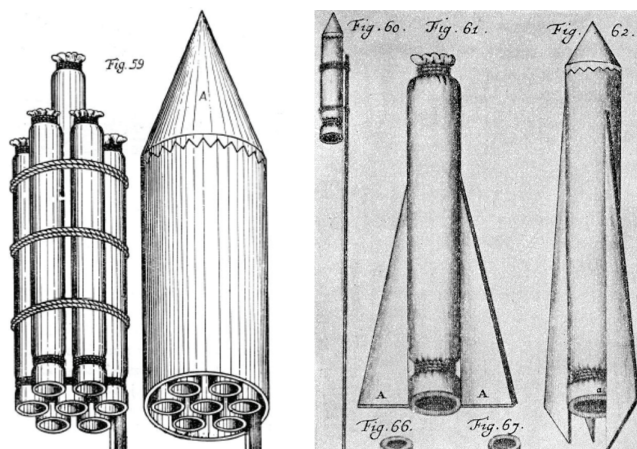


PIOTR WOLAŃSKI<sup>1</sup>, MAREK BANASZKIEWICZ<sup>2</sup>, ZBIGNIEW KŁOS<sup>2</sup>,  
 JANUSZ ZIÓLKOWSKI<sup>3</sup>, ANDRZEJ ZDZIARSKI<sup>3</sup>

## Udział Polski w badaniach kosmicznych

### Wprowadzenie

Kosmos zawsze fascynował ludzi, w przeszłości Słońce, Księżyc i gwiazdy były przedmiotem kultów religijnych, lecz w miarę poznawania otaczającego nas świata ludzkość odkrywała kolejne tajemnice. Mikołaj Kopernik jako pierwszy zrozumiał porządek istniejący w Układzie Słonecznym, Jan Heweliusz w XVII wieku za pomocą zbudowanego przez siebie teleskopu badał Księżyc, a w tym samym wieku Kazimierz Siemienowicz zaproponował budowę rakiet wielostopniowych, ich stabilizację za pomocą stateczników aerodynamicznych oraz budowę wiązek rakiet, dla zwiększenia ładunku transportowanego przez te rakiety (ryc. 1), zaś w XIX wieku generał Józef Bem doskonał konstrukcję rakiet.



Ryc. 1. Idee Kazimierza Siemienowicza z 1650 r. Rakieta wielostopniowa, wiązka rakiet oraz rakiety stabilizowane statecznikami aerodynamicznymi [1]

W XIX wieku Ignacy Łukasiewicz otrzymał naftę z ropy naftowej, a Karol Stanisław Olszewski i Zygmunt Wróblewski jako pierwsi uzyskali ciekły tlen. Na początku XX wie-

Prof. dr hab. Piotr Wolański, Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN; 1 – Politechnika Warszawska; 2 – Centrum Badań Kosmicznych PAN; 3 – Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN

ku Franciszek A. Uliński opracowywał projekty statku międzyplanetarnego. Niewiele osób wie, że idee Kazimierza Siemienowicza oraz osiągnięcia Ignacego Łukasiewicza, Karola Stanisława Olszewskiego i Zygmunta Wróblewskiego zostały wykorzystane w rakiecie, która 51 lat temu wyniosła na orbitę Ziemi pierwszego sztucznego satelitę – „Sputnika-1”. „Siedmiorka”, bo tak się nazywała, była rakieta wielostopniową, w pierwszym stopniu złożoną z wiązki pięciu podobnych raket i dodatkowo wyposażoną w stabilizatory aerodynamiczne (do stabilizacji lotu w atmosferze), a wszystkie jej silniki raketowe były napędzane mieszaniną nafty i ciekłego tlenu.

Start pierwszego sztucznego satelity Ziemi zapoczątkował gwałtowne przyspieszenie badań naukowych i rozwój nowoczesnych technologii. Od tego czasu wyniesiono w kosmos około 5 tys. satelitów i sond kosmicznych. Ludzie ciągle przebywają w kosmosie, a dwunastu astronautów pracowało na powierzchni Księżyca. Próbniki typu „Pionier” i „Voyager” docierają już do granic Układu Słonecznego. Polskie przyrządy nie tylko badały Słońce i otaczającą nas przestrzeń okołozemską, lecz także Marsa i Wenus, powierzchnię księżyca Saturna – Tytana. Znajdują się również na pokładzie sondy „Rosetta” w drodze do komety Czurumov-Gerasimienko i będą za parę lat prowadziły jej badania.

W pracy tej, a także w następnych artykułach przedstawiony zostanie wkład Polski w badania kosmiczne oraz wykorzystywanie tych technik do lepszego poznania Ziemi i otaczającej jej przestrzeni.

### **Pierwsze prace**

Jeszcze przed wystrzeleniem pierwszego sztucznego satelity, w 1956 r., z inicjatywy prof. K. Zarankiewicza, utworzone zostało Polskie Towarzystwo Astronautyczne. Również w 1956 r., przy ONZ powołano do życia Komitet do spraw Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej. W pracach tego Komitetu od 1959 r. Polska uczestniczy jako członek pełnoprawny. W latach 1958-1959 powstaje COSPAR – Komitet ds. Badań Przestrzeni Kosmicznej, w którego pracach od początku uczestniczyła Polska, mając w biurze tej instytucji swego przedstawiciela, którym był Włodzimierz Zonn. W 1963 r. z jego inicjatywy zorganizowano w Warszawie Światowy Kongres COSPAR, a w 1964 r. Kongres Międzynarodowej Federacji Astronautycznej (IAF). W 1968 r. powołano przy Prezydium PAN Komitet ds. Badań i Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej, który w późniejszym okresie (po przekształceniach) od 1990 r. do dnia dzisiejszego działa pod nazwą Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN.

### **Prace w zakresie techniki raketowej**

W latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku w Instytucie Lotnictwa intensywnie rozwijano techniki raketowe. Zostały wtedy opracowane balistyczne i przeciwpancerne

pociski raketowe (ryc. 2). Niewiele osób wie, że w tym czasie mogła być zbudowana w Polsce rakiet kosmiczna oparta na podstawie opracowanych pocisków raketowych. Polska mogła stać się trzecim krajem, który za pomocą własnej rakiety mógł wysłać w kosmos sztuczny satelitę ziemi. Nie było jednak takiej woli politycznej, program raketowy w większości został zamknięty, a uzyskane doświadczenia zostały wykorzystane jedynie w programie budowy rakiet meteorologicznych.



Rys. 2. Próba poligonowa rakiety balistycznej opracowanej w Instytucie Lotnictwa (zdjęcie Instytut Lotnictwa)

W latach 1965-1973 rozpoczęto w naszym kraju systematyczny sondaż atmosfery przy użyciu rakiet własnej konstrukcji serii „Meteor”. Rakiety wynoszone na wysokości od 30 do 100 km umożliwiały, dzięki aparaturze pomiarowo-badawczej umieszczonej w odzyskiwanych głowicach, dokonanie pomiarów górnych wiatrów, zmian temperatur i innych właściwości atmosfery, istniejących na „przedprożu” kosmosu. Sondáže prowadzono dla potrzeb Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego.



Ryc. 3. Rakiet „Meteor-2” zbudowana w Instytucie Lotnictwa (zdjęcie Instytut Lotnictwa)

Program budowy rakiet meteorologicznych zapoczątkowany przez prof. Jacka Walczewskiego z krakowskiego oddziału Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, gdzie

w 1957 r. przeprowadzono pierwszy start rakiety meteorologicznej RM-1, wykonanej przez Sekcję Techniczną Krakowskiego oddziału PTA i Komórkę Techniki Raketowej i Fizyki Atmosfery AGH w Krakowie. Natomiast twórcami rakiet z serii „Meteor” byli Jacek Walczewski i Jerzy Harażny, a budowę rakiet i wyposażenia realizował Instytut Lotnictwa w Warszawie. W sumie wystrzelono około dwustu rakiet meteorologicznych, z których rakiety z serii „Meteor-2” przekroczyły pułap 100 km (ryc. 3).

Badania nad technikami raketowymi zostały w Polsce przerwane na polecenie ZSRR, który przypisał sobie monopol na ich rozwijanie w bloku wschodnim. Rozpoczęte przez sondaż raketowe badania atmosfery zostały rozwinięte w krakowskim oddziale IMiGW, gdzie od ponad 40 lat wykorzystuje się techniki satelitarne do wspomagania przewidywania pogody w naszym kraju [3].

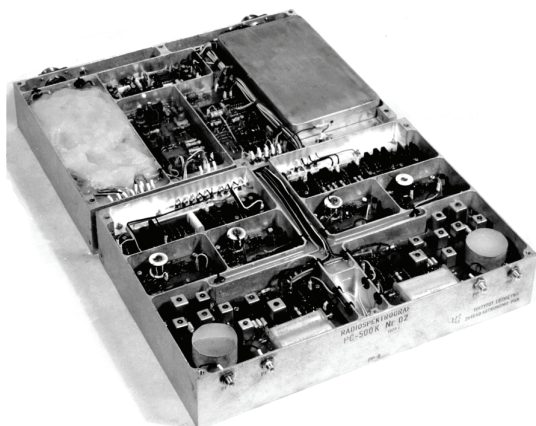
Również pionierskie prace w zakresie techniki raketowej prowadzono między innymi w Politechnice Warszawskiej w Katedrze Sprzętu Mechanicznego pod kierunkiem prof. Zbigniewa Pączkowskiego, jak również w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej w Zakładzie Techniki Raketowej pod kierunkiem prof. Wiesława Chrzanowskiego.

### **Badania kosmiczne**

W 1967 r. Polska została partnerem międzynarodowego programu (krajów tzw. wspólnoty socjalistycznej) Interkosmos. Wykorzystując istniejące możliwości, przeprowadzono w końcu 1970 r. doświadczenie heliofizyczne. Aparaturę – blok kamer *obscura* – umieszczono w głowicy radzieckiej rakiety badawczej „Wertikal 1”. Aparaturę przygotował zespół pracujący pod kierunkiem prof. Jana Mergentalera. Było to pierwsze w historii polskich badań doświadczenie naukowe przeprowadzone w kosmosie. Zaledwie 10-minutowy lot rakiety, która osiągnęła wysokość blisko 500 km, jak i powrót na Ziemię zasobnika z aparaturą spełnił nadzieje badaczy. W następnych latach na pokładach rakiet Wertikal umieszczana była polska aparatura m.in. spektrometry i fotometry rentgenowskie. W 1973 r. w 500-lecie urodzin Mikołaja Kopernika na orbitę okołoziemską wprowadzono satelitę „Interkosmos-9 – Kopernik 500”. Wśród aparatów badawczych znajdował się polski radiospektrograf RS-500 K (ryc. 4), służący do pomiarów promieniowania radiowego Słońca na falach dłuższych od 50 m (od 0,5 do 6 MHz). Program naukowy doświadczenia przygotował zespół z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Toruniu pod kierunkiem prof. Jana Hanasza, a radiospektrograf zbudowano w Instytucie Lotnictwa w Warszawie pod kierunkiem dra Zygmunta Krawczyka.

W lutym 1977 r. powołano Centrum Badań Kosmicznych PAN. Powstanie tej placówki, kierowanej początkowo przez prof. Stanisława Grzędzielskiego, następnie przez prof. Zbigniewa Kłosa, a obecnie przez doc. Marka Banaszekiewicza, umożliwiło rozwój i integrację kosmicznego środowiska naukowo-badawczego w Polsce. CBK z siedzibą w Warszawie posiada dwa ośrodki zamiejscowe: Astrogeodynamiczne Obserwatorium

w Borowcu koło Poznania i Astronomiczną Pracownię Związków Słońce-Ziemia we Wrocławiu. W ciągu ponadtrzydziestoletniej działalności w CBK PAN przygotowano i wysłano w przestrzeń kosmiczną ponad sześćdziesiąt przyrządów naukowo-badawczych.



Ryc. 4. Wnętrze radiospektrografu RS-500 K, pierwszej polskiej aparatury w satelicie „Interkosmos-9”

Dzięki współpracy międzynarodowej wykorzystywano, satelity różnych państw. Polską specjalnością stały się badania teoretyczne i eksperymentalne plazmy międzyplanetarnej. Badania ważne między innymi dla określenia wpływu stanu jonosfery na łączność radiową. W zakresie geodynamiki i geodezji cenne są obserwacje sztucznych satelitów za pomocą własnej konstrukcji dalmierza laserowego, zdolnego do określenia pozycji satelitów z dokładnością rzędu 1 cm na odległość ok. 20 tys. km.

W roku 1977 utworzono Ośrodek Przetwarzania Obrazów (OPOLIS) w Instytucie Geodezji i Kartografii. Prowadzono tutaj ważne prace z zakresu teledetekcji. W OPOLIS powstała pierwsza mapa Polski wykonana dzięki obrazom uzyskanym z pokładu satelity LANDSAT. Prace z tego zakresu rozwijane są również w Politechnice Warszawskiej. Szczegółowy opis tej działalności przedstawiony jest w pracy [4].

W 1978 r. na pokładzie statku kosmicznego „Sojusz-30” obok dowódcy Piotra Klimuka zajął miejsce Polak – Mirosław Hermaszewski, pełniąc funkcję kosmonauty-badacza. Wyprawa trwała 8 dni, podczas której załoga połączyła statek ze stacją orbitalną „Salut-6”. W stacji przeprowadzono 11 doświadczeń. Po ich ukończeniu nastąpił powrót na Ziemię również w „Sojuzie-30”. W stacji „Salut-6” nasz astronauta przeprowadził szereg doświadczeń przygotowanych przez Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej w Warszawie, pod kierunkiem prof. Stanisława Barańskiego. Szczególnie interesujące były doświadczenia technologiczne Syrena przygotowane przez Instytut Fizyki PAN w Warszawie.

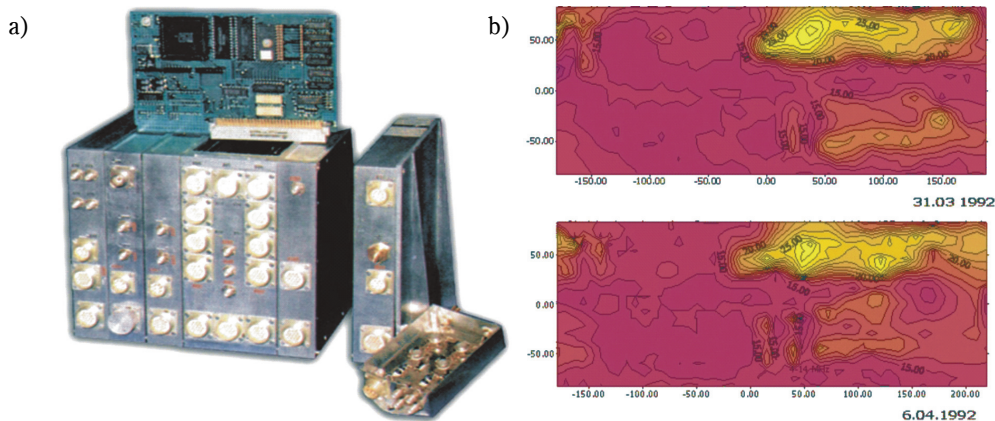
W Polsce od wielu lat są rozwijane badania geodezyjne, a w ostatnim okresie również badania nad wykorzystaniem technik kosmicznych do dokładnych pomiarów położenia i wysokości za pomocą systemu satelitów nawigacyjnych GPS i GLONAS oraz Systemu Geosat. W ostatnich dziesięcioleciach XX wieku Polska została włączona do

europiejskiego układu geodezyjnego EUREF (*EUropean REference Frame*). Dzięki wykorzystaniu globalnego systemu nawigacji satelitarnej GPS utworzono po raz pierwszy w Polsce jednorodną sieć powierzchniową. Składa się ona z 358 punktów, których współrzędne zostały wyznaczone z centymetrową dokładnością i związane z siecią europejską. Ponadto utworzono Polską Atomową Skalę Czasu TA (PL) o wysokim stopniu stabilności. W CBK PAN uruchomiono stację monitorującą pracującą w europejskim systemie nawigacji satelitarnej EGNOS. Umożliwia to realizację zadań praktycznych w układzie współrzędnych wspólnych dla krajów Unii Europejskiej, jak i podejmowanie nowych problemów naukowych. W CBK PAN opracowano lokalny model jonosfery nad Europą, dzięki czemu zapewniono najwyższy poziom obsługi prognoz heliogeofizycznych dla potrzeb krajowych służb telekomunikacyjnych, jak również międzynarodowego systemu ISES (*International Environment Service*). Uczestnictwo Polski, jako stałego ogniw międzynarodowych sieci pomiarowych, w programach grawimetrycznych i obserwacji laserowych sztucznych satelitów otworzyło dostęp do zbiorów danych. Opracowanie tych danych zaowocowało np. odkryciem krótkookresowych oscylacji ruchu obrotowego Ziemi.

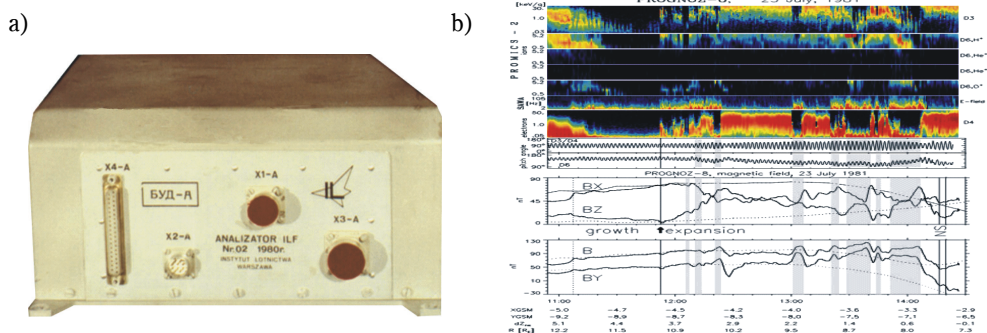
Odkryto ponadto współzależność z pewnymi zjawiskami geofizycznymi np. regionalnymi wartościami momentu pędu atmosfery ziemskiej. Ustalono, że największy udział w zmianach globalnego momentu pędu atmosfery i ich wpływu na ruch obrotowy Ziemi mają zmiany momentu pędu atmosfery z obszarów lądowych głównie Eurazji. Doświadczenia rakietowe i satelitarne, w których Polska uczestniczyła, pozwoliły lepiej poznać globalny obraz elektromagnetycznego otoczenia Ziemi i odkryć, m.in. jego antropogenne uwarunkowania (ryc. 5a i 5b). Opis tej działalności przedstawiony jest w pracy [5].

Doświadczenia dotyczące oddziaływania z jonosferą modulowanych wiązek elektromagnetycznych i strumieni plazmy pozwoliły zbadać proces wzbudzenia i propagacji fal plazmowych. Doprowadziły one nie tylko do lepszego poznania struktury i osobliwości górnych warstw atmosfery Ziemi, ale także dały okazję wykorzystania przestrzeni okołoziemskiej jako unikatowego laboratorium plazmowego, wnosząc wkład w rozwój fizyki plazmy.

Badania scyntylacji fal elektromagnetycznych emitowanych przez sztuczne satelity Ziemi doprowadziły do stworzenia obrazu turbulencji w jonosferze, stanowiącego istotny element modelu tego obszaru przestrzeni okołoziemskiej, niezbędnego dla potrzeb prognozowania warunków propagacji. Przewidziano istnienie cienkich warstw prądowych w okresach zaburzeń w strukturze polarnej magnetosfery ziemskiej. Odkryto nową populację plazmową w bliskiej magnetosferze, która w literaturze przedmiotu uzyskała nazwę ciepłej otoczki warstwy plazmowej. Pokazano, że bezpośrednio napędzane przez wiatr słoneczny zmiany pól elektrycznych i magnetycznych oraz wynikające z tego niezwłoczne zmiany konwekcji plazmy, dają w efekcie bogatszą strukturę populacji plazmowych w ogonie magnetosfery niż opisana w klasycznych syntetycznych modelach magnetosfery Ziemi (ryc. 6a i 6b).



Ryc. 5. a) Radiospektrometr SORS-D, który został wyniesiony w przestrzeń kosmiczną na pokładzie satelity „Coronas I”. Mierzył widma emisji radiowych w zakresie częstotliwości 0,1-30 MHz; b) Globalny rozkład emisji elektromagnetycznych w paśmie 0,1-15 MHz, mierzonych w jonosferze przez radiospektrometr SORS-D w czasie spokojnych warunków geomagnetycznych 31.03.92 i w czasie silnego zaburzenia geomagnetycznego 06.04.1992

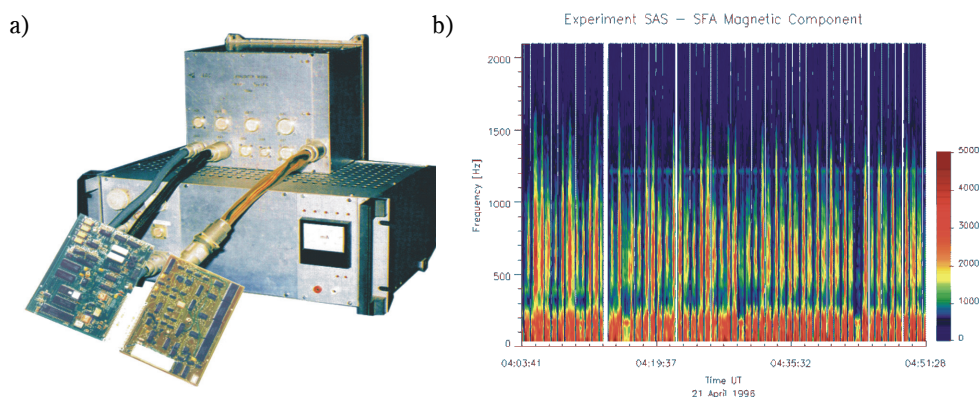


Ryc. 6. a) SAWA BUD A – analizator widma fal plazmowych w zakresie 2-105 Hz, który prowadził pomiary w magnetosferze ziemskiej na pokładzie satelity „Prognoz-8”; b) Przykłady widm niskoczęstotliwościowych fal plazmowych zarejestrowanych przez analizator BUD A w warstwie plazmowej bliskiej Ziemi w czasie fazy narastania subburzy magnetycznej.

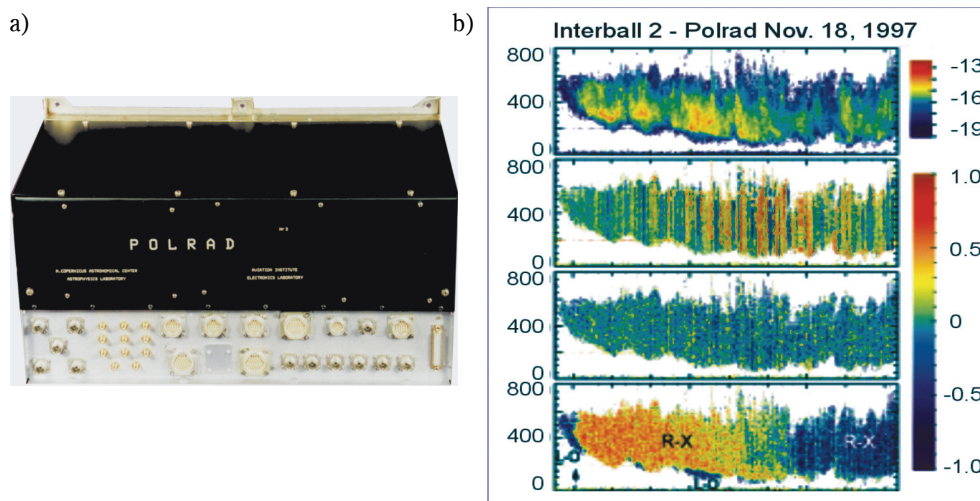
Pokazane są także parametry plazmy zmierzone z pokładu satelity „Prognoz-8”

Istotny wkład mają polscy badacze w poznanie struktury i dynamiki kaspu polarne-go, obszaru, przez który plazma wiatru słonecznego bezpośrednio wdziera się do wnętrza magnetosfery. Stwierdzono istotną rolę niskoczęstotliwościowych fal plazmowych w dostarczaniu energii do plazmy tego obszaru. Znalezione silne emisje fal elektronowo-cyklotronowych towarzyszący pojawieniu się populacji energetycznych cząstek oraz opisano subtelną strukturę kaspu związaną z procesem filamentacji plazmy (ryc. 7a i 7b).

Badania zorzowego promieniowania kilometrowego Ziemi z pomocą polskiego radiopolarymentru pokazały znaczenie fal Alfvéna w przyspieszaniu elektronów podczas subburz zorzowych, a także w transporcie energii z ogona magnetosfery do obszarów zorzowych. Za pomocą tej aparatury po raz pierwszy wykonano masowe pomiary wszystkich parametrów polaryzacji tego promieniowania, co pozwoliło na lepsze zrozumienie rozprzestrzeniania się fal w magnetosferze ziemskiej (ryc. 8a i 8b).

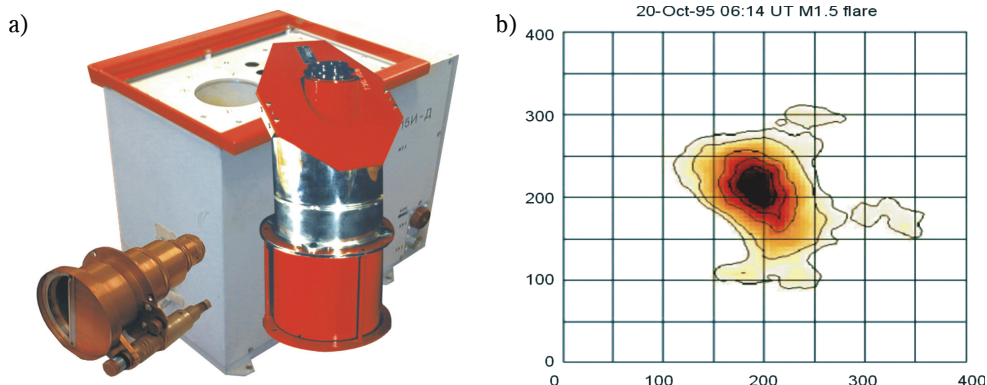


Ryc. 7. a) Analizator fal plazmowych ADS pracujący w zakresie od 0,1 Hz do 200 kHz. Na pokładzie satelity „Interball-1” wykonywał pomiary w dalekiej magnetosferze Ziemi; b) Przykład widm emisji fal plazmowych zarejestrowanych w kaspie polarnym, a stowarzyszonych z występowaniem wysokoenergetycznych elektronów

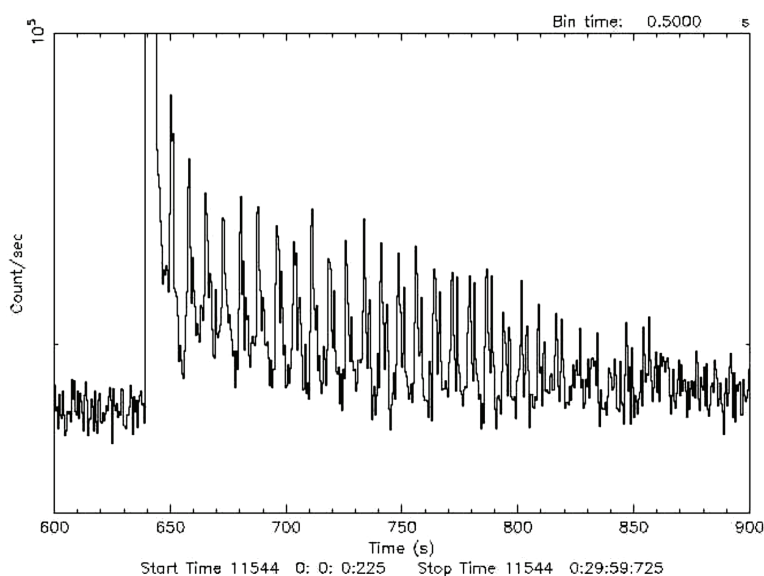


Ryc. 8 a) Radiospektropolarymetr Polrad umieszczony w satelicie „Interball-2” i przeznaczony do badania fal radiowych w magnetosferze zorzowej w zakresie częstotliwości 4-1000 kHz; b) Dynamiczne widma stopnia polaryzacji promieniowania zorzowego Ziemi mierzone przez Polrad





Ryc. 9 a) Kolimator promieni rentgenowskich przyrządu KRF badającego rozbłyski słoneczne z pokładu satelity „Interball-1”; b) Przykład zrekonstruowanego obrazu rozbłysku słonecznego



Ryc. 10. Identyfikacja potężnego rozbłysku zaobserwowanego 27 grudnia 2004 r. ze źródłem SGR 1806-20, dokonana przez J. Borkowskiego przez identyfikację obserwowanego czasu pulsacji równego 7,5 s ze znanym czasem rotacji tego źródła promieniowania gamma

Polska aktywnie uczestniczyła w badaniach prowadzonych za pomocą francuskiego mikrosatelity „Demeter”, zbudowanego do badania związków procesów dynamicznych w skorupie Ziemi ze zjawiskami elektromagnetycznymi w jonosferze. W jego programie badawczym polscy naukowcy, inżynierowie i informatycy z CBK PAN wnieśli wkład w budowę aparatury satelitarnej i oprogramowania oraz brali udział w opracowaniu wyników pomiarów. Stwierdzono silne powiązania emisji promieniowania z trzęsieniami

ziemi, co daje podstawy do opracowania w niedalekiej przyszłości satelitarnego systemu ostrzegania przed trzęsieniami ziemi.

Doświadczalne i teoretyczne badania korony słonecznej, w której temperatura plazmy sięga milionów stopni C, a w szczególności opracowanie metod i aparatury do rejestracji i analizy widm rentgenowskich rozbłysków słonecznych, umożliwiły określenie składu chemicznego plazmy, co w konsekwencji przybliżyło zrozumienie – dotychczas niewyjaśnionych – procesów wydzielania energii w koronie Słońca. W szczególności analiza danych pomiarowych, dotyczących silnych rozbłysków słonecznych uzyskanych za pomocą polskiego spektrometru „Resik” działającego na pokładzie satelity „Coronas-F”, umożliwiła wyznaczenie obfitości potasu w plazmie koronalnej, która okazała się trzy razy większa od obfitości fotosferycznej tego pierwiastka (ryc. 9a i 9b).

Wśród najciekawszych wyników badań oddziaływania plazmy wiatru słonecznego z materią lokalnego ośrodka międzygwiazdowego, prowadzonych przede wszystkim pod kątem analizy kształtu heliosfery i procesów zachodzących w okolicach heliopauzy, warto odnotować przewidywania modelowe kształtów i rozmiarów ogonów magnetycznych Ziemi i Jowisza. Zostało to potwierdzone eksperymentalnie przez satelitę ISEE-3 i sondę „Voyager-2”. Warto wymienić także propozycje wyjaśnienia międzyplanetarnej emisji radiowej w zakresie 2-3 kHz zaobserwowanej przez sondy „Voyager”.

Opracowano także pierwszy realistyczny model modulacji rozkładu wodoru międzygwiazdowego w heliosferze. Modulacja ta jest spowodowana przez związane z cyklem słonecznym efekty niestacjonarności ciśnienia promieniowania Słońca oraz zmiany częstości aktów jonizacji wodoru. Opracowano trójwymiarowy i zależny od czasu magneto-hydrodynamiczny model oddziaływania wiatru słonecznego z materią międzygwiazdową, uwzględniający wpływ galaktycznego pola magnetycznego i stałego strumienia galaktycznego wodoru neutralnego. Pokazane w tym modelu asymetrie obszaru granicznego heliosfery dały szansę wytłumaczenia pewnych asymetrii widocznych w danych pomiarowych z teleskopu kosmicznego Hubble'a oraz sond kosmicznych „Voyager”. Polscy naukowcy uczestniczyli w odkryciu przez sondę „Ulysses” helu międzygwiazdowego.

Badania środowiska plazmowego komety Halleya podczas misji sond VEGA przyniosły rozpoznanie dotychczas zupełnie nieznaną morfologię fal plazmowych wokół jądra kometarnego. Ciekawym, chociaż nieoczekiwanym, rezultatem udziału Polski w eksperymencie „Vega” było pokazanie możliwości wykorzystania anteny elektrycznej jako detektora cząstek pyłu.

Wśród wielu komet okresowych, dla których opracowano modele ruchu, znalazła się także kometa Churyumowa-Gerasimienko, która będzie obiektem wszechstronnych badań w ramach misji „Rosetta”. Dla tego projektu Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) zbudowano w CBK aparaturę, która została zainstalowana na pokładzie urządzenia, mającego wylądować na jądrze komety. Składa się ona z penetratora i jego czujni-

ków oraz przyrządu wysuwającego penetrator poza lądownik i wbijającego go w jądro komety.

Naukowcy z Polski uczestniczyli w wielozadaniowych i najbardziej zaawansowanych dziś technologicznie misjach kosmicznych: „Cassini”, „Mars Express” i „Venus Express”. W styczniu 2005 r. wylądował na powierzchni Tytana, księżycy Saturna, odłączony od sondy „Cassini” próbnik „Huygens” ze zbudowanym w Centrum Badań Kosmicznych PAN czujnikiem do pomiaru temperatury i przewodnictwa cieplnego atmosfery i powierzchni tego satelity. Urządzenia zbudowane w CBK PAN działały bez zarzutu i dostarczyły cennych informacji o własnościach fizycznych atmosfery Tytana.

Za pomocą znajdującego się na pokładzie sondy MARS EXPRESS spektrometru PFS, w którego powstaniu Centrum Badań Kosmicznych PAN ma znaczący udział, stwierdzono obecność metanu w atmosferze Marsa, co wydaje się być jednym z najdonioślejszych dotychczas odkryć przybliżających odpowiedź na pytanie o życie na Marsie, a podobna aparatura umieszczona na pokładzie próbnika „Venus Express” jest obecnie wykorzystywana do badania atmosfery Wenus.

Obecnie przygotowana do startu przez ESA jest również sonda „Herschel” przeznaczona do badania materii międzygwiazdowej oraz procesów powstawania gwiazd i układów planetarnych. Na jej pokładzie znajduje się największy teleskop astronomiczny, jaki był wysłany w kosmos. Jest on przeznaczony do badania promieniowania w szerokim zakresie podczerwieni z bardzo wysoką rozdzielczością. Część układu pomiarowego sondy „Herschel”, spełniająca najwyższe wymogi światowe, została opracowana w Centrum Badań Kosmicznych PAN. Aparatura ta już niedługo czasie umożliwi polskim astronomom i astrofizykom rozwikłanie kolejnych tajemnic budowy i ewolucji Wszechświata.

### **Badania astronomiczne za pomocą aparatury kosmicznej**

Do szczególnych osiągnięć w tej dziedzinie należy zaliczyć badania prowadzone w ramach pozaziemskiego laboratorium astrofizycznego wysokich energii INTEGRAL (*INTERNATIONAL GAMMA RAY LABORATORY*). Do najciekawszych wyników należy zaliczyć odkrycie wielkiego wybuchu z magnetara SGR 1806-20. Zjawisko zarejestrowane 27 grudnia 2004 r. należy do wyjątkowej kategorii rozbłysków zachodzących na powierzchni gwiazd neutronowych. Zjawiska takie zwykle są względnie słabe i mają miejsce wielokrotnie w danej gwiazdzie neutronowej. Natomiast bardzo rzadko (być może tylko raz w historii takiej gwiazdy) emitowany jest gigantyczny rozbłysk. Przed tym odkryciem, w ciągu 35 lat obserwacji, zarejestrowano tylko dwa podobne zjawiska (z innych źródeł). Wybuch ten był wyjątkowy nawet w tej kategorii, jako że był 100-krotnie silniejszy od dwóch pozostałych. Ilość wytworzonej energii była tak wielka, że powinna była doprowadzić do rozzerwania gwiazdy. To, że ono nie nastąpiło, stanowi samo przez się istotny problem teorii gwiazd neutronowych.

Cechą charakterystyczną takich wielkich wybuchów jest modulacja sygnału, która jest zależna od rotacji gwiazdy. W przypadku SGR 1806-20 wiadomo było, że gwiazda neutronowa obraca się w ciągu 7,5 sekundy. Sygnał zaobserwowany 27 grudnia był o tyle silniejszy od wszelkich obserwowanych przez „Integral” wcześniej, że najpierw jego odkrywca, dr Jerzy Borkowski z CAMK, wątpił w jego kosmiczne pochodzenie. Mogło np. się zdarzyć, że wyjątkowo energetyczna cząstka promieniowania kosmicznego uderzyła w detektor. Ale gdy ustalono, że krzywa zmian blasku wykazuje okres 7,5 sekundy, wiadomo było, że jest to wybuch z gwiazdy neutronowej, a wkrótce potem, że pochodzi on właśnie z SGR 1806-20. Informacja o wybuchu i jego identyfikacji została opublikowana jako tzw. telegram GCN, zob. [http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3\\_archive.html](http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3_archive.html), nr 2920, – jako pierwsze doniesienie o tym zjawisku (dr J. Borkowski jest wymieniony jako pierwszy autor tego doniesienia). Późniejsze doniesienia z innych satelitów (Konus, Helicon, Swift, RHESSI, SOHO etc.) i obserwatoriów radioastronomicznych (VLA, WSRT etc.) potwierdziły lokalizację źródła tego wybuchu w SGR 1806-20.

W ramach badań wykonanych za pomocą satelity INTEGRAL dokonano obserwacji układu podwójnego z gwiazdą neutronową Serpens X-1. Osiągnięto bezprecedensowo wysoką dokładność wyznaczenia pozycji źródła w zakresie ok. 30 keV. Po raz pierwszy przedstawiono szerokopasmowe widmo tego źródła od zakresu radiowego do gamma.

Obserwacje polskich astronomów, wykonane z pomocą satelity „Integral”, doprowadziły również do wielu innych ciekawych odkryć. Wykryto wiele źródeł, których pochodzenie jest związane z obecnością czarnych dziur, zaobserwowano nowego typu źródła podwójne, widma rentgenowskie i gamma, towarzyszące układom podwójnym skojarzonym z czarnymi dziurami, oraz potężne rozbłyski rentgenowskie z tego typu obiektów.

Polscy astrofizycy (dr hab. Marek Gierliński, OAUJ, oraz prof. Andrzej Zdziarski, CAMK) w 2003 r. odkryli jedno z najbardziej gwałtownych zjawisk kiedykolwiek zaobserwowanych we Wszechświecie. Rozbłyski rentgenowskie, pochodzące z Cygnusa X-1, swoją szybkością i gwałtownością przewyższają nawet tak spektakularne zjawiska jak błyski gamma. Cygnus X-1, czyli pierwsze źródło rentgenowskie w gwiazdozbiornie Łabędzia, jest układem podwójnym, w skład którego wchodzi czarna dziura o masie ok. 20 mas Słońca i nadolbrzym typu widmowego O. Oba obiekty krążą po ciasnej orbicie o okresie obiegu 5-6 dni. Materia z nadolbrzyma opada na czarną dziurę, tworząc dysk akrecyjny. W głębokim potencjale grawitacyjnym czarnej dziury akreujący gaz wyzwala olbrzymie ilości energii, wyświecane w promieniach X i gamma. Jasność tego źródła przekracza  $10^{37}$  erg/s, co odpowiada kilku tysiącom całkowitych jasności Słońca.

Cygnus X-1 uchodził za źródło spokojne – dotąd wydawało się, że większe zmiany jasności lub widma zachodzą w skali co najmniej godzin lub dni. Jednak dokonana szczegółowa analiza archiwalnych danych dot. Cygnusa X-1, pochodzących z amerykańskiego satelity rentgenowskiego *Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE)*, pokazała bardzo szybkie

i silne rozbłyski. Jasność źródła wzrosła o czynnik 30 w ułamku sekundy. Najszybszy wzrost jasności nastąpił podczas pierwszego, słabszego błysku, kiedy to jasność zwiększyła się przeszło dziesięciokrotnie w ciągu zaledwie 2 ms. W tym czasie światło przebiega ledwie 600 km. Z zasady przyczynowości wynika, że źródło rozbłysku musiało być mniejsze niż owe 600 km.

Nie wiadomo, co dokładnie powoduje rozbłyski. Muszą one jednak powstawać tuż koło czarnej dziury. Promień ostatniej stabilnej orbity w jej potężnym polu grawitacyjnym wynosi ok. 180 km. Tu kończy się dysk akrecyjny: dalej materia opada niemal pionowo w kierunku horyzontu zdarzeń, by zniknąć na zawsze z naszego świata. Być może rozbłysk nastąpił na skutek nagłego „zrzutu” większej ilości gazu w wewnętrznej części dysku. Inną możliwością jest akumulacja wielkich ilości energii w pętli pola magnetycznego nad powierzchnią dysku. Jej gwałtowne wyzwolenie spowodowało zjawisko podobne do rozbłysków słonecznych, tyle że na znacznie większą skalę.

### Podsumowanie

Badania kosmiczne prowadzone od początku ery kosmicznej wymusiły gwałtowny rozwój nowoczesnych, wysoko zaawansowanych technologii. Opracowano bardzo wiele nowych materiałów, które są dzisiaj powszechnie wykorzystywane na Ziemi. Techniki cyfrowe, opracowane początkowo do przekazywania informacji ze statków kosmicznych, są dziś powszechnie wykorzystywane w życiu codziennym. Trudno nam sobie dziś wyobrazić nasze życie bez satelitów telekomunikacyjnych, meteorologicznych, nawigacyjnych, geodezyjnych czy satelitów przeznaczonych do teledetekcji. Za pomocą technik kosmicznych poznajemy lepiej naszą Ziemię i otaczającą ją przestrzeń, zgłębiamy tajemnice funkcjonowania Słońca i coraz lepiej rozumiemy jego oddziaływanie na pogodę na Ziemi i tzw. pogodę kosmiczną. To głównie dzięki próbnikom międzyplanetarnym bardzo dobrze poznaliśmy nasz Układ Słoneczny, a dzięki dużym obserwatoriom astronomicznym, umieszczonym na orbicie Ziemi, zgłębiamy tajniki dalekiego Kosmosu.

W polskich uczelniach uruchomiono ostatnio programy nauczania w zakresie astronautyki i technologii kosmicznych. Studenci z Politechniki Warszawskiej brali udział w licznych badaniach mikrograwitacyjnych, prowadzonych na pokładzie samolotów ESA i NASA, a ostatnio w udanym eksperymencie kosmicznym Yes-2, sprowadzenia z orbity kapsuły przeznaczonej do transportu materiałów na ziemię. Anteny zbudowane w Politechnice Wrocławskiej zostały umieszczone na pokładzie międzynarodowej stacji kosmicznej „Alfa”.

W kwietniu 2007 r. Polska podpisała układ stowarzyszeniowy z Europejską Agencją Kosmiczną. W ramach tego porozumienia (*Programme for Cooperating States – PECS*) Polska będzie stopniowo integrować się z pracami prowadzonymi w ESA, aby po pięciu latach stać się jej pełnoprawnym członkiem.

W okresie ostatnich 51 lat ery kosmicznej nie tylko nastąpił gwałtowny rozwój nauki i techniki, ale zmieniło się również nasze spostrzeganie świata. Nasz udział w tym jest znaczący, a nasza dalsza integracja z europejskim programem kosmicznym umożliwi nam szersze włączenie się zarówno w działalność naukową, jak i użytkową w dziedzinie poznawania i wykorzystania otaczającej nas przestrzeni kosmicznej.

### Literatura

- [1] Siemienowicz K.: *Artis Magnae Artilleriae pars prima*, Amsterdam 1650.
- [2] Błęcki J., Wolański P.: *Działalność Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych*, Oprac. własne KBKiS PAN, 2004.
- [3] Struzik P.: *Satelity meteorologiczne od 40 lat w służbie IMGW*, „Nauka” (w druku).
- [4] Ciołkosz A., Białousz S.: *Zastosowanie teledetekcji satelitarnej w badaniach środowiska w Polsce*. „Nauka” 2008, nr 3, s. 79.
- [5] Baran L.W., Oszczak S., Zieliński J.: *Wykorzystanie technik kosmicznych w geodezji i nawigacji w Polsce*. „Nauka” (w druku).

### Polish contribution to space research

A short historical description of Polish contribution to astronomy and rocket technology is given. Then Polish activities in field of space exploration, such as instrument designed and build in Poland and placed on board of rockets, satellites and space probes during last 50 years are described. Contributions of the Space Research Center of the Polish Academy of Sciences as well as astronomical discoveries made by Polish astrophysicists are presented. Most important missions in which instruments build in Poland were placed on board are among others: Mars Express and Venus Express, Cassini-Huygens, Rosetta and Integral. Among numerous discoveries made by Polish astrophysicists, one should mention the discovery and proper identification of powerful burst from magnetar SGR 1806-20 and the discovery of unusually rapid bursts from black hole Cyg X-1.

**Key words:** space research, Polish contribution, rocket technology, satellites, X-ray sources, black holes, magnetars