

FOTOINTERPRETACJA W GEOGRAFII

24 PROBLEMY TELEGEOINFORMACJI

WARSZAWA 1994



Robert R. Gałazka*

36 lat działalności człowieka w Kosmosie**

*Thirty six years of man's activity in space****

Every country, including Poland, has to define its attitude towards the international activity carried out in cosmic space. This attitude can be a passive one, meaning purchasing of all the necessary technical services and equipment (in that number also those ground devices which cooperate with the satellites), or a passive-active one, meaning a skilful utilization of the achievements of spatial science and technology, as well as an active participation in the international undertakings oriented at space, and development of science and technology oriented at the use of cosmic space and of the world achievements in this domain.

International activity related to cosmic space can be subdivided into three parts

Spatial activity oriented at the earth and directly related to various domains of scientific, technical and technological endeavour on the earth. This is one of the broadest areas of space-related activity, engaging more than 60% of costs of all the space programs. It is within this kind of activity that such domains as remote sensing, satellite meteorology, telecommunication, geology, geodesy and satellite gravimetry, as well as navigatory systems, material technology in the circumstances of microgravitation, biology and cosmic medicine, and the like, are being developed.

The second kind of activity related to space is constituted by the research on our planetary system. Currently, these are only research programs, but attention is already now turned to various advantages resulting from the potential exploitation of the resources of the Moon or Mars.

The third stream of activity is constituted by the research

on the universe, on the objects located beyond the solar system, up to the frontiers of observation capacities. Almost all information on the universe is acquired through the analysis of this radiation, which reaches us. Besides the corpuscular radiation, whose analysis is very difficult in view of its interaction with the solar wind, magnetic and electric fields, we are also reached by electromagnetic radiation in a relatively undisturbed form and this namely is the main source of our knowledge about the universe. The spectral range of this radiation is very wide and it encompasses some 18 orders of magnitude of wave lengths (or frequencies): from the very short gamma waves to the very long radio waves. The earth's atmosphere is transparent only for a relatively narrow band of electromagnetic radiation coming from outer space, and therefrom the need of constructing orbiting telescopes and radiation analysers.

In spite of the fact that the image of space-related activities presented in this paper is only fragmentary and highly incomplete, it is beyond doubt that such activities constitute an enormous international undertaking on the scale beyond any comparison. Cosmic space presents a challenge for humanity, a challenge which stimulates civilisational advance, changes the image of the world, and influences the life and the consciousness of the societies.

Polish input into the space research and the program-oriented proposals

Until 1989 the activities concerning cosmic research in Poland were linked with the INTERKOSMOS programme, established in 1967. This programme, in spite of numerous constraints, made it possible to develop the corresponding

* Prof. dr hab. Robert R. Gałazka, Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, Pałac Kultury i Nauki, p. 2507, 00-901 Warszawa, Tel./Fax: (48 22) 20 80 21.

** Referat wygłoszony na Sesji Zgromadzenia Ogólnego Polskiej Akademii Nauk w dniu 10 grudnia 1993 roku.

*** Paper presented at the General Assembly of the Polish Academy of Sciences on December 10th, 1993.

scientific and technical structure and to train appropriate staff. In terms of research, Polish teams participated in several space missions on board the Soviet spaceships. One should also note that in 1973 the satellite Copernicus-500 (Interkosmos-9) was launched, whose design and equipment were mainly done in Poland. Important results were also achieved owing to participation in the mission to Halley's comet (project VEGA) in 1984 and in the probe sent to Phobos in 1988. A number of projects concerned research on the space surrounding the earth and on the phenomena taking place there. Altogether, until 1992 there were 49 Polish devices launched aboard space missiles and probes, meant for physical experiments. The space flight of Mirosław Hermaszewski, in spite of its abuse in the propaganda, had its own interesting scientific significance. A Polish team did then, for the first time, carry out a crystallisation experiment in conditions of microgravity.

Within the framework of the program to date unique medical and physiological studies were also performed, including 10 orbital experiments. Skills were acquired in the domains of use of remote sensing, as well as satellite methods of telecommunication, navigation and geodesy. A center was established for processing of data concerning the surface of the earth and the environment, and another center, dealing with data for purposes of meteorology. Both these centers function with benefit for the economy and the society.

Side by side with participation in the INTERKOSMOS program various kinds of contacts were being maintained at the level of individual institutes with the respective units of Western Europe and the USA.

Financing of work performed in the above directions was done during the last 15 years within the framework of the central programs („problems”). More than 30 institutes, universities and other units took part in this endeavour. In 1990 the outlays into the program amounted to approximately 40×10^9 Polish zlotys.

On the operational side the program was coordinated by the Space Research Center of the Polish Academy of Sciences. The long term research and implementation policy was determined by the Committee for Space Research of the Polish Academy of Sciences who, simultaneously, supervised realization of the program and represented Poland in the international contacts on matters related to outer space.

The position of Polish research in the global community of space studies is perhaps not an imposing one, but it is certainly noticeable. At the COSPAR Congress in Dresden in 1990 Polish specialists presented 11 papers (for comparison: Hungarians — 15, Austrians — 9, Czechoslovaks — 18, Swedes — 16). Professor S. Grzędziński is, since 1992, the Executive Director of COSPAR, while five Polish scientists are members of the International Astronautical Academy.

While scientific research featured relatively high level and effects, applications of space systems did not bring results matching social expectations. There was almost no feedback between the Polish space program and the technological advance in industry, this feedback being so importantly present in the western programs. One can cite among the exceptions the development of the satellite laser range-finder, in which a number of technical laboratories and industrial plants participated.

Summing up, the work done until today provided valuable prerequisites for the involvement of Poland in the activities

related to outer space. To dissipate this potential would be a great mistake. Simultaneously, however, it becomes necessary to restructure the program realized, to change the orientation both in terms of subjects and in terms of politics, with more emphasis on similarity to the forms applied in the countries of Western Europe.

The question whether Poland needs a space program is a valid one. Apprehension is especially caused by the issue of costs, as to which there is a common conviction that they are very high. When looking from a close distance at the space activity one can see the enormous variety of goals. Scientific research can take up the so far situated problems as extragalactic radio sources, the internal structure of the earth and the molecular structure of crystals. The range of applications reaches from TV broadcasting of the Olympic Games to urban traffic control, and from weather forecasts to detection of diseases of leaves on the trees. The substrate which links all these so different questions is constituted by the organizational and technical structure, whose basis is formed by the system of launching of objects into the orbits.

For a country like Poland this means the necessity of cooperating with external partners. Owing to this cooperation the cost of the most expensive factor — launching into the orbit — can be distributed among a number of partners, with the greatest share falling upon the richest. In order for this cooperation to be possible there must exist a national structure which organizes and facilitates it. This is the first reason for establishment of national space research agencies in the developed countries.

The second reason is related to rationalization of expenditure. Definite elements of infrastructure, such as laboratories, test centers, ground stations, data bases etc. serve various research and utilitarian purposes. It would not be possible for the separate small units to establish and run them, but they can be rationally used jointly. This, in turn, requires central decisions and investments.

It is also essential that the teams of people, though carrying out different tasks, are mutually complementary and overlapping. Here, perhaps, the need of a formal structure is less evident, but experience gathered tells that the best way of achieving integration in terms of substance matter is to apply financial enforcement.

Regarding costs of research it is indeed true that experimental studies are always more expensive than theoretical research. Still, experimenting in space must not necessarily be more expensive than experimenting on the earth, due just to international cooperation. A similar organization and distribution of costs occurs, for instance, in physics, where large installations have international character. Thus, space research undertaken in Poland is not, by its very nature, more expensive or less expensive than in other disciplines.

The space research program, as it is formulated in the countries of Western Europe, covers usually three main areas of activity.

Research. Space research, meaning the study of outer space, in outer space and from outer space, provides presently and will continue to provide the fundamental inventions and discoveries. This applies to fundamental disciplines of science, such as physics and astrophysics, natural sciences, like geophysics, oceanology and science of the air, physics of the Sun

and other bodies of the solar system, and finally also to physics of materials, biology and medicine.

Applications. Applications developed recently belong to at least three domains: remote sensing (study of the earth from the outer space, mainly for purposes of environmental protection, meteorology and agriculture), telecommunication, both in terms of broadcasting (TV) and interpersonal communication, and navigation — maritime, airborne and on the surface, as well as land surveying measurements. All these three domains do also have military significance.

Technological advance. Active participation in space research programs is one of the strongest stimulators of technical and technological development. This argument was the decisive one in the undertaking of the space program by the countries of Western Europe.

A similar setting can be applied to the Polish program. These three different kinds of activity complement each other and form together a consistent program structure. The research part is the most intellectually fruit bearing, and is simultaneously a visit card in the global community involved in exploration of cosmic space. Applications mean reaping of advantages from the effects of this exploration to date. The third element — investing in technological progress with the help of a well tested and effective mechanism is, perhaps, the most important for Poland.

In keeping to the above tripartite characterization of the program we can presently try to determine roughly its contents.

The capacities of space research in Poland are to a large extent defined by the potential of the research teams working in this field. Another important factor is constituted by the possibility of cooperating with the partners capable of realizing orbital projects (ESA, NASA, INTERKOSMOS). Taking into account these two factors the following directions of research can be proposed: physics of space (ionosphere, magnetosphere, plasma in the interplanetary space), astronomy (heliophysics, planetology, astrophysics), physics of materials in conditions of microgravitation, geodesy (gravitational field of the earth, kinematics of the earth, geotectonics), oceanography, physics of the atmosphere, medicine of space flights (psychosomatic aspects of adaptation to conditions of cosmic flights).

The need for applications is in Polish conditions most strongly felt in the domain of remote sensing. They concern environmental protection, agriculture, forestry, water economy, meteorology, geology and topography. The particular ecological situation in Poland calls for the possibly quick and wide application of the satellite methods. Application of satellite techniques in telecommunication will make it possible to radically improve the telephone communication with foreign countries, electronic transmission of data, use of higher ranges of frequencies and new techniques, as well as fuller use of the existing capacities through participation in EUTELSAT.

In navigation, geodesy and economy it is mainly the access to information and standards, as well as communication with coordination centers and professional organizations that are mostly needed.

In order to make use of the satellite equipment Poland does not have to build own systems or even individual space objects. It is necessary, though, to cooperate with those who construct such systems and introduce them into exploitation. It would be

dangerous to take on the attitude of a customer wishing to take advantage of some service for a possibly low price, since this pushes into backwardness, and even makes it impossible to acquire the necessary skills. Lack of those skills may signify closing of important channels of contact with modern civilisation and loss of the position of a partner with whom it is worthwhile to communicate.

The possibilities of stimulating technological progress in Poland are not too well identified at present. Of special interest here are some branches of airplane and electronic industry, in which contracts granted within the framework of the program could be located.

The areas in which Poles have the chances of standing up to the requirements set by the space-related organization are constituted by laser technique, microwave technique, on-board computer techniques, data transmission technique, mechanical construction and optics.

It must be stated clearly, though, that the space research program is not a recipe for the transformation of Polish industry. It should merely provide the impulses and establish the channel of throughflow of technology.

In view of a wide scope of the program and its national significance the respective financing should come from various sources, depending upon the degree of interest and use of results obtained by various sectors of national economy.

It is also a feasible option to make use of foreign assistance. This possibility was indicated both by the representatives of the European Space Agency during the talks held in November 1990, and by the representatives of NASA in talks with the delegation of Polish airplane industry.

Polish Space Agency should be established in order to manage the program. The form of space agency is widely applied in western countries, although the competences and organization of such agencies do vary.

Cooperation with Russia and with other countries of the former eastern block should be continued, with parallel maximum intensification of collaboration with the European Space Agency. Simultaneously, good use must be made of the presently opening possibilities of bilateral cooperation with the United States and France.

There exists, at present, within the Committee for Scientific Research a Group for Research Concerning the Use of Space, established by the Committee on July 8th, 1991. A package of grants was also adopted, encompassing the majority of research proposals related to space research. The grants awarded allowed to partly continue space studies in the institutions whose profile is not directly related to the space research program.

The Committee for Space and Satellite Research of the Polish Academy of Sciences submitted a number of proposals and expert assessments emphasising the importance of the problem and the imminent need of self-identification of Poland vis à vis the possibilities resulting from the utilization of outer space.

The steps undertaken by the Committee for Scientific Research indicate the understanding of the significance of space studies in Poland. It seems, however, that only when a structure of the kind of Polish Space Agency, together with adequate means and competences, gets established, the normal and effective work of Polish scientists and technicians in the domain of space research and utilization will be secured.

Wstęp

Od 36 lat przestrzeń kosmiczna jest obszarem intensywnej i ciągle rosnącej aktywności ludzkiej. Rezultaty tej aktywności są już obecnie widoczne w życiu codziennym (telekomunikacja satelitarna, meteorologia, nawigacja), wpływają na gospodarkę krajów i rozwój cywilizacji, mają swój wyraźny wpływ na postęp techniczny i międzynarodową współpracę naukowo-techniczną. Już obecnie prawie każdy kraj świata korzysta w większym lub mniejszym stopniu z urządzeń satelitarnych. Nie ulega wątpliwości, że udział światowej aktywności kosmicznej w życiu, gospodarce i polityce wielu krajów będzie szybko wzrastał.

Każdy kraj, w tym również Polska, musi określić swój stosunek w odniesieniu do światowej aktywności w przestrzeni kosmicznej. Stosunek ten może być bierny, co oznacza kupowanie wszystkich niezbędnych usług i urządzeń technicznych (również współpracujących z satelitami urządzeń naziemnych) lub bierno-czynny tzn. umiejętne korzystanie z osiągnięć nauki i techniki kosmicznej oraz czynny udział w międzynarodowej aktywności kosmicznej, rozwijanie we własnym kraju nauki i techniki ukierunkowanej na wykorzystanie przestrzeni kosmicznej i światowych osiągnięć w tej dziedzinie.

Jednym ze wskaźników charakteryzujących aktywność poszczególnych krajów w kosmosie są nakłady finansowe przeznaczone na ten rodzaj działalności. Udokumentowane kwoty, zatwierdzone przez parlamenty krajowe sięgają sumy 45 mld USD w roku 1992. Brak jest danych z takich krajów jak Rosja, Chiny, jak również brak sumarycznych danych dotyczących działalności komercyjnej jak np. łączność i telewizja satelitarna. Duża część finansów związana z wojskową techniką satelitarną również nie jest ujawniana. Można przyjąć, że rzeczywiste całkowite koszty działalności wyniosły około 80-90 mld USD w roku 1992. Dla przykładu można podać, że np. Kongres Stanów Zjednoczonych zatwierdził w roku 1992 na działalność kosmiczną 35,3 mld USD (14,3 mld NASA, 21 mld Departament Obrony), Włochy wydają rocznie około 1 mld USD, z krajów mniejszych od Polski, Szwecja wydała na działalność kosmiczną 85 mln USD w roku 1992, a Finlandia 63 mln USD, cała Europa zachodnia przeznaczą na ten cel ponad 6 mld USD, w tym Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) 3,6 mld USD. W chwili obecnej w przestrzeni kosmicznej znajduje się ponad 7000 obiektów o rozmiarach powyżej 10 cm oraz około 500 czynnych satelitów i stacji kosmicznych.

Już chociażby te przykłady ilustrują skalę zaangażowania nauki i techniki w działalność w kosmosie.

Działalność kosmiczna

Międzynarodową działalność w kosmosie można podzielić na trzy części:

Po pierwsze działalność kosmiczną skierowaną ku Ziemi i bezpośrednio powiązaną z różnymi obszarami działań nauki, techniki i technologii na Ziemi. Jest to

największy obszar działalności kosmicznej angażujący ponad 60% kosztów wszystkich programów kosmicznych. W ramach tej działalności rozwija się teledetekcja i meteorologia satelitarna, telekomunikacja, geologia, geodezja i grawimetria satelitarna, systemy nawigacji, technologia materiałowa w warunkach mikrogravitacji, biologia i medycyna kosmiczna itp.

Dziesiątki programów krajowych i międzynarodowych korzysta z pracy setek satelitów umieszczonych na różnych orbitach. Wszystkie satelity wojskowe również ukierunkowane są na ten rodzaj działalności.

Jako przykład można wymienić komercyjny program telekomunikacyjny INTELSAT, do którego należy 121 krajów. Program ten dysponuje 17 satelitami, w tym 5 dużymi obiektami pracującymi na orbicie geostacjonarnej. Ostatni satelita z tej serii zapewnia możliwość uzyskania 120 tys. połączeń telefonicznych równocześnie. Amerykański koncern Motorola rozpoczął realizację programu IRYDIUM, który przewiduje budowę 66 satelitów telekomunikacyjnych. Realizacja tego programu pozwalałaby na bezpośrednią łączność poprzez domowy radiotelefon, bez stacji pośredniczących, z dowolnym miejscem na kuli ziemskiej.

Z dużych programów będących w trakcie realizacji należy wymienić największy i najdłuższy czasowo program kompleksowego badania Ziemi — atmosfery, powierzchni Ziemi, powierzchni mórz i oceanów, lodów, stanu biologicznego, zasobów naturalnych, jak również badania promieniowania dochodzącego do Ziemi ze Słońca i kosmosu, i co bardzo ważne, zmian wszystkich tych podmiotów w funkcji czasu. Program zakłada ściśle powiązanie badań satelitarnych z równoległe prowadzonymi badaniami na Ziemi i obserwacjami lotniczymi. Nazwa programu: Misja do Planety Ziemia, dobrze charakteryzuje cele i zamierzenia tego przedsięwzięcia obliczonego na 25 lat. Za datę rozpoczęcia realizacji programu można przyjąć 1991 rok, kiedy to w ramach tego programu wystrzelono dwa duże satelity obserwacyjne, UARS — przez NASA i ERS-1 przez ESA, chociaż zostaną również wykorzystane dane z wcześniej działających satelitów. W roku 1992 następane satelity umieszczono na orbitach, z większych można wymienić amerykański TOPEX/POSEIDON przeznaczony do badania mórz i oceanów oraz JERS-1 — europejsko-japoński satelita. W tym samym roku Stany Zjednoczone wystrzeliły 10 rakiet sondujących atmosferę do wysokości 600 km. Same tylko Stany Zjednoczone planują wysłanie 18 satelitów w czasie trwania programu. Program ma charakter otwarty dla wszystkich krajów chcących wziąć w nim udział, możliwe jest również rozszerzenie czy modyfikacja planowanych badań.

Warto zauważyć, że szereg krajów, w tym również Polska, od lat prowadzi badania własnego terytorium z kosmosu wykorzystując dane różnych satelitów obserwujących.

Ze spraw bezpośrednio związanych z Polską należy odnotować 18 miesięczny program badania stanu użytkowania Ziemi, wód, atmosfery, pokrycia leśnego, stanu gleb, sieci dróg itp. krajów wschodniej Europy; szczególnie Polski, Czech, Słowacji, Węgier, Bułgarii i Rumunii.

Badania rozpoczęto w roku 1992 z wykorzystaniem danych satelitów LANDSAT 4 i 5, SPOT i ERS-1. Jest to inicjatywa EWG, planuje się również powołanie Europejskiej Agencji d/s Środowiska (*European Environmental Agency*), która zajmowałaby się stanem środowiska naturalnego Europy korzystając z danych satelitarnych.

Badania obejmują obszar 1,2 mln km², szczególna uwaga zostanie zwrócona na stan lasów, rzek, jezior, brzegów morskich i wpływu działania przemysłu ciężkiego na środowisko w rejonie tzw. czarnego trójkąta, obszaru na pograniczu Polski, Czech i Niemiec.

W ciągłym rozwoju znajduje się sieć satelitów meteorologicznych, z których danych nieodpłatnie korzysta na codzień większość krajów świata.

W ramach tych programów opracowywane są dane dotyczące między innymi zmian w warstwie ozonowej atmosfery. Specjalnie w tym celu został w roku 1991 umieszczony na orbicie przez rosyjską rakietę METEOR-3 amerykański satelita TOMS.

Satelitarne badania Ziemi osiągnęły obecnie poziom globalny, to znaczy, że wszystkie podstawowe dane dotyczące atmosfery, wód i oceanów, łądów i roślinności obejmują obszar całej kuli ziemskiej i w tej skali mogą być opracowywane.

W roku 1993 miano skompletować układ 24 satelitów (21 operacyjnych i 3 zapasowe) nawigacyjnych (GPS) pozwalających na precyzyjne określanie współrzędnych geograficznych. Względna dokładność wyznaczania współrzędnych w sieciach o rozmiarach około 100 × 100 km jest lepsza niż 2 cm. Najmniejszy ostatnio skonstruowany odbiornik sygnałów GPS, na którym odczytuje się współrzędne ma wymiary 10 × 7,5 cm i waży 110 g. Wprowadzenie systemu GPS zmienia zasadniczo sposób wykonywania typowych pomiarów geodezyjnych, a dokładność odczytów pozwala na precyzyjne śledzenie ruchów kontynentów, zmian rzeźby skorupy ziemskiej, stanu lodowców itp.

Użycie najnowszej konstrukcji systemów radarowych na satelitach (SAR — *synthetic aperture radar*) pozwala na dokładniejsze badania geomorfologiczne i hydrologiczne Ziemi, co jest wykorzystywane w poszukiwaniach surowców z wód podziemnych. Takie systemy radarowe pracują między innymi na satelitach UARS (NASA), ERS-1 (ESA), JERS-1 (Japonia) i ALMAZ (Rosja).

Jak widać, chociażby z tego krótkiego i fragmentarycznego omówienia, badania Ziemi z kosmosu i wykorzystanie technik kosmicznych w codziennej działalności ludzkiej mają już obecnie istotne znaczenie gospodarcze i polityczne. Znaczenie to będzie szybko wzrastać w miarę rozwoju technik satelitarnych i rosnących zapotrzebowań na wykorzystanie różnorodnych możliwości satelitów i stacji orbitalnych.

Drugim rodzajem działalności kosmicznej są badania naszego układu planetarnego. W chwili obecnej są to tylko programy badawcze, ale już obecnie zwraca się uwagę na różnorakie korzyści wynikające z eksploatacji Księżyca czy Marsa.

Wyniki dotychczasowych badań wprowadziły wiele korekt do obrazu naszego układu planetarnego, jaki istniał przed rozpoczęciem działalności kosmicznej.

Dzięki satelitom odkryto 23 nowe naturalne satelity planet układu słonecznego. Wiele faktów dotyczących zarówno planet jak i ich naturalnych satelitów nie mieści się w ramach naszych wyobrażeń o układzie planetarnym, jego genezie i ewolucji. Można zaryzykować twierdzenie, że jedna tylko misja amerykańskiego Voyager'a (w roku 1977) do granic układu słonecznego dostarczyła więcej informacji o planetach i ich satelitach niż trwające tysiące lat obserwacje astronomów prowadzone z Ziemi.

Oprócz szeroko znanego programu APOLLO, wykonano szereg lotów, część z nich z lądowaniem, na najbliższe planety Mars i Wenus. Obecnie trwa, rozpoczęta w roku 1990, misja *Ulysses* opracowana przez ESA. Głównym celem programu jest okrążenie Słońca po orbicie biegunowej. Tym samym po raz pierwszy zostaną dostarczone dane o strukturze korony Słońca w okolicy jego biegunów, dane o polu magnetycznym Słońca, strukturze promieniowania słonecznego i kosmicznego w tych rejonach oraz szereg innych informacji.

Największym programem, którego realizacja już się rozpoczęła, jest program lądowania człowieka na Marsie. We wrześniu 1992 roku amerykański „*Mars Observer*” zapoczątkował realizację tego programu. Następne loty są planowane na rok 1994 — przez Rosję, 1995 następny amerykański statek kosmiczny, 1996 — lot japońskiego orbitera marsjańskiego i następny rosyjski statek kosmiczny. Lądowanie ludzi na Marsie planuje się około roku 2015. Przygotowania do realizacji tego programu trwają od szeregu lat, oba projekty — rosyjski i amerykański realizowane są w szerokiej współpracy z innymi krajami. Program marsjański ulega ciągłym zmianom. Jedną z wersji tego programu przewiduje ścisłą współpracę USA i Rosji oraz wykorzystanie rosyjskiej rakiety *Energia* — najpotężniejszej obecnie rakiety nośnej, która może wynieść na niską orbitę ładunek 100 ton.

Innym ważnym programem, którego realizacja rozpocznie się w końcu dekady jest program założenia stałej bazy na Księżycu. Oprócz Stanów Zjednoczonych, własny, podobny program lądowania na Księżycu ma Japonia, która niezależnie od szerokiej współpracy międzynarodowej, intensywnie rozwija narodowy program kosmiczny. Realizacja programu księżycowego rozpocznie nowy etap w historii działalności kosmicznej. Po raz pierwszy zostanie założona stała stacja badawcza poza Ziemią, człowiek będzie żył i pracował na innym niż Ziemia naturalnym obiekcie kosmicznym.

Trwają intensywne prace nad budową największej sztucznej stacji kosmicznej „*Wolność*” (SSF — *Space Station Freedom*). Realizacja tego programu rozpocznie się również w tej dekadzie. Będzie to obiekt przeznaczony zarówno do badań Ziemi jak i układu planetarnego i wszechświata, ze stałą załogą zmienianą co jakiś czas. Na rok 1997 NASA planuje wysłanie stacji badawczej CASSINI do Saturna, którego 17 satelitów i słynne pierścienie od wieków intrygują badaczy. W drodze do Jowisza znajduje się pojazd kosmiczny Galileo, którego dotarcie w pobliże planety planowane jest na koniec 1995 roku.

Wymienione tutaj przedsięwzięcia nie wyczerpują całości programu badań układu słonecznego. Wiele sa-

telitów krążących wokół Ziemi również dostarcza informacji o innych planetach, wietrze słonecznym, plazmie kosmicznej i innych obiektach naszego układu planetarnego. Te informacje uzupełniają, jak również stymulują dalsze programy i misje międzyplanetarne.

Trzecim nurtem działalności kosmicznej są badania wszechświata, obiektów położonych poza układem słonecznym aż do granic możliwości obserwacyjnych. Prawie wszystkie informacje o wszechświecie czerpiemy z analizy promieniowania, które do nas dociera. Oprócz promieniowania korpuskularnego, którego analiza jest bardzo trudna ze względu na jego oddziaływanie z wiatrem słonecznym, polami magnetycznymi i elektrycznymi dociera do nas promieniowanie elektromagnetyczne w stosunkowo nieskażonej postaci i ono też jest głównym źródłem naszej wiedzy o wszechświecie. Zakres widmowy tego promieniowania jest bardzo szeroki i obejmuje około 18 rzędów wielkości długości fali (lub częstotliwości); od fal bardzo krótkich promieniowania gamma do fal długich o częstotliwościach radiowych. Atmosfera Ziemi jest przezroczysta tylko dla stosunkowo niewielkiego zakresu promieniowania elektromagnetycznego dochodzącego z kosmosu, stąd potrzeba budowy orbitalnych teleskopów i analizatorów promieniowania.

Stany Zjednoczone docelowo planują budowę czterech satelitarnych automatycznych obserwatoriów astronomicznych, niezależnie od już działających mniejszych analizatorów promieniowania. Są one przeznaczone do analizy promieniowania gamma, promieniowania X, światła widzialnego oraz bliskiej podczerwieni i nadfioletu, a także promieniowania podczerwonego aż do fal milimetrowych. Dwa z tych laboratoriów satelitarnych już działają. W roku 1990 rozpoczął pracę na orbicie teleskop Hubble'a (NASA) pracujący głównie w obszarze widzialnym, w 1991 roku na orbicie umieszczono analizator promieniowania gamma (NASA) tzw. GRO lub „Compton γ -ray Observatory”. Analizator promieniowania X planuje się zainstalować w końcu lat 90-tych, a spektrometr podczerwieni po roku 2000. Z mniejszych działających obecnie analizatorów promieniowania można wymienić COBE (*Cosmic Background Explorer*). Rezultaty badań anizotropii promieniowania resztkowego w obszarze mikrofalowym dostarczone przez tego satelitę pozwoliły na ilościowe oszacowanie energii wyprodukowanej w pierwszych chwilach istnienia wszechświata.

Mimo stosunkowo krótkiego okresu pracy oba laboratoria Hubble'a i Comptona dostarczyły szeregu nowych danych o naszej galaktyce i innych dalekich układach gwiazdnych. Niektóre z tych informacji, jak np. bardzo silne i krótkotrwałe rozbłyski promieniowania gamma obserwowane średnio raz na dobę nie były nigdy wcześniej zauważone, a ich pochodzenie stanowi zagadkę dla astronomów i fizyków.

Inne agencje i organizacje kosmiczne również realizują własne lub międzyagencyjne programy badania układu słonecznego i wszechświata. Jako przykład można wymienić niemiecko-amerykańsko-brytyjską misję ROSAT. Skatalogowano blisko 100 000 źródeł promieniowania X, większość z nich odkryto po raz pierwszy.

Europejska Agencja Kosmiczna realizuje program Horizon 2000, w ramach którego przewiduje się wysłanie kilku analizatorów promieniowania, w tym ISO (*Infrared Space Observatory*), najbardziej technicznie zaawansowany program badania wszechświata w obszarze podczerwieni.

Praca tych orbitalnych obserwatoriów może w istotny sposób skorygować nasze wyobrażenia o wszechświecie, a nawet spowodować gruntowne przewartościowanie naszej wiedzy na ten temat. Nie byłoby to możliwe bez rozwoju badań kosmicznych i technik satelitarnych.

Wymienione tutaj przykłady działalności kosmicznej mają raczej ilustracyjny charakter. Pominięto całe szerokie obszary badań, jak np. badania biologiczno-medyczne, technologię materiałów w warunkach mikrogravitacji, nie uwzględniono rozwoju techniki raketowej w tym planowanych rakiet o napędzie jądrowym i termojądrowym, nie zajmowano się sprawami ochrony środowiska kosmicznego, które stają się coraz bardziej istotne, nie omówiono szeregu innych programów kosmicznych równie ważnych i angażujących wielu naukowców, techników i znaczne środki finansowe. Pominięto również bardzo istotną sprawę edukacji młodzieży w dziedzinie badań i technik kosmicznych. Tylko w Stanach Zjednoczonych 1200 szkół jest wyposażonych w urządzenia pozwalające samodzielnie odbierać i analizować dane satelitarne (w Wielkiej Brytanii 250 szkół, w Niemczech 150).

Mimo że obraz działalności kosmicznej przedstawionej w tym artykule jest tylko fragmentaryczny i niekompletny to jednak nie ulega wątpliwości, że działalność kosmiczna to ogromne, międzynarodowe przedsięwzięcie o nieporównywalnej skali. Kosmos jest wielkim wyzwaniem dla ludzkości, wyzwaniem stymulującym postęp cywilizacyjny, zmieniającym obraz świata i wpływającym na życie i świadomość społeczeństw.

Udział Polski w badaniach kosmicznych i propozycje programowe

Do roku 1989 działania dotyczące kosmosu związane były z programem INTERKOSMOS, który powstał w 1967 roku. Program ten, mimo różnych ograniczeń pozwolił wytworzyć strukturę naukową i techniczną i wykształcić kadre. W zakresie badań polskie zespoły uczestniczyły w kilku misjach kosmicznych na radzieckich obiektach. Na odnotowanie zasługuje wysłany w roku 1973 satelita Kopernik-500 (Interkosmos 9), według projektu i z aparaturą w większości wykonaną w Polsce. Ważne wyniki dał udział w misji do komety Halleya (projekt VEGA) w roku 1984 i udział w wyprawie do Fobosa w roku 1988. Szereg projektów dotyczyło badań przestrzeni otaczającej Ziemi i zjawisk tam zachodzących. W sumie do roku 1992 wyniesiono na pokładach rakiet i sond kosmicznych 49 przyrządów polskich do eksperymentów typu fizycznego. Łoł kosmiczny Mirosława Hermaszewskiego mimo propagandowego nadużywania, miał swój interesujący ładunek naukowy. Po raz pierwszy przez polski zespół przeprowadzony został wówczas eksperyment krystalizacji w warunkach mikrogravitacji.

W ramach dotychczasowego programu dokonano również unikalnych badań medycznych i fizjologicznych, w tym 10 eksperymentów na orbicie. Nauczono się wykorzystywać dane teledetekcyjne, stosować satelitarne metody telekomunikacji, nawigacji i geodezji. Zorganizowany został ośrodek opracowywania danych dotyczących powierzchni Ziemi i środowiska i drugi przetwarzający dane dla potrzeb meteorologii. Oba pracują z pożytkiem dla gospodarki i społeczeństwa.

Obok uczestnictwa w programie INTERKOSMOS utrzymywane były różne kontakty na poziomie instytutów z placówkami krajów Europy Zachodniej i USA.

Finansowanie tych prac dokonywało się w ciągu ostatnich 15 lat poprzez centralny problem/program. Brało w nim udział ponad 30 instytutów, wyższych uczelni i innych jednostek. W roku 1990 nakłady na ten program wynosiły około 40 mld zł.

Od strony operacyjnej program był koordynowany przez Centrum Badań Kosmicznych PAN. Długofalową politykę badawczą i wdrożeniową określał Komitet Badań Kosmicznych PAN, który jednocześnie sprawował nadzór nad realizacją programu i reprezentował Polskę w kontaktach zagranicznych w sprawach dotyczących kosmosu.

Ranga w świecie polskich badań kosmicznych nie jest może imponująca, ale zauważalna. Na kongresie COSPAR w Dreźnie w 1990 roku było przedstawionych 11 referatów z Polski (dla porównania: Węgry — 15, Austria — 9, Czechosłowacja — 18, Szwecja — 16). Profesor S. Grzędziński jest od 1992 roku Dyrektorem Wykonawczym COSPAR'u, pięciu polskich naukowców jest członkami Międzynarodowej Akademii Astronautycznej.

O ile badania naukowe legitymowały się dobrym poziomem i wynikami, zastosowania systemów kosmicznych nie przynosiły wyników na miarę zapotrzebowania społecznego. Prawie nie było — tak istotnego w programach krajów zachodnich — sprzężenia polskiego programu kosmicznego z postępem technicznym w przemyśle. Do wyjątków można zaliczyć konstrukcję satelitarnego dalmierza laserowego, w której uczestniczyło szereg laboratoriów technicznych i zakładów przemysłowych.

Reasumując, dotychczasowa praca stworzyła wartościowe przesłanki do angażowania się Polski w działalność w przestrzeni kosmicznej. Rozproszenie tego potencjału byłoby wielkim błędem. Jednocześnie oczywista staje się konieczność restrukturyzacji programu, zmiana orientacji tak w sensie tematycznym jak i politycznym, zbliżenie się do form stosowanych w krajach Europy Zachodniej.

Cztery państwa na świecie posiadają i rozwijają własną technikę kosmiczną: USA, Rosja, Japonia i Chiny. Dwa inne Francja i Indie rozwijają wprawdzie własny potencjał, jednakże będąc ograniczone w zasobach, silnie współpracują z innymi. Niektóre bogatsze kraje trzeciego świata jak Indonezja, Iran, kraje arabskie zakupują usługi lub całe systemy satelitarne, natomiast rozwinięte kraje europejskie stosują model polegający na współdziałaniu między sobą i korzystaniu z potencjału zaprzyjaźnionego silnego partnera. Tak więc w Europejskiej Agencji Kosmicznej zjednoczone są: Hiszpa-

nia, Francja, Szwajcaria, Włochy, Austria, Niemcy, Belgia, Holandia, Irlandia, Wielka Brytania, Dania, Szwecja, Norwegia, Finlandia.

Zasadne jest pytanie czy Polsce potrzebny jest program kosmiczny. Zwłaszcza niepokój budzi sprawa kosztów, co do których istnieje rozpowszechnione mniemanie, że są bardzo wysokie.

Patrząc z bliska na działalność kosmiczną widzi się ogromną różnorodność celów. W badaniach naukowych przedmiotem mogą być tak odległe od siebie zagadnienia jak radioźródła pozagalaktyczne, wnętrza Ziemi i struktura molekularna kryształu. Rozpiętość zastosowań sięga od transmisji igrzysk olimpijskich do sterowania ruchem samochodów w mieście i od prognoz pogody do wykrywania schorzeń liści na drzewach. Elementem wiążącym między sobą tak różne sprawy jest struktura organizacyjna i techniczna, której podslawą jest system wynoszenia obiektów na orbitę.

Dla państwa takiego jak Polska oznacza to konieczność współpracy z partnerami zewnętrznymi. Dzięki współpracy, najdroższy czynnik — wynoszenie na orbitę — rozkłada się na wielu partnerów, najmocniej obciążając najbogatszych. Aby ta współpraca była możliwa musi istnieć struktura krajowa, która ją organizuje i ułatwia. To pierwszy powód, dla którego kraje rozwinięte powołały krajowe agencje kosmiczne.

Powodem drugim jest racjonalizacja wydatków. Określone elementy infrastruktury jak laboratoria, ośrodki testowe, stacje naziemne, bazy danych etc. służą różnym celom badawczym i użytkowym. Nie mogłyby być one stworzone i wykorzystane samodzielnie przez jednostki małe, ale mogą być racjonalnie użytkowane wspólnie. Wymaga to decyzji i inwestycji centralnych.

Istotnym jest również fakt, że zespoły ludzkie choć realizują odmienne zadania, merytorycznie się przenikają i uzupełniają. Tu może potrzeba formalnej struktury jest mniej ewidentna, ale doświadczenie poucza, że najlepszym sposobem integracji merytorycznej jest przymus finansowy.

Jeśli idzie o koszty badań, to oczywiście badania eksperymentalne są zawsze droższe od prac teoretycznych. Jednakże eksperymentowanie w kosmosie wcale nie musi być droższe od eksperymentowania na Ziemi, właśnie dzięki współpracy międzynarodowej. Podobna organizacja i rozkład kosztów ma miejsce np. w fizyce, gdzie duże instalacje mają charakter międzynarodowy. Tak więc badania kosmiczne podejmowane w Polsce nie są ze swej natury droższe czy tańsze od badań w innych dyscyplinach.

Program kosmiczny, tak jak jest formułowany w krajach Europy Zachodniej pokrywa zwykle trzy główne obszary działań:

Badania naukowe. Badania kosmosu, w kosmosie i z kosmosu, dostarczają obecnie i będą dostarczać fundamentalnych odkryć. Dotyczy to dyscyplin podstawowych jak fizyka i astrofizyka, nauk przyrodniczych jak geofizyka, oceanologia i aeronomia, fizyka Słońca i ciała układu słonecznego, wreszcie fizyka materiałów, biologia i medycyna.

Zastosowania. Obecnie rozwinęły się one conajmniej w trzech dziedzinach: teledetekcja (zdalne badanie Ziemi) — głównie dla potrzeb ochrony środowiska, meteorologii i rolnictwa; telekomunikacja tak w dziedzinie przekazu (telewizja) jak i łączności; nawigacja — morska, lotnicza i lądowa, pomiary geodezyjne. Wszystkie te trzy dziedziny mają również znaczenie militarne.

Postęp techniczny. Czynne uczestnictwo w programach kosmicznych jest jednym z najsilniejszych stimulatorów rozwoju techniki i technologii. Ten argument był decydującym przy podejmowaniu programu kosmicznego przez Europę Zachodnią.

Podobny układ można zastosować do programu polskiego. Te trzy różniące się od siebie rodzaje działalności uzupełniają się i razem tworzą spójną konstrukcję programową. Część badawcza jest najbardziej zapładniająca intelektualnie, jednocześnie jest wizytówką w światowej społeczności zaangażowanej w eksploracji kosmosu. Zastosowania — to czerpanie korzyści z dotychczasowych wyników tej eksploracji. Trzeci segment — inwestowanie w rozwój techniczny za pomocą sprawdzonego i wydajnego mechanizmu jest być może, najistotniejszy dla Polski.

Trzymając się wyżej podanego trzyczęściowego podziału programu, można obecnie starać się w przybliżeniu określić jego zawartość.

Możliwości badań kosmicznych w Polsce w dużym stopniu określone są potencjałem zespołów naukowych działających w tej tematyce. Drugim ważnym czynnikiem jest możliwość współpracy z partnerem zdolnym realizować projekty orbitalne (ESA, NASA, Rosja). Biorąc pod uwagę oba te czynniki można zaproponować następujące kierunki badań: fizyka kosmiczna (jonosfera, magnetosfera, plazma w przestrzeni międzyplanetarnej), astronomia (heliofizyka, planetologia, astrofizyka), fizyka materiałowa w warunkach mikrogravitacji, geodezja (pole grawitacyjne Ziemi, kinematyka Ziemi, geotektonika), oceanografia, fizyka atmosfery, medycyna lotów kosmicznych (psycho-fizjologiczne aspekty adaptacji do warunków lotu kosmicznego).

Potrzeby zastosowań w warunkach polskich najmocniej odczuwane są w zakresie teledetekcji, dotyczą one ochrony środowiska, rolnictwa, leśnictwa, gospodarki wodnej, meteorologii, geologii, topografii. Szczególnie sytuacja ekologiczna w Polsce woła o jak najszybsze szerokie zastosowanie metod satelitarnych. Zastosowanie technik satelitarnych w telekomunikacji umożliwi radykalne poprawienie łączności telefonicznej z zagranicą, elektroniczny przekaz danych, zastosowanie wyższych zakresów częstotliwości i nowych technik, pełniejsze wykorzystanie możliwości przez uczestnictwo w EUTELSAT.

W nawigacji, geodezji i gospodarce potrzebny jest głównie dostęp do informacji, standardów, łączność z ośrodkami koordynacyjnymi i organizacjami profesjonalnymi.

Dla korzystania z urządzeń satelitarnych Polska nie ma potrzeby budowania własnych systemów czy nawet pojedynczych obiektów kosmicznych. Trzeba jednak współpracować z tymi, którzy takie systemy tworzą i wprowadzają do eksploatacji. Niebezpieczne byłoby przyjmowanie postawy klienta, chcącego tylko za małą

opłatą korzystać z niektórych usług, gdyż wpędza to w zacołanie, a nawet uniemożliwia zdobywanie potrzebnych umiejętności. Ich brak może oznaczać zamknięcie ważnych dróg kontaktu ze współczesną cywilizacją i utratę pozycji partnera, z którym warto się komunikować.

Możliwości stymulowania postępu technicznego w Polsce są w chwili obecnej niezbyt wyraźnie rozpoznane. Chodzi głównie o niektóre działy przemysłu lotniczego i elektronicznego, w których mogą być lokowane kontrakty udzielane w ramach programu.

Dziedziny, w których Polacy mają szansę na sprośanie wymogom narzucanym przez organizacje kosmiczne to technika laserowa, technika mikrofalowa, informatyka pokładowa, technika przekazu danych, konstrukcje mechaniczne, optyka.

Trzeba jednak wyraźnie stwierdzić, że program kosmiczny nie jest receptą na przekształcenie polskiego przemysłu. Powinien on tylko dostarczać impulsów i tworzyć kanał przepływu technologii.

Z uwagi na szeroki zakres programu i jego ogólnopolskie znaczenie powinien być on finansowany z różnych źródeł, zależnie od stopnia zainteresowania i korzystania z wyników przez różne działy gospodarki narodowej.

Realna jest również możliwość korzystania z pomocy zagranicznej. Na możliwości takie wskazywali zarówno przedstawiciele Europejskiej Agencji Kosmicznej podczas rozmów w listopadzie 1990 roku jak i przedstawiciele NASA w rozmowach z delegacją polskiego przemysłu lotniczego.

Dla zarządzania programem należy utworzyć Polską Agencję Kosmiczną. Forma agencji kosmicznej jest szeroko stosowana w krajach zachodnich, aczkolwiek ich uprawnienia i organizacja są różne.

Należy kontynuować współpracę z Rosją i innymi krajami byłego bloku wschodniego w ramach umów bilateralnych, intensyfikując równocześnie maksymalnie współpracę z Europejską Agencją Kosmiczną. Trzeba jednocześnie dobrze wykorzystać otwierające się możliwości współpracy dwustronnej z USA i Francją.

W chwili obecnej istnieje w Komitecie Badań Naukowych Zespół d/s Badań z Wykorzystaniem Przestrzeni Kosmicznej powołany przez KBN dnia 8 lipca 1991 roku. Złożono również pakiet grantów obejmujący większość propozycji badawczych związanych z badaniami kosmicznymi. Przyznane granty pozwoliły na częściową kontynuację badań kosmicznych w instytucjach o profilu badawczym niezwiązanym bezpośrednio z programem badań przestrzeni kosmicznej.

Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych Polskiej Akademii Nauk przedłożył szereg propozycji i ekspertyz zwracających uwagę na ważność problemu i pilną potrzebę samookreślenia się Polski wobec możliwości wynikających z wykorzystania przestrzeni kosmicznej.

Działania podjęte przez KBN świadczą o zrozumieniu przez Komitet rangi badań kosmicznych w Polsce, wydaje się jednak, że dopiero powołanie struktury typu Polskiej Agencji Kosmicznej z odpowiednimi środkami i uprawnieniami zapewni normalne i skuteczne działanie polskich naukowców i techników w dziedzinie badania i wykorzystania przestrzeni kosmicznej.