem jonizacja następuje nie tylko pod wpływem ziemskich źródeł radioaktywnych, ale także źródeł, które znajdują się poza Ziemią. W opinii współczesnych badaczy jest on jednym z odkrywców promieniowania kosmicznego<sup>9</sup>.

W opracowaniach popularno-naukowych a nawet w specjalistycznych historycznych odkrycie promieniowania kosmicznego traktuje się jako jednostkowe wydarzenie, które możemy nie tylko ściśle określić w czasie, ale także powiązać z działalnością jednego człowieka. Najczęściej wymieniany jest jako odkrywca promieniowania kosmicznego austriacki fizyk Victor Hess (1883–1964). Opinia ta jest tak rozpowszechniona, że niedawno oddany do użytku teleskop promieniowania *gamma* w Namibii nosi akronim *HESS*<sup>10</sup> (*High Energy Stereoscopic System*), który można jednak czytać jako nazwisko „odkrywcy” promieniowania kosmicznego<sup>11</sup>.

Natura promieniowania kosmicznego przez dłuższy czas pozostawała zagadką, ale jedną z pierwszych, odkrytych jeszcze w okresie przed drugą wojną światową, właściwości promieniowania kosmicznego było to, iż zawierało komponentę promieniowania *gamma*. Robert Millikan, który rozpoczął badania nad promieniowaniem kosmicznym w 1922 r. twierdził, że składa się ono głównie z twardego promieniowania *gamma*<sup>12</sup>. Na przełomie lat dwudziestych i trzydziestych ubiegłego wieku problematyka promieniowania kosmicznego stała się tak modna, że liczba fizyków, którzy się nią zajmowali wzrosła dwudziestokrotnie. Dużym impulsem w rozwoju badań tego promieniowania był przełom w technice balonowej, który nastąpił w tym okresie<sup>13</sup>. Powtórzyła się sytuacja znana z wcześniejszego okresu w dziejach fizyki, kiedy to postęp teoretyczny był możliwy w wyniku postępu technicznego<sup>14</sup>.

W 1949 r. Jack Steinberger (1921–), pracujący na Uniwersytecie w Berkeley, odkrył neutralny pion, jedną z postulowanych już w roku 1935 przez japońskiego fizyka Hideki Yukawę (1907–1981) cząstek (mezony  $\pi$ ) mających wyjaśnić oddziaływania pomiędzy nukleonami<sup>15</sup>. Warto odnotować, że już w latach trzydziestych, ale także czterdziestych ubiegłego wieku główny wkład do fizyki cząstek elementarnych wniosły badania promieniowania kosmicznego. To właśnie w oddziaływaniach tego typu promieniowania z materią ziemską odkryto pierwsze cząstki, które nie były składnikami znanych atomów. Do takich cząstek należy zaliczyć odkryty (2 sierpnia 1932 r.) przez Carla D. Andersona (1905–1991) pozyton, ale także mezony i tzw. cząstki dziwne.

To właśnie w trakcie badań promieniowania kosmicznego z wykorzystaniem balonów oraz nowej metody, opracowanej przez Cecila Powella (1903–1969), rejestracji cząstek, tzw. klisz jądrowych<sup>16</sup> (grube emulsje fotograficzne), udało się odkryć Powellowi w 1947 r. przy współpracy z międzynarodowym zespołem fizyków (m.in. Giuseppe Occhialini 1907–1993, Cesare Lattes 1924–2005) naładowane mezony  $\pi$  (piony  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ). Już w następnym roku udało się wytworzyć te cząstki w akceleratorze na Uniwersytecie w Berkeley w procesie napromieniowania atomów węgla wysokoenergetycznymi cząstkami alfa. Za teoretyczną predykcję pionów Hideki Yukawa dostał Nagrodę Nobla z fizyki za rok 1949. Nagroda Nobla w roku następnym przypadła Cecilowi Powellowi za detekcję tych cząstek. Jack Steinberger dostał Nagrodę Nobla z fizyki za rok 1988 (razem z L. Ledermanem i M. Schwartzem) za opracowanie metody wiązek neutrin i wykazanie dubletowej struktury leptonów dzięki odkryciu neutrina mionowego. Metoda ta wykorzystywała piony, które rozpadały się na miony i neutrina. Odkrycia neutrina mionowego dokonano na przełomie lat 1961 i 1962 r. dzięki nowemu akceleratorowi protonów oraz potężnej tarczy o grubości 13 m, która została zrobiona z pociętego na złom pancernika USS „Missouri”. Głównym determinantem społeczno-technicznym tego odkrycia był szczytowy okres wyścigu zbrojeń.

Trzy lata po odkryciu neutralnego pionu inny fizyk japoński Satio Hayakawa (1923–1992) prognozował, że oddziaływanie promieniowania kosmicznego z międzygwiazdową materią (pyłem i gazem) powinno prowadzić do emisji promieniowania *gamma* w wyniku rozpadu neutralnych pionów<sup>17</sup>. Zgodnie z teorią mezonów neutralny mezon  $\pi^0$  powinien rozpadać się na dwa kwanty promieniowania *gamma* lub na elektron, pozyton i jeden kwant promieniowania *gamma*. Ta praca teoretyczna zogniskowała uwagę astrofizyków na kosmicznych źródłach promieniowania *gamma*.

W słynnej pracy, która ukazała się w kilka tygodni po zorganizowanej w Watykanie konferencji naukowej poświęconej ówczesznie najbardziej spektakularnym odkryciom w astrofizyce, Philip Morrison oszacował wielkość strumienia promieniowania *gamma* pochodzącego od teoretycznie możliwych kosmicznych źródeł tego promieniowania. W tym samym czasie (20 marca 1958 r.) zostały zaobserwowane błyski promieniowania *gamma* towarzyszące słonecznym protuberancjom drugiej klasy<sup>18</sup>. Nic dziwnego, że współcześnie genezę astronomii promieniowania *gamma* kojarzy się właśnie z artykułem Philipa Morrisona. W tym tekście Morrison podał procesy fizyczne zachodzące w kosmosie, które mogły prowadzić do emisji promieniowania *gamma* i to zarazem dla widma dyskretnego, jak i ciągłego<sup>19</sup>. Wcześniej od Morrisona o możliwych kosmicznych źródłach promieniowania pisali także inni fizycy<sup>20</sup>, zwłaszcza Eugene Feenberg (1906–1977) i Henry Primakoff (1914–1983). W późniejszym okresie problematyka ta zainteresowała także kana-

dyjskiego astrofizyka Stirlinga Colgate'a (1925–2005), którego pracę na ten temat zauważyli odkrywcy kosmicznych rozbłysków promieniowania *gamma*<sup>21</sup>.

## 2. DETEKcje KOSMICZNYCH ŹRÓDEł PROMIENIOWANIA GAMMA

Zgodnie z wiedzą astrofizyczną z okresu przelomu raketowo-satelitarnego<sup>22</sup> oczekiwano, że w kosmosie zostaną odkryte źródła promieniowania *gamma*, gdyż takie promieniowanie było odbierane jako składowa promieniowania kosmicznego. Z teoretycznego punktu widzenia oczekiwano, że promieniowanie *gamma* powinno być emitowane przez niektóre znane ówczesznie obiekty, m.in. przez pozostałości po gwiazdach supernowych. Nie były jednak formułowane prognozy dotyczące szczegółowej charakterystyki tego promieniowania. W szczególności nie oczekiwano bardzo silnych i krótkich impulsów tego promieniowania. Takie błyski promieniowania jonizującego, którego głównym składnikiem jest promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie *gamma* pojawiały się natomiast w czasie eksplozji bomby atomowej. Impulsy takie były bardzo silne, gdyż aż 5 % energii wybuchu jest uwalniana w postaci promieniowania jonizującego, którego istotnym składnikiem jest promieniowanie *gamma*. Charakterystyczna sygnatura tego promieniowania zbadana w licznych próbnym eksplozjach była łatwo wykrywalnym sygnałem detonacji bomby jądrowej. Początkowo budowano satelitarne obserwatoria promieniowania *gamma* bez związku z możliwością obserwacji rozbłysków tego promieniowania z kosmosu.

Pierwsze orbitalne obserwatorium – Explorer 11 – dedykowane obserwacjom promieniowania *gamma* o energii powyżej 100 MeV, zostało wyniesione na orbitę okołoziemską już 27 kwietnia 1961 r. W czasie 23 dni i 9 godzin trwania misji zarejestrowało jednak niewiele zjawisk z udziałem promieniowania *gamma*, które tworzyły tylko rodzaj tła bez możliwości wyróżnienia w nim dyskretnych obiektów. Wyniki nie były żadnym zaskoczeniem dla astrofizyków, gdyż oczekiwano, że tego typu promieniowanie *gamma* powinno pojawić się w związku z oddziaływaniem promieniowania kosmicznego z materią międzygwiazdową znajdującym się w stanie gazowym. Jednakże intensywność zarejestrowanego promieniowania *gamma* było około dwa rzędy wielkości większa niż predykcje oparte na schemacie teoretycznym rozpadu pionu  $\pi^0$  w trakcie oddziaływania promieniowania kosmicznego z międzygwiazdowym wodorem<sup>23</sup>.

Eksperymentalne dowody istnienia pozaziemskich źródeł niskoenergetycznego (1 MeV) promieniowania *gamma* zostały dostarczone (1962) przez zespół badaczy opracowujących dane pochodzące z sondy kosmicznej *Ranger 3*, która była jedną z wielu nieudanych misji badających Księżyc w celu przygotowania załogowego lotu na Księżyc<sup>24</sup>. Na pokładzie tej sondy obok innych instrumentów znajdował się detektor promieniowania *gamma* (ukośny kryształ jodku cezu

z scyntylatorem i fotopowielaczem), który dostarczył danych potwierdzających wnioski z obserwacji prowadzonych za pomocą balonów stratosferycznych i rakiet<sup>25</sup>.

Kolejne obserwatorium satelitarne – *Orbiting Solar Observatory 3* (OSO-3) – z serii obserwatoriów przeznaczonych do badania Słońca w zakresie promieniowania nadfioletowego, rentgenowskiego, i promieniowania *gamma*, w dużej mierze wykorzystujące doświadczenia misji *Explorera 11*, zostało wystrzelone 8 marca 1967 r. Znajdujące się na pokładzie satelity detektory promieniowania *gamma* zarejestrowały w ciągu 16 miesięcy obserwacji 621 zderzeń z fotonami promieniowania *gamma* o energii powyżej 50 MeV. Obserwacje te zostały zinterpretowane w ten sposób, że zostało potwierdzone istnienie anizotropowego wewnątrzgalaktycznego źródła promieniowania *gamma*, w płaszczyźnie równikowej Drogi Mlecznej z koncentracją w kierunku gwiazdozbioru Strzelca, czyli centrum naszej galaktyki oraz izotropowego tła. Obserwatorium to dostarczyło empirycznych dowodów istnienia nie tylko galaktycznych, ale także pozagalaktycznych źródeł promieniowania *gamma*<sup>26</sup>. Jednakże rozdzielczość kątowna tych obserwacji nie pozwalała na identyfikację źródła tych zderzeń.

Niewielki postęp poznawczy został osiągnięty także dzięki kolejnym satelitarnym obserwatorium dedykowanym astronomii promieniowania *gamma*. Mały satelita astronomiczny (*Small Astronomy Satellite /SAS-2/*) został wystrzelony 15 listopada 1972 r., ale jego misja trwała krótko (około siedmiu miesięcy) i w dodatku w miarę upływu czasu czułość aparatury pomiarowej znacznie się zmniejszyła. Głównym detektorem promieniowania *gamma* była komora iskrowa, której parametry robocze znacznie się pogorszyły w trakcie misji. Satelita umieszczony był na niskiej orbicie (610–440 km), co również pogarszało warunki obserwacji. W efekcie udało się zebrać zaledwie 13 056 fotonów promieniowania *gamma* o energii powyżej 35 MeV, co z grubsza odpowiada liczbie fotonów światła widzialnego jakie rejestruje ludzkie oko w ciągu jednej sekundy obserwując gwiazdę o jasności 5 magnitudo. Jednakże potwierdzona została emisja promieniowania *gamma* z płaszczyzny Drogi Mlecznej oraz z takich pojedynczych obiektów jak pulsar w mgławicy Krab oraz pulsar w gwiazdozbiorze Żagla, a także z obszaru zwanego *pasem Goulda*, w którym znajdują się bardzo jasne gwiazdy<sup>27</sup>. Nowe możliwości poznawcze w tym zakresie otworzyły się jednak głównie w związku z wyścigiem zbrojeń między głównymi światowymi mocarstwami<sup>28</sup>.

Konstrukcja broni jądrowej, najpierw przez USA a później przez ZSRR i inne państwa, doprowadziła do licznych eksperymentów, których skutkiem było coraz większe skażenie opadem substancji radioaktywnych. Tylko największe mocarstwa w latach 1945–1958 zdołały te bronie zdetonować odpowiednio: USA – 48 Mt w 156 eksplozjach, ZSRR – 21 Mt w 52 eksplozjach i Wielka Brytania – 18 Mt w 21 eksplozjach. Narastająca świadomość globalnego zagrożenia doprowadziła do podpisania tzw. Traktatu Moskiewskiego<sup>29</sup>, zgodnie

z którym (art. I, pkt 1a, b) zakazywano prób jądrowych „[...] w atmosferze; poza jej granicami, włącznie z przestrzenią kosmiczną; pod wodą, włącznie z wodami terytorialnymi i pełnym morzem; i w jakimkolwiek innym środowisku, jeśli tego rodzaju eksplozja powoduje przedostawanie się opadów radioaktywnych poza zasięg granic terytorialnych państwa, pod którego jurysdykcją lub kontrolą dokonuje się takiej eksplozji”. Dopuszczono jedynie próby podziemne. Przede wszystkim obawiano się, że ZSRR będzie w stanie dokonać próbnej eksplozji jądrowej w kosmosie. Rozważano możliwości dokonania przez ZSRR takiej próby na ciemnej stronie Księżyca, gdyż USA w tym okresie dysponowały technicznymi środkami pozwalającymi na realizację takiego eksperymentu<sup>30</sup>. Dlatego dotychczasowe metody kontroli prób jądrowych polegające na pobieraniu próbek powietrza oraz szczegółowej analizie danych z sejsmografów okazywały się niewystarczające. Jak się okazało z perspektywy późniejszych wydarzeń wyścig zbrojeń, zwłaszcza zaś program *VELA*, który miał nadzorować postanowienia Traktatu Moskiewskiego<sup>31</sup> doprowadził do przełomu w badaniu kosmicznych źródeł promieniowania *gamma*. Szybko rozwijająca się technika satelitarna umożliwiła nie tylko kontrolę postanowień traktatu z kosmosu, ale także odkrycie rozbłysków promieniowania *gamma*.

Pierwsze dwa satelity znane jako *Vela 1* zostały wystrzelone 16 października 1963 r. (*Vela 2* – 17 lipca 1964 r.) i były odpowiedzią na grupę satelitarnych detektorów promieniowania *gamma* umieszczonych w przestrzeni kosmicznej przez ZSRR dwa miesiące wcześniej<sup>32</sup>. Satelity programu *VELA* były umieszczane parami na wysokich orbitach, znajdujących się powyżej pasów *van Allena*, w odległości wynoszącej około  $\frac{1}{3}$  dystansu dzielącego Ziemię od Księżyca. Każdy z pary identycznych satelitów był usytuowany naprzeciw swego odpowiednika w ten sposób, aby mogła być równocześnie monitorowana cała powierzchnia Ziemi. Na pokładach tych kosmicznych sond znajdowały się detektory promieniowania rentgenowskiego, promieniowania *gamma* oraz detektory neutronów. Docelowo miało być umieszczonych w przestrzeni kosmicznej sześć par takich satelitów. Detektory promieniowania *gamma* umieszczone na tych satelitach wykorzystywały znaną już wcześniej technologię budowania scyntylatorów z jodku cezu. Na każdym z satelitów *Vela 5* i *Vela 6* znajdowało się sześć takich scyntylatorów o pojemności 10 cm<sup>3</sup>. Były one osłonięte przed oddziaływaniem elektronów o energii poniżej 0,75 MeV i protonów o energii poniżej 20 MeV. Kolejne pary satelitów były wyposażane w coraz bardziej precyzyjne instrumentarium pozwalające rejestrować dane, których analiza prowadziła do wyznaczenia kierunku w przestrzeni, z którego dochodziło promieniowanie. Pierwotnie obserwacje zostały podzielone na 32 sekundowe odcinki czasowe (rozdzielczość czasowa), w których zliczano poszczególne fotony promieniowania *gamma* i promieniowania *X*. Jeżeli odnotowano przyjście np. 6 fotonów promieniowania w tym czasie, to nie było wiadomo, czy przyszły one

razem, czy też zostały zsumowane w tym czasie. Później znacznie poprawiono rozdzielczość czasową, co przekładało się na bardziej precyzyjne określenie kierunku promieniowania. Już satelity *Vela 3* umieszczone na orbicie 25 lipca 1965 r. miały poprawioną rozdzielczość czasową 60 razy, zaś satelity *Vela 4* jeszcze cztery razy lepszą niż *Vela 3*. Jednakże rozdzielczość kątowna (około 10 stopni) w ten sposób ustalona była o wiele za mała by móc próbować identyfikować kosmiczne źródła promieniowania *gamma*. Jednak można było wykluczyć, że źródłem tych rozbłysków było Słońce, a także odrzucić tezę o ich ziemskim pochodzeniu<sup>33</sup>.

Obok realizacji celów wojskowych satelity były wykorzystywane do poszukiwania błysków promieniowania *gamma* w okresie pojawienia się gwiazd supernowych, ale poszukiwania te zakończyły się niepowodzeniem. Analiza danych przeprowadzona przez zespół uczonych pod kierownictwem Raya Klebesadela<sup>34</sup> w dłuższym okresie czasu (od lipca 1969 do lipca 1972 r.), zgromadzonych za pomocą satelitów *Vela 5A* i *Vela 5B* oraz *Vela 6A* i *Vela 6B* umieszczonych na prawie kołowej orbicie o promieniu 120 tys. km, ujawniła jednakże 16 rozbłysków *gamma* o energii fotonów od 0,2 do 1,5 MeV, które miały jednak pochodzenie nie tylko pozaziemskie, ale także pozasłoneczne<sup>35</sup>. Czas trwania zarejestrowanych rozbłysków promieniowania *gamma* mieścił się w zakresie od mniej niż 0,1 s. do około 30 s. Nie było jednak korelacji czasowej z pojawieniem się gwiazd nowych i supernowych. Natura tych zjawisk pozostała zatem zagadką.

Sześćoletnie opóźnienie publikacji o odkryciu w stosunku do pierwszych obserwacji, jak twierdzą niektórzy historycy astrofizyki, nie było spowodowane względami zachowania tajemnicy wojskowej, ale raczej potrzebą upewnienia się, że obserwowane rozbłyski rzeczywiście pochodzą od pozaziemskich źródeł<sup>36</sup>. Nie można jednak nie zauważyć, że pewność identyfikacji źródeł promieniowania *gamma* była tak pożądana w związku z wojskowym charakterem programu *Vela*. Przede wszystkim należało wykluczyć, że obserwowany rozbłyski mogły mieć coś wspólnego z eksperymentami z bronią jądrową na Ziemi i w kosmosie.

## ZAKOŃCZENIE

Z uwagi na ograniczoną objętość artykułu nie zostały wystarczająco szczegółowo opracowane zagadnienia techniczne związane z konstrukcją detektorów promieniowania *gamma*. Bardzo dynamiczny rozwój tego instrumentarium astronomii promieniowania *gamma* był związany przede wszystkim z nowymi możliwościami technicznymi jaki stworzył rozwój elektroniki. Szybki postęp w dziedzinie techniki półprzewodnikowej był stymulowany wyścigiem zbrojeń,

ale także coraz szybciej rozwijającym się rynkiem urządzeń elektronicznych tworzonych na potrzeby cywilne. Zagadnienia te mogą się stać przedmiotem oddzielnych opracowań.

Z podjętych w artykule zagadnień wyłania się obraz nauki głęboko uwikłanej nie tylko w technikę, ale także w liczne konteksty społeczne, których wyrazem jest poziom finansowania badań naukowych. Paradoksalnie realizacja celów militarnych, które na ogół znajdują łatwiejszą ścieżkę finansowania, prowadzi do ważnych odkryć naukowych. Odkrycie kosmicznych źródeł promieniowania *gamma* jest dobrym przykładem ilustrującym tezę o braku radykalnej opozycji między celami militarnymi i ściśle poznawczymi (naukowymi).

### Przypisy

<sup>1</sup> Pierwszą wzmianką o tym odkryciu był artykuł R. W. Klebesadel, I. B. Strong, R. A. Olson: *Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin*, „The Astrophysical Journal” 182 (1973), s. 85–88, w którym uczeni z Laboratorium Naukowego w Los Alamos zajmujący się opracowaniem danych pochodzących od satelitów szpiegowskich realizujących program VELA informowali o odkryciu szesnastu rozbłysków promieniowania *gamma* w okresie trzech lat (od lipca 1969 do lipca 1972). W tym samym roku w czasopiśmie „The Astrophysical Journal” ukazały się jeszcze dwa artykuły na ten temat: T. L. Cliné, U. D. Desai, R. W. Klebesadel, I. B. Strong: *Energy Spectra of Cosmic Gamma-Ray Bursts*, „The Astrophysical Journal” 185 (1973), s. 1–5; W. A. Wheaton, et al.: *The Direction and Spectral Variability of a Cosmic Gamma-Ray Burst*, „The Astrophysical Journal” 185 (1973), s. 57–61, które donosiły o potwierdzeniu tego odkrycia przez inne zespoły badawcze (NASA/Goddard Space Flight Center). Warto także zauważyć, że w 2012 r. minęło równo sto lat od konwencjonalnie przyjętej daty odkrycia promieniowania kosmicznego (7 VIII 1912 r.), które bardzo ściśle jest związane z odkryciem rozbłysków promieniowania *gamma*. Należy jednak mieć na uwadze to, że eksperymentalne dowody istnienia pozaziemskich źródeł promieniowania *gamma* pojawiały się sukcesywnie i informacja o odkryciu rozbłysków tego promieniowania była tylko kolejnym świadectwem paralelności zachodzącej pomiędzy zjawiskami fizycznymi badanymi na ziemi i w kosmosie.

<sup>2</sup> L. W. Zacher: *Wprowadzenie* [w:] L. Zacher (red.): *Nauka, technika, społeczeństwo. Podejścia i koncepcje metodologiczne, wyzwania innowacyjne i ewaluacyjne*, Warszawa: Poltext 2012, s. 7–11.

<sup>3</sup> W krótkim, dwustronicowym artykule Villard donosił, że „la partie non-déviante de l'émission du radium continent des radiations très pénétrantes [...]”. Przede wszystkim jednak dowodził, że nowy rodzaj promieniowania jest bardzo podobny do promieniowania katodowego emitowanego z rury Crookesa. P. Villard: *Sur la réflexion et la réfraction des rayons cathodiques et des rayons déviants du radium*, „Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences” 130 (1900), 1012. Tłumaczenie na j. angielski

tej historycznej pracy można znaleźć w H. A. Borse, L. Motz (eds.): *The World of the Atom*, New York-London, 1966, t. 1, s. 446–447.

<sup>4</sup> Więcej szczegółów na temat tego odkrycia podaje Leif Gerward w pracy: *Paul Villard and his Discovery of Gamma Rays*, „Physics in Perspective” 1 (1999), s. 367–383.

<sup>5</sup> Por. T. J. Trenn: *Rutherford on the Alpha-Beta-Gamma Classification of Radioactive Rays*, „Isis” 67 (1976), s. 61–75. Jest to bardzo instruktywny tekst poświęcony pracom Rutherforda nad nowymi rodzajami promieniowania.

<sup>6</sup> Propozycja ta została opublikowana w lutym 1903 r. Por. E. Rutherford: *The Magnetic and Electric Deviation of Easily Absorbed Rays from Radium*, „Philosophical Magazine” 5 (1903), 177 ale tekst artykułu nosi datę 10 listopada 1902 r. W artykule podane są szczegółowe charakterystyki poszczególnych rodzajów promieniowania wskazujące na zachodzące między nimi różnice. Przede wszystkim podany jest zasięg promieniowania *alfa*, *beta* i *gamma* w aluminiowej osłonie. Rutherford podaje, że dla promieniowania *alfa* jest to tylko 0,005 milimetra, dla promieniowania *beta* 0,5 milimetra a dla promieniowania *gamma* aż 8 centymetrów. W konkluzjach tego artykułu szczegółowo rozpisuje się na temat własności promieniowania *alfa* i *beta*, ale nie ma nic do powiedzenia na temat oddziaływania promieniowania *gamma* z materia.

<sup>7</sup> Zakrawa na paradoks, jak zauważa Trenn, iż Rutherford pierwotnie błędnie dostrzegał podobieństwo między promieniowaniem *alfa* i *beta* a promieniowaniem rentgenowskim, ale nie dostrzegał tego podobieństwa między promieniowaniem X a promieniowaniem *gamma*. T. Trenn: *Rutherford on the Alpha-Beta-Gamma Classification...*, s. 71.

<sup>8</sup> O. Richardson: *The Electron Theory of Matter*, Cambridge: Cambridge University Press 1914, s. 481–482. Współcześnie ostatnie z opisanych przez Richardsona zjawisk nosi nazwę *efektu Comptona*, ale zamiast o zderzeniu korpuskuł promieniowania z tarczą mówi się o rozpraszaniu promieniowania rentgenowskiego na swobodnych lub słabo związanych elektronach tarczy. Zjawisko to ugruntowało dualizm korpuskularno-falowy, gdyż z jednej strony promieniowanie rentgenowskie ma własności podobne do światła widzialnego, zaś z drugiej ukazuje tutaj wyraźnie korpuskularny (kwantowy) charakter.

<sup>9</sup> Por. m.in. A. De Angelis, et al.: *Domenico Pacini, pioniere dimenticato della scoperta dei raggi cosmici*, „Nuovo Saggiatore” 24 (2008), s. 70–74. Należy jednak zauważyć, że dopiero od niedawna została dostrzeżona rola tego włoskiego fizyka w odkryciu promieniowania *gamma*. Znamiennym przykładem jest to, iż w znanej monografii (A. K. Wróblewski: *Historii fizyki*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN 2006) nie ma ani jednej wzmianki o Domenicu Pacinim. Także w wielu współczesnych specjalistycznych opracowaniach poświęconych odkryciu promieniowania kosmicznego postać włoskiego fizyka również nie występuje. Por. m.in. Ch. Ziegler: *Technology and the Process of Scientific Discovery: The Case of Cosmic Rays*, „Technology and Culture” 30 (1989), s. 939–963. Rolę Pacciniego w odkryciu promieniowania kosmicznego dostrzegają głównie włoscy badacze, m.in. Alessandro De Angelis i Lorenzo Marafatto. Nie są to zawodowi historycy nauki, ale fizycy. Alessandro De Angelis jest profesorem fizyki na Uniwersytecie w Udine i zarazem wybitnym spe-

cialistą w zakresie astrofizyki wysokich energii (astronomii promieniowania *gamma*). Lorenzo Marafatto jest także profesorem fizyki, ale na Uniwersytecie w Padwie. W tym kontekście warto polecić artykuł P. C a r l s o n, A. D e A n g e l i s: *Nationalism and internationalism in science: the case of the discovery of cosmic rays*, „European Physical Journal” H 35 (2010), s. 309–329. <http://arxiv.org/abs/1012.5068>, w którym rola Pacciniego w odkryciu promieniowania kosmicznego została bardzo kompetentnie zarysowana. Autorzy artykułu dochodzą do wniosku, że przyczyny niedoceniań roli Pacciniego w odkryciu promieniowania kosmicznego były złożone, ale głównie spowodowane było to powolnym obiegiem informacji naukowej połączonym z silnymi postawami nacjonalistycznymi.

<sup>10</sup> W roku 2012 (28 września) został oddany drugi teleskop tego typu *HESS II*, który obecnie jest największym teleskopem promieniowania *gamma* wysokich energii (TeV) na świecie (do istniejących czterech teleskopów o średnicy zwierciadła 13 m każdy został dodany piąty teleskop o średnicy zwierciadła 24 m, ale powierzchni zbierającej 600 m<sup>2</sup>). Faktycznie lustra teleskopu zbierają jedynie, wtórne w stosunku do promieniowania *gamma*, tzw. promieniowanie Czerenkowa. Wśród 32 instytucji naukowych z dwunastu państw świata zarządzających tym teleskopem jest także Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN w Warszawie. Por. R. M o d e r s k i: *Inauguracja teleskopu H.E.S.S. II* <http://alf.ifj.edu.pl/wyd/other/inauguracjaHESSII.pdf>

<sup>11</sup> „Nazwa obserwatorium ma również uhonorować osobę Viktora Hessa, który w roku 1912 po raz pierwszy wysunął hipotezę istnienia promieniowania kosmicznego, opierając się na obserwacjach rozładowywania się elektroskopu w czasie lotu balonem na dużej wysokości”. Por. R. M o d e r s k i: *Obserwatorium HESS*, „Delta” 6 (2007), s. 4–6. Uściślając tę informację należy dodać, że Hess odbył łącznie 10 wypraw balonowych, ale przełomowe znaczenie miał lot balonem, który odbył się 7 sierpnia 1912 r. W czasie tego lotu balon wzniósł się na wysokość 5350 m i Hess mógł się przekonać, że szybkość rozładowywania się elektroskopu gwałtownie wzrosła po osiągnięciu tej wysokości. Na poziomie 5 km była dwukrotnie większa niż przy powierzchni Ziemi. Doprowadziło to Hessa do postawienia hipotezy o istnieniu promieniowania dochodzącego z kosmosu. Hipoteza ta została potwierdzona w 1913 r. przez Wernera Kolhörstera (1887–1946). Przełomowy charakter tej hipotezy spowodował, że z późniejszej perspektywy lot balonem z sierpnia 1912 r. urosł do wydarzenia równoznacznego z odkryciem promieniowania kosmicznego. W tamtych czasach nie było jednak nie tylko przekonujących danych wskazujących na naturę tego promieniowania, co wyrażało się m.in. w tym, że początkowo ten rodzaj promieniowania nazywano *promieniowaniem Hessa*, zaś sam „odkrywca” nazywał go *promieniowaniem ultra gamma* (*Ultragammapromienstrahlung*). Nie przyjęła się także nazwa *promieniowanie Millikana* zaproponowana przez amerykańską prasę, ale przyjęła się nazwa *promieniowanie kosmiczne* (*cosmic rays*) zaproponowana właśnie przez Roberta Millikana (1968–1953) przekonanego o fotonowym charakterze tego promieniowania. Pomimo obalenia tej hipotezy przez Arthura Comptona (1892–1962) historyczna nazwa, aczkolwiek myląca, pozostała. Por. A. K. W r ó b l e w s k i: *Historia fizyki...*, s. 494. Por. także M. L o n g a i r: *The Cosmic Century*, s. 132–134, gdzie można znaleźć dalsze szczegóły dotyczące tego odkrycia.

<sup>12</sup> W połowie lat trzydziestych ubiegłego wieku w wyniku badań Clay a, Comptona, Kolhörstera i Comptona ustalono, że promieniowanie kosmiczne docierające do powierzchni Ziemi składa się głównie z wysokoenergetycznych naładowanych cząstek, głównie protonów, elektronów i pozytonów, zaś w strumieniu tego promieniowania docierającego do górnych warstw atmosfery jednym z głównych składników są cząstki *alfa*. Promieniowanie *gamma* powstaje przede wszystkim wskutek reakcji pierwotnego promieniowania kosmicznego z atomami pierwiastków tworzących ziemską atmosferę. Por. A. C o m p t o n: *The Composition of Cosmic Rays*, „Proceedings of the American Philosophical Society” 75 (1935), s. 251–274.

<sup>13</sup> Jak podają historycy tego zagadnienia dopiero w latach 30. XX w. nastąpił przełom w obserwacjach astronomicznych wykorzystujących balony, aczkolwiek pierwsze takie obserwacje, prowadzone na wysokości około 6 km miały miejsce już w (22 marca) 1874 r. Lot (26 maja 1931 r.) Augusta Picarda (1884–1962) z Paulem Kipferem udowodnił, że balonem można wznieść się aż do stratosfery. Por. D. D e V o r k i n: *Race to the Stratosphere: Manned Scientific Ballooning in America*, New York: Springer Verlag 1989, s. 10. Warto jednak zauważyć rosnące koszty takich przedsięwzięć, które przekroczyły znacznie 10 tys. dolarów przy dość skromnym wyposażeniu naukowym ważącym niecałe 100 kg. Por. G. P f o t z e r: *History of the Use of Balloons in Scientific Experiments*, „Space Science Review” 13 (1972), s. 199–242.

<sup>14</sup> Dobrze udokumentowanym, już w klasycznych pracach z zakresu historii nauki i techniki, przykładem takiej zależności jest przypadek rozwoju teoretycznej koncepcji próżni pod wpływem sukcesów technicznych w zakresie budowy coraz bardziej wydajnych pomp. Por. R. F o r b e s, E. D i j k s t e r h u i s: *History of Science and Technology*, Baltimore, 1963, s. 201–202. Oczywiście zależność ta występuje nie tylko w rozwoju fizyki, ale także astronomii. Por. D. D e w h i r s t: *Observations and Instrument Makers in the 18th Century*, „Vistas in Astronomy” 1 (1955): s. 139–143.

<sup>15</sup> Por. A. K. W r ó b l e w s k i: *Historia fizyki...*, Warszawa WN PWN 2006, s. 507, 511, 521, 584, 586.

<sup>16</sup> Opracowanie wyników tego typu eksperymentów było bardzo pracochłonne, dlatego klisze rozdzielano różnym laboratoriom na świecie. Zatrudniano też, wzorem astronomów, kobiety, tzw. skanerki, które miały pod mikroskopem na kliszach rozpoznawać interesujące fizyków zdarzenia. To był jeden ze sposobów rozwoju współpracy międzynarodowej w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych oraz przyczyna rozrastania się zespołów badawczych realizujących coraz bardziej skomplikowane technicznie eksperymenty.

<sup>17</sup> Haykawa był nie tylko jednym z pionierów badań astrofizycznych zajmujących się m.in. pochodzeniem promieniowania kosmicznego. Uważany jest także – obok Philipa Morrisona – za ojca astronomii promieniowania *gamma*. Wspólnie z radioastronomem Takeo Hatanaką (1914–1963) budował ścisłe relacje między wspólnotami uczonych zajmujących się astronomią i fizyką, zwłaszcza fizyką cząstek elementarnych. Por. M. O d a: *Obituary – Hayakawa, Satio*, „Space Science Reviews”, 62 (1993), s. 1–2.

<sup>18</sup> Por. L. E. P e t e r s o n: *Pre-INTEGRAL History of Gamma-Ray Astronomy – A Personal View*, [w:] C. W i n k l e r, T. J.-L. C o u r v o i s i e r, Ph. D u r o u -

choux (eds.): *The Transparent Universe, Proceedings of the 2nd INTEGRAL Workshop held 16–20 September 1996*, St. Malo, France, European Space Agency 1997, s. 3–6.

<sup>19</sup> P. Morrison: *On gamma ray astronomy*, „*Il Nuovo Cimento*” 7 (1958), s. 858–865. W swoim artykule zauważa, że promieniowanie w zakresie optycznym nie niesie bezpośrednich informacji o bardzo energetycznych procesach zachodzących w kosmosie. Z kolei promieniowanie kosmiczne zawierające takie informacje nie pozwala wyznaczyć kierunku do obiektów, w których procesy te zachodzą. Dopiero promieniowanie *gamma*, które rozchodzi się po liniach prostych i nie jest odchylane przez pola magnetyczne przynosi nam informację o kierunkach do obiektów, w których zachodzą wysoko energetyczne procesy. Warto odnotować, że liczba cytowań tego artykułu systematycznie rośnie, ale łącznie do roku 2009 osiągnęła wartość tylko 33 cytowań.

<sup>20</sup> E. Feenberg, H. Primakoff: *Interaction of cosmic ray primaries with sunlight and starlight*. „*Physical Review*” 73, (1948): s. 449–469.

<sup>21</sup> S. Colgate: *Prompt gamma rays and X-rays from supernovae*, „*Canadian Journal of Physics*”, 46 (1968), s. 476–480. W historycznym artykule Klebesadela, Stronga i Olsona cytowany jest tylko artykuł Colgate’a oraz praca K. S. Thorne’a (*Gravitational Radiation from Collapsed Supernova Remnants*, [w:] A.G.W. Cameron, P.J. Branczisz, (ed.): *Supernovae and Their Remnants. Proceedings of the conference on supernovae*. New York: Gordon & Breach 1969. s. 165–174). Ta druga pozycja zawiera materiały z sympozjum, jakie odbyło się w należącym do NASA Instytucie Studiów Kosmicznych im. Roberta H. Goddarda w 1967 r. na temat gwiazd supernowych. Autorzy artykułu o odkryciu pozaziemskich rozbłysków promieniowania *gamma* cytują bardzo niedokładnie pracę K. S. Thorne’a. Nie podają nie tylko stron, ale nawet tytułu tego artykułu. Fakty te można interpretować w ten sposób, że także i w drugiej połowie XX wieku obieg informacji naukowej był spowolniony. Cytowane prace i ich autorzy byli na tyle dobrze znani autorom artykułu, że nie było potrzeby precyzyjnych zapisów bibliograficznych. W artykule znajdują się podziękowania skierowane m.in. do Stirlinga Colgate’a i Alistaira Camerona za inspirację do podjętych badań.

<sup>22</sup> W związku z przełomami technicznymi w cywilizacji w astronomii wyróżnia się sześć faz jej rozwoju tj. 1) przełom teleskopowy; 2) przełom fotograficzno-fotometryczny; 3) przełom spektroskopowy; 4) przełom radiowy; 5) przełom raketowy; 6) przełom satelitalny (por. A. Szczuciński: *Techniczne determinanty rozwoju nauk o Wszechświecie*, [w:] E. Pakszys, J. Such, J. Wiśniewski (red.): *Nauka w świetle współczesnej filozofii*, Warszawa: PWN 1992, s. 39–44). Jednakże z punktu widzenia dokonania astronomii promieniowania *gamma* należałoby wyróżnić jeszcze przełom balonowy. Z drugiej strony, tzw. przełom raketowy i satelitalny można połączyć, gdyż już we wczesnym okresie badań (1946) wykorzystujących niemieckie rakiety V2 udało się zespołowi Richarda Touseya (1908–1997) zarejestrować blokowane przez atmosferę części widma Słońca, których nie udawało się także zaobserwować nawet podczas najwyższych lotów balonowych. Przy pomocy raket V2, w ciągu 5 minutowych efektywnych obserwacji, po raz pierwszy zaobserwowano emisję promieniowania rentgenowskiego

ze Słońca. Prace zespołu Touseya interesowały nie tylko heliofizyków, ale także szerokie kręgi astronomów. Por. D. H. DeVorkin: *Science With a Vengeance: How the Military Created the US Space Sciences after World War II*, New York: Springer-Verlag 1992, s. 79, 239, 342.

<sup>23</sup> Misja kosmiczna trwała około siedmiu miesięcy, ale jedynie 3 % tego czasu zostało wykorzystanych na obserwacje naukowe głównie dlatego, że orbita satelity znajdowała się częściowo w obrębie tzw. pasów Van Allena (obszarów o podwyższonej radiacji), które zakłócały prowadzenie obserwacji. Były też pewne problemy z zasilaniem. Zarejestrowano 1012 zdarzeń z udziałem fotonów promieniowania *gamma*, ale tylko około 10 procent tych zdarzeń miało wartość naukową z uwagi na problemy z kalibracją przyrządów pomiarowych. Analiza danych pozwoliła uzyskać zdolność rozdzielczą przyrządów rejestrujących promieniowanie *gamma* około 5 stopni kątowych. Por. W. Kraushaar et al., *Explorer XI Experiment on Cosmic Gamma Rays*, „*The Astrophysical Journal*” 141 (1965), s. 845–864, gdzie zamieszczone są także zdjęcia tego satelity i podane są interesujące informacje dotyczące porównania wyników obserwacji satelitalnych promieniowania *gamma* i danych na temat tego promieniowania uzyskanych z aparatury umieszczonej na balonach.

<sup>24</sup> Nie zostały zrealizowane pierwotne założenia misji, zgodnie z którymi sonda miała uderzyć w powierzchnię Księżyca w celu zbadania aktywności sejsmicznej naszego satelity oraz przekazania zdjęć Księżyca zrobionych z bardzo bliskich odległości. Z powodu licznych błędów sonda znalazła się na trajektorii wokółsłonecznej i nie przesłała żadnych zdjęć, ale przesłała dane z detektora promieniowania *gamma*. Por. G. P. Kuiper: *The Lunar Surface and the U.S. Ranger Programme*. „*Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*”, 296 (1967), s. 399–417.

<sup>25</sup> Koszt całego programu Ranger wyniósł około 170 mln dolarów, co było sumą wielokrotnie przewyższającą koszty lotów balonów stratosferycznych, a także raket suborbitalnych. Ważne wyniki naukowe uzyskano w związku z planowaną wyprawą na Księżyc, która była także elementem tzw. zimnej wojny. Por. J. R. Arnold et al.: *Gamma rays in space, Ranger 3*, „*Journal of Geophysical Research*” 67 (1962), s. 4878–4880. Por. także G. Garmire, W. L. Kraushaar: *High Energy Cosmic Gamma Rays*, „*Space Science Reviews*”, 4 (1965), s. 123–146, gdzie autorzy piszą (6 listopada 1964 r.), że do tej pory nie potwierdzono istnienia wysokoenergetycznego (kilkanaście MeV) promieniowania *gamma* pochodzącego z kosmosu.

<sup>26</sup> Por. W. L. Kraushaar et al.: *High-Energy Cosmic Gamma-Ray Observations from the OSO-3 Satellite*. „*Astrophysical Journal*”, 177 (1972), s. 34–363. Autorzy artykułu potraktowali wyniki uzyskane przez OSO-3 m.in. jako potwierdzenie teoretycznych prac Feenberga, Primakoffa i Hayakawy. Por. także K. Pinkau: *History of gamma-ray telescopes and astronomy*, „*Experimental Astronomy*” 25 (2009), s. 157–171.

<sup>27</sup> Zdolność rozdzielcza tego obserwatorium, zwanego także *teleskopem promieniowania gamma SAS B* lub *Explorer 48*, była bardzo niewielka i wynosiła kilka stopni kątowych. Por. D. J. Thompson et al.: *Final SAS-2 gamma-ray results on sources in the galactic anticenter region*, „*Astrophysical Journal*”, 213 (1977), s. 252–262;



D. Helfand: *High-Energy Astronomy: 60 New Octaves of Discovery Space*, „Publications of the Astronomical Society of the Pacific” 113 (2001), s. 1159–1161.

<sup>28</sup> Jak zauważa Bolesław Orłowski istnieje „[...] pewna grupa ważnych cywilizacyjnych innowacji, które nie miałyby szans przebić się i upowszechnić »normalną« drogą, przede wszystkim z uwagi na koszty. Mogą one skorzystać z łatwiejszej »promocyjnej« ścieżki, o ile posiadają przydatność wojskową. [...] Dzieje się tak dlatego, że społeczeństwo rynkowe nie rozważa potrzeb wojennych, zarówno aktualnych jak i przyszłych, wyłącznie w oparciu o rachunek ekonomiczny”. B. Orłowski: *Powszechna historia techniki*, Warszawa: „Mówią wieki” 2010, s. 30. Uwaga ta dotyczy – jak sądzimy – nie tylko innowacji technicznych, ale także odkryć naukowych, które mogą pojawić się przy okazji realizacji celów wojskowych.

<sup>29</sup> Społeczno-polityczne okoliczności prowadzące do Traktatu Moskiewskiego zostały szczegółowo zrekonstruowane w artykule H. Jacobsa: *The Test-Ben Negotiations: Implications for the Future*. „Annals of the American Academy of Political Social Science” 351 (1964), s. 92–101.

<sup>30</sup> Robert S. McNamara (1916–2009) Sekretarz Obrony USA w latach 1961–1968 przyznał w rocznym raporcie za rok 1965, że Stany Zjednoczone znacznie wyprzedziły ZSRR w militarnym wykorzystaniu przestrzeni kosmicznej. Por. L. Schwartz: *Manned Orbiting Laboratory-for War or Peace?* „International Affairs” 43 (1967), s. 51–64/53/.

<sup>31</sup> Układ ten został rozszerzony cztery lata później głównie o zapis, zgodnie z którym zakazywano wprowadzania na orbity okołoziemskie satelitów mogących przenosić broń jądrową oraz inne rodzaje broni masowego rażenia. Rozszerzony Traktat został podpisany 27 stycznia 1967 r. przez przedstawicieli rządów Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Związku Radzieckiego, ale stał się prawomocny dopiero od 10 października 1967 r. Zgodnie z Traktatem Księżyc i inne ciała niebieskie mogą służyć wyłącznie do celów pokojowych. Pod koniec zimnej wojny były rozważane przez ZSRR próby obejścia Traktatu Moskiewskiego przez detonację jądrowych głowic bojowych w pobliżu Słońca. Por. R. Garwin: *National Security Space Policy*, „International Security” 11 (1987), s. 165–173 /169/.

<sup>32</sup> Por. W. Shelton: *The United States and the Soviet Union: Fourteen Years in Space*, „Russian Review” 30 (1971), s. 322–334 /327/. Warto jednak zauważyć, że program *VELA* był przygotowywany przez USA od kilku lat równoległe z negocjacjami prowadzonymi z ZSRR w sprawie ograniczania prób nuklearnych. Robert R. Wilson (1914 – 2000), który wcześniej był jednym z ważniejszych realizatorów programu *Manhattan* a później zajmował eksponowane stanowiska w Komisji Energii Atomowej kilka lat przed podpisaniem traktatu o ograniczeniu prób nuklearnych wskazywał na trudności identyfikacji podziemnych eksplozji nuklearnych małej mocy. Program *VELA* był przez niego zestawiany z programem *Plowshare*, który polegał na pokojowym wykorzystaniu ładunków jądrowych do prac inżynierskich o dużej skali. Por. R. Wilson: *The Need for the Early Resumption of Underground Nuclear Weapons Tests*. „Proceedings of the American Philosophical Society” 105 (1961), s. 206–208.

<sup>33</sup> Wiele szczegółów technicznych dotyczących tych satelitów można znaleźć m.in. w popularyzującej poszukiwania astronomów pracy Goverta Schillinga (ang. tłum. N.

Greenberg - Slovinn): *Flash! The hunt for the biggest explosion in the Universe*. New York: Cambridge University Press 2002, s. 12–18.

<sup>34</sup> Klebesadel nie miał wykształcenia astronomicznego. Studiował fizykę na Uniwersytecie w Wisconsin. Od roku 1960 pracował w *Los Alamos Laboratory* i od początku uczestniczył w programie *VELA*. Odkrycie rozbłysków promieniowania *gamma* spowodowało, że stał się bliskim współpracownikiem także społeczności naukowej astronomów.

<sup>35</sup> R. W. Klebesadel et al.: *Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin*, s. 85. Przypuszcza się, że już rozbłysk *gamma* z 2 lipca 1967 r., zarejestrowany za pomocą pary satelitów *Vela 4A* i *Vela 4B*, miał pochodzenie kosmiczne. Byłby to pierwszy zarejestrowany rozbłysk promieniowania *gamma* pochodzący od kosmicznego źródła.

<sup>36</sup> Por. M. Longair: *The Cosmic Century...*, s. 300.

Zenon Roskal

#### SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DETERMINANTS OF THE DISCOVERY OF COSMIC GAMMA RADIATION

The paper deals with the problem of technical and social conditions of scientific discovery. Exemplified by the discovery of cosmic gamma radiation, the role of development of technology in founding of new branches of astronomy (gamma-ray astronomy) is here presented. Some important social factors, which significantly accelerated the formation of the gamma-ray astronomy, were also recognized in the paper. Above all, however, the concept of scientific discovery was supported in the paper – a concept of a scientific discovery as a multi-threaded, technical and social project which, due to its complexity and phasality, is not subject to reconstruction as a simple event to which we may assign authorship of a particular person or accurately determine the coordinates of the time. Modern science is, among others, characterized by the fact that any research projects taken up within its framework are highly complex and require cooperation of not only scholars from different research and scientific centers, but also engineers and technicians whose contribution to scientific discovery is comparable to the contribution of the scholars themselves.