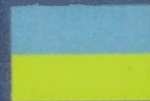


MILITARYZACJA KOSMOSU



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

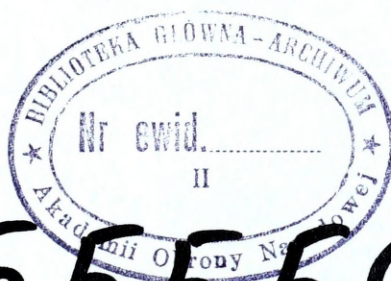
AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

AON 5483/03

MILITARYZACJA KOSMOSU

Studium teoretyczne

pod redakcją
Gabriela NOWACKIEGO



55559

WARSZAWA 2003

Recenzent

plk dr hab. inż. Józef MICHNIAK, prof. nadzw. AON

Zespół autorski:

ppłk dr inż. Gabriel NOWACKI

(Wstęp, Rozdz. 1, Rozdz. 2.1, Rozdz. 4.1, 4.2, Zakończenie)

kpt. dypl. Wiesław KRZESZOWSKI

(Rozdz. 2.2, Rozdz. 3, Rozdz. 4.3)

Projekt okładki

Gabriel NOWACKI

Redaktor techniczny

Beata KLAROWSKA

Korekta

Jolanta PUCHALSKA

022222

Skład, druk i oprawa: Akademia Obrony Narodowej – Wydział Wydawniczy
00-910 Warszawa, al. gen. A. Chruściela 103, tel. 681-40-55, tel./faks 681-37-52
Zam. nr 1644/2002

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	5
1. BADANIA NAUKOWE PRZESTRZENI KOSMICZNEJ	7
1.1. DAWNE BADANIA PRZESTRZENI KOSMICZNEJ	8
1.2. WSPÓŁCZESNE BADANIA PRZESTRZENI KOSMICZNEJ	17
2. GENEZA MILITARYZACJI PRZESTRZENI KOSMICZNEJ	21
2.1. GENEZA MILITARYZACJI KOSMOSU	21
2.2. PRAWNE MOŻLIWOŚCI MILITARNEGO UŻYCIA ŚRODKÓW KOSMICZNYCH	40
3. WSPÓŁCZESNE KIERUNKI MILITARYZACJI KOSMOSU	46
3.1. ROZPOZNANIE SATELITARNE	46
3.2. ŁĄCZNOŚĆ SATELITARNA	56
3.3. NAWIGACJA KOSMICZNA	58
3.4. METEOROLOGIA KOSMICZNA	61
3.5. ŚRODKI RAŻENIA	65
4. SIŁY KOSMICZNE WYBRANYCH PAŃSTW	76
4.1. SIŁY KOSMICZNE USA	76
4.2. WOJSKA KOSMICZNE FEDERACJI ROSYJSKIEJ	99
4.3. WOJSKA KOSMICZNE UKRAINY	111
ZAKOŃCZENIE	115
BIBLIOGRAFIA	117

WPROWADZENIE

Doświadczenia wyniesione z konfliktów zbrojnych pod koniec XX oraz na początku XXI wieku wskazują, że wykorzystanie systemów wsparcia kosmicznego jest jednym z zasadniczych warunków odniesienia sukcesu w walce zbrojnej.

Na skutek zimnej wojny dwa światowe mocarstwa – Stany Zjednoczone i były Związek Radziecki umieściły w przestrzeni kosmicznej potężne zaplecze, początkowo do badania kosmosu, a następnie do wykorzystania dla celów militarnych.

Wykorzystywanie przestrzeni kosmicznej w celach militarnych budziło zdecydowany sprzeciw wielu państw, w tym także USA i byłego ZSRR, które m.in. podpisały porozumienia w zakresie pokojowej eksploracji kosmosu. Pomimo tego obydwa mocarstwa od początku lat 60. umieszczały w przestrzeni kosmicznej satelity i urządzenia wojskowe.

Aktualnie militaryzacja kosmosu wkracza w nową fazę. Trzy kraje: USA, Federacja Rosyjska oraz Ukraina posiadają siły kosmiczne. Do konfrontacji w kosmosie przygotowują się również Chiny.

Przestrzeń kosmiczna staje się powoli teatrem działań wojennych. Wojskowe systemy satelitarne wspierały już operacje militarne m.in. w czasie wojny w rejonie Zatoki Perskiej i byłej Jugosławii.

Badania kosmiczne w zakresie wykorzystania kosmosu dla celów wojskowych wkraczają w nową fazę rozwoju. Amerykanie prowadzą testy nad bezzałogowymi satelitami, które, wyposażone w systemy antyrakietowe, będą niszczyć cele przeciwnika.

W 2012 r. planuje się umieścić w kosmosie (na satelitach) wysokoenergetyczny laser o dużej precyzji wykrywania i niszczenia celów. Testy tego urządzenia przeprowadzono już w bazie wojskowej niedaleko San Clemente (Kalifornia). Bardziej skuteczne od laserów (celność i czas reakcji) są akceleratorzy cząstkowe, które będą głównie wykorzystywane do niszczenia innych obiektów w kosmosie.

Prowadzone są również prace nad mikrosatelitami do zwalczania obiektów nieruchomych, takich jak: stanowiska dowodzenia, schrony itp. oraz czołgów.

Rozwinięte technicznie kraje są już niemal uzależnione od przestrzeni kosmicznej, w której znajdują się urządzenia zapewniające łączność cywilną i wojskową, przekazywanie danych meteorologicznych, ustalanie położenia samolotów czy statków itp. Uderzenie w te systemy oznacza nie tylko „oślepienie” armii, ale także paraliż całych krajów.

W tym kontekście treść poznawcza pracy została podporządkowana osiągnięciu głównego celu: *Określić możliwości wykorzystania przestrzeni kosmicznej dla celów wojskowych.*

Osiągnięcie głównego celu badań nastąpiło na drodze rozwiązania głównego problemu badawczego: *Jakie są możliwości wykorzystania przestrzeni kosmicznej dla celów wojskowych?*

Z głównego problemu badawczego wyniknęły następujące problemy szczegółowe:

1. *Jaki jest aktualny stan wiedzy naukowej nt. przestrzeni kosmicznej?*
2. *Jaka jest geneza militaryzacji przestrzeni kosmicznej?*
3. *Jakie są współczesne kierunki militaryzacji przestrzeni kosmicznej?*
4. *Jak zorganizowane są siły kosmiczne w wybranych państwach?*

Praca składa się z czterech rozdziałów i zawiera wyniki badań, ujęte w formie teorii, oraz propozycje przyszłościowych rozwiązań dotyczących wykorzystania kosmosu.

W *rozdziale pierwszym* przedstawiono genezę badań oraz aktualny stan wiedzy na temat wszechświata.

Zasadniczą treścią *rozdziału drugiego* jest geneza militaryzacji kosmosu oraz stan prawny wykorzystania go w tym zakresie.

Rozdział trzeci poświęcono współczesnym kierunkom wykorzystania kosmosu dla celów wojskowych.

W *rozdziale czwartym* scharakteryzowano siły kosmiczne wybranych państw oraz ich możliwości.

1. BADANIA NAUKOWE PRZESTRZENI KOSMICZNEJ

Kosmos (Wszechświat) to wszystko co istnieje – materia, przestrzeń, energia i czas. Innymi słowy jest to przestrzeń poza Ziemią, w której znajdują się gwiazdy wraz z planetami i innymi jeszcze drobniejszymi ciałami niebieskimi, ich skupiskami – galaktykami, gromadami galaktyk, materią międzygalaktyczną i innymi obiektami.

Przestrzeń kosmiczna dzieli się na bliską i daleką (głęboką). Bliska (wokółziemską) rozpoczyna się jeszcze w atmosferze Ziemi na wysokości 1000 km, na której przestaje działać siła wyporności aerodynamicznej i sięga rzędu 100 000 km od powierzchni Ziemi. Dalej rozciąga się przestrzeń daleka (jej widzialna przez człowieka część rozciąga się na odległość 1,6 kwadrylionów kilometrów¹), która stanowi przedmiot zainteresowania m.in. współczesnej wojskowości ze względu na możliwość wykorzystania kosmosu do celów militarnych.

Wszechświat jest tak wielki, że nie sposób objąć go umysłem. Jego najdalsze, wykryte galaktyki znajdują się w odległości przekraczającej 10 miliardów lat świetlnych² i wciąż się oddalają. Dziś najczęściej przyjmuje się, że podstawową cechą Wszechświata jest jego nieskończoność. Z tego też powodu poznawanie jego struktury rozpoczęło się od najbliższego otoczenia Ziemi i w miarę rozwoju nauki i techniki postępuje coraz dalej.

Już w starożytności widoczne były dwa nurty badań w tym zakresie:

- praktyczny – związany z potrzebami życia codziennego,
- naukowy – koncentrujący się na budowie modeli matematycznych, które pozwalały opisywać ruchy planet na sferze niebieskiej i przewidywać ich przyszłe położenie.

Prowadzone badania ograniczały się głównie do prowadzenia obserwacji i obliczeń. Dopiero w drugiej połowie XX wieku, po wystrzeleniu pierwszego sztucznego satelity, zaczęto bezpośrednio badać rozległą i nieznana otchłań przestrzeni kosmicznej.

Badanie przestrzeni kosmicznej leży w gestii dwóch dyscyplin naukowych: kosmogonii i kosmologii.

Kosmogonia jest nauką, której przedmiotem jest pochodzenie i budowa Wszechświata. Natomiast celem poznania *kosmologii* jest poznanie budowy i struktury Wszechświata jako całości (poznanie największego ze wszystkich moż-

¹ Kwadrylion – milion trylionów = bilion bilionów = milion milionów milionów milionów kilometrów.

² Rok świetlny – stosowana w astronomii jednostka długości, równa odległości, jaką światło przebiega w próżni w ciągu jednego roku zwrotnikowego, tzn. ok. 9,5 biliona kilometrów.

liwych zbiorów obiektów materialnych). Niektórzy naukowcy zaliczają kosmologię do fizyki teoretycznej – ze względu na jej typowo dedukcyjny charakter, inni do astronomii – ze względu na przedmiot badań.

Pierwotnie kosmologię identyfikowano z astronomią. Rozdział nastąpił w chwili, gdy się przekonano o istnieniu obiektów nie dających się zaobserwować (z powodu zbyt dużych odległości). Wtedy też kosmologia związała się z kosmogonią, ponieważ obecny stan Wszechświata należy rozpatrywać w powiązaniu z jego przeszłością. Niezależnie od tego uświadomiono sobie, że wyniki obserwacji dotyczą w zasadzie przeszłości obserwowanych obiektów (tym bardziej cofniętej w czasie, im dalej znajduje się obiekt badany), co jeszcze bardziej zbliżyło kosmologię do kosmogonii.

1.1. Dawne badania przestrzeni kosmicznej

Dotychczasowe badania Wszechświata dowodzą, że pierwsze obserwacje przestrzeni kosmicznej prowadzone były w Egipcie, gdzie już ok. 3000 r. p.n.e. został wprowadzony kalendarz oparty na podziale roku na 365 dni oraz podział dnia i nocy na 12 części, skąd wzięła się doba mająca 24 godziny.

Irlandzki astronom Paul Griffin utrzymuje, że udało mu się odkryć przedstawienie przebiegu zaćmienia Słońca sprzed ponad 5 tysięcy lat. Byłby to rekord w kategorii zarejestrowanych zaćmień, przebijający wiekiem najdawniejsze źródła babilońskie, egipskie czy chińskie.

W IV i III tysiącleciu przed naszą erą w Europie powstało wiele budowli megalitycznych, wznoszonych z głazów i ziemi, pełniących funkcje rytualne, nierzadko będących miejscami pochówku swych budowniczych. Jednym z miejsc obfitujących w takie budowle, zwłaszcza grobowce, są góry Loughcrew w Irlandii, niepełna 100 km na północ od Dublina. Na ich ścianach widnieją – typowe dla wielu megalitów – wyryte w kamieniu współśrodkowe kręgi.

Astronom twierdzi, że jedna z tych kompozycji odzwierciedla nasuwanie się tarczy Księżyca na dysk słoneczny, czyli zaćmienie Słońca, które mogło być obserwowane w tym regionie w popołudniowy jesienny czas, 30 listopada 3340 roku p.n.e. (rys. 1.1).

Griffin posłużył się w swych poszukiwaniach programem komputerowym obliczającym przebieg zaćmień Słońca dla dowolnego okresu. Przeanalizował ponad 90 tego typu zjawisk dla tej części świata w odpowiednim okresie czasu. Zaćmienie z 3340 roku p.n.e., jak utrzymuje, idealnie pasuje do konfiguracji dwóch zbiorów koncentrycznych kręgów na ścianie jednego z grobowców w Loughcrew.

Wybrane przez irlandzkiego badacza zaćmienie było obrączkowe – Księżyc zakrył 98,2% słonecznej tarczy, pozostawiając w maksymalnej fazie zaćmienia

jasną obręcz wokół swego ciemnego dysku. Działo się to tuż przed zachodem Słońca, które skrywając się pod horyzont wciąż pozostawało w części zaćmione.

Sumerowie zamieszkujący Mezopotamię wnieśli swój wkład do badań Wszechświata poprzez wprowadzenie nazw dla gwiazdozbiorów. Najstarsze teksty, pochodzące z czasów babilońskich, datowane są na przełom XVIII/XVII w. p.n.e. Najstarsze z nich to „Enuma Anu Enlil”, które zawierało dane o położeniu i okresach widoczności Wenus.



Rys. 1.1. Zaćmienie Słońca z 3340 r. p.n.e. Fot. Paul Griffin

Babilończycy wprowadzili Zodiak (ok. V w. p.n.e.) zarówno jako konstelację, jak i koło wielkie (podstawa ekliptycznego układu współrzędnych na sferze niebieskiej) oraz inne „fundamentalne” parametry, takie jak: rok zwrotnikowy, zależności między obiegami planet itp. Już ok. 500 r. p.n.e. astronomia babilońska umożliwia obliczanie czasu występowania zjawisk na niebie, takich jak: nów i pełnia Księżyca, zaćmienia, okresy widoczności planet.

Astronomia w Grecji również „owocowała” ciekawymi osiągnięciami i teoriami. Początkowo była ona nauką czysto opisową. Wtedy też pojawiło się wiele teorii kosmologicznych nt. fizycznej natury świata i ciał niebieskich. Autorami tych teorii byli: Tales z Miletu, Anaksymander oraz Pitagoras.

Tales z Miletu (ok. 620–ok. 540 p.n.e.), filozof, matematyk i astronom grecki, przewidział zaćmienie słońca na dzień 28.05.585 r. p.n.e., oraz twierdził, że Księżyc świeci światłem odbitym. Przedstawił również model świata, jako płytę pływającą po oceanie.

Pitagoras (ok. 572–497 p.n.e.) rozpoznał kulisty kształt Ziemi i wprowadził termin „kosmos”. Wyobrażał on sobie niebo jako szereg kryształowych kul, obra-

cających się dokoła Ziemi wraz z osadzonymi na nich planetami i gwiazdami. Poglądy Pitagorasa na budowę świata zachowali: Platon, Eudoksos i Arystoteles.

Platon (ok. 437–347 p.n.e.) bronił teorii kulistości Ziemi. Przyjmował w swej kosmologii, że Wszechświat jest „urządzony harmonijnie”, a ruch ciał niebieskich jest jednostajny i kołowy. Jednak założenie to sprawiało duże problemy.

Jako pierwszy problem ten rozwiązał **Eudoksos z Knidos** (ok. 408–355 p.n.e.), uczeń Platona, który przedstawił model świata w postaci współśrodkowych sfer. W modelu tym każda planeta była unoszona przez jedną lub kilka sfer, obracających się ze stałą prędkością wokół Ziemi.

Eudoksos przyjmował, że dla każdej planety istnieje szereg sfer współśrodkowych, których obrót, odbywający się z jednostajną prędkością wokół odpowiednio nachylonych wzajemnie osi, powoduje, że umieszczona na obwodzie najbardziej wewnętrznej sfery planeta obiega Ziemię, opisując okresowo pętle na tle gwiazdozbiorów Zodiaku.

Arystoteles (384–322 p.n.e.), twierdził, że Wszechświat jest zbudowany z pięciu elementów, posiadających w nim swe naturalne położenie. Wśród nich najcięższa była Ziemia i dlatego znajdowała się w środku świata. Nieco lżejsza woda tworzyła na jej powierzchni morza, jeziora i rzeki, a lżejsze od niej powietrze otaczało wokół glob ziemski. Sfera ognia sięgała aż do sfery Księżyca. Ponad nią były już ciała niebieskie, zbudowane z eteru, który w przeciwieństwie do czterech pierwszych elementów miał być doskonały i wieczny. Ciała niebieskie były oczywiście obdarzone wiecznym ruchem kołowym.

Zdecydowanie natomiast odrzucał on wszelkie poglądy o ruchu Ziemi, którą jednak uważał za kulę. Jako dowód przytaczał obserwowany podczas zaćmień Księżyca kulisty kształt jej cienia oraz fakt, iż w miarę przesuwania się na południe ukazują się na niebie coraz to inne gwiazdozbiory. Dokoła nieruchomej Ziemi miały krążyć realnie istniejące sfery ciał niebieskich zbudowane z idealnie przezroczystego kryształu. Obracały się one dokoła ziemskiego globu i unosiły poszczególne ciała niebieskie, które były uporządkowane w następującej kolejności: Księżyc, Słońce, Wenus, Merkury, Mars, Jowisz, Saturn i gwiazdy stałe.

Główna idea tego poglądu – geocentryzm – przetrwała w nauce do XVI stulecia. Sama jednak teoria sfer współśrodkowych musiała upaść już w starożytności, ponieważ miała jeden zasadniczy brak. Przewidywała mianowicie, że planety zachowują niezmienną odległość od Ziemi. Tymczasem jasność tych ciał ulega okresowym wahaniom, co można wyjaśnić tylko ich zbliżaniem do Ziemi i oddalaniem się od niej. Dokładniejsze zaś obserwacje wykazały, iż w niewielkich granicach zmienia się także pozorna jasność Słońca i Księżyca, a więc i te ciała nie zachowują stałej odległości od Ziemi. Zjawiska powyższego w żaden sposób nie dało się wyjaśnić za pomocą sfer homocentrycznych.

Przedstawienie obserwowanego ruchu ciał niebieskich za pomocą kombinacji kilku jednostajnych ruchów kołowych przyjęte zostało przez fizykę arystotelesow-

ską jako podstawowa zasada astronomii, podobnie jak i sam system sfer współśrodkowych Eudoksosa.

Model ten rozwinął później Kallippos, zwiększając liczbę sfer z 26 do 35, a następnie przyjął go Arystoteles, który „rozbudował” go do 55 sfer. Jednakże model ten nie był w stanie opisać ruchu planet.

Arystoteles przedstawił również swoje dowody na kulistość Ziemi, poprzez kształt jej cienia oraz zmiany wysokości gwiazdy ze zmianą południka.

Nieco odmienne poglądy reprezentował **Heraklides z Pontu** (388–ok. 315 p.n.e.), który twierdził, że Ziemia obraca się wokół swej osi raz na dobę, co w prosty i zgodny z rzeczywistością sposób wyjaśniało dobowy obrót sfery niebieskiej. Ale zapewne jeszcze większe znaczenie dla rozwoju astronomii miało jego drugie twierdzenie, zgodnie z którym Merkury i Wenus krążą dokoła Słońca i dopiero wraz z nim obiegają Ziemię. Twierdzenie to oparł na znanym od dawna fakcie, że obie planety widoczne są zawsze blisko Słońca.

W ten sposób Heraklides zdecydowanie podważał dotychczasowe wyobrażenia o budowie Wszechświata. Po raz pierwszy bowiem wysunął odważną myśl, że niektóre planety mogą okrążać Słońce. Śmiało można go więc uważać za pierwszego twórcę teorii heliocentrycznej, chociaż zastosował ją tylko do ruchu dwóch planet. W każdym razie od systemu Heraklidesa był już tylko jeden krok do teorii heliocentrycznej, z którą pół wieku później wystąpił **Arystarch z Samos** (ok. 320–ok. 250 p.n.e.). Był on już przekonany, że Ziemia nie tylko obraca się wokół swej osi, ale – podobnie jak inne planety – krąży dokoła znajdującego się w środku jej drogi Słońca.

Do tego nadzwyczaj śmiałego wniosku Arystarch doszedł drogą logicznego rozumowania, opartego na dokonanych przez siebie pomiarach odległości Słońca od Ziemi i jego względnych rozmiarach. Posłużył się przy tym prostą metodą geometryczną, stosowaną i dziś przez geodetów do pomiarów naziemnych. Przede wszystkim założył, iż wielkość fazy Księżyca zależy od kąta, jaki w danym czasie tworzą ze sobą linie łączące Słońce z Księżycem i Księżyc z Ziemią. Podczas pierwszej i ostatniej kwadry kąt ten jest równy kątowi prostemu. Wystarczy więc zmierzyć wówczas kąt między kierunkiem do Słońca a kierunkiem do Księżyca, aby określić odległość Słońca od Ziemi w stosunku do odległości Księżyca od Ziemi.

Z pomiaru wykonanego przez Arystarcha wynikało, że w czasie kwadry odległość katowa między Księżycem a Słońcem wynosi 87° , a zatem kąt, pod którym ze Słońca byłoby widać odległość Księżyca od Ziemi, winien mieć 3° . Na podstawie tych danych Arystarch obliczył, że Słońce znajduje się 19 razy dalej od Ziemi niż Księżyc. Jego pomiar nie był jednak dokładny, bo w rzeczywistości kąt pomiędzy Księżycem w kwadrze a Słońcem jest prawie równy 90° . Faktyczna więc odległość Słońca od Ziemi jest około 20 razy większa.

Te rozbieżności są jednak całkowicie zrozumiałe, gdyż Arystarch posługiwał się bardzo prymitywnymi przyrządami i nie mógł uzyskać większej dokładności. Nie mógł też wyznaczyć bezwzględnych odległości Księżyca i Słońca od Ziemi, ani ich faktycznych rozmiarów, byłoby to bowiem możliwe dopiero wtedy, gdyby znał wartość chociażby jednej z danych, jakie występowały w jego rozważaniach. Niestety w owym czasie nie znano nawet rozmiarów naszej planety.

Pomiary Arystarcha po raz pierwszy wykazały, że Słońce ma znacznie większe rozmiary od Ziemi i dlatego jest nieprawdopodobieństwem, aby dokoła niej krążyło. Prosta logika wskazywała przecież, że raczej mniejsze ciało powinno obiegać ciało większe. Tak przypuszczalnie zrodziła się myśl Arystarcha o okołosłonecznym ruchu Ziemi. Nie wiadomo wprawdzie, jak dalece rozwinął on swoją teorię i w jaki sposób wyjaśniał ruchy innych planet, ale najprawdopodobniej przyjmował, że i one krążą dokoła Słońca, które znajduje się w środku Wszechświata. Dlatego też należy uważać Arystarcha za prekursora teorii heliocentrycznej.

Ta postępową teoria została jednak odrzucona przez najwybitniejszych myślicieli greckich, gdyż zbyt bardzo wyprzedzała swoją epokę. Okołosłonecznemu ruchowi Ziemi przeczyły zarówno utarte poglądy na budowę Wszechświata, jak i ogólnie przyjęte wyobrażenia religijne.

Odległość Słońca do Ziemi próbował wyznaczyć także **Eratostenes** (ok. 276–196 p.n.e.). Stwierdził, że w momencie przesilenia letniego w Syrene (obecny Asuan) promienie Słońca oświetlają dna najgłębszych studni. Pomiar kąta padania promieni Słońca tego samego dnia w Aleksandrii dał wynik 7,5 stopnia. Obie miejscowości leżą na tym samym południku, więc zmierzwszy ich wzajemną odległość (ok. 800 km) można było obliczyć obwód i średnicę Ziemi. Przypuszcza się obecnie, że błąd pomiaru obwodu Ziemi Eratostenesa (ok. 220 r. p.n.e.) wynosił ok. 5%.

Apoloniusz z Pergi (ok. 262–ok. 190 p.n.e.) przedstawił dwa modele orbit planet (oba te modele były równoważne):

- planeta krąży wokół Ziemi ruchem jednostajnym po okręgu, ale Ziemia nie leży w jego środku, lecz jest od niego nieco odsunięta, co miało powodować zmiany odległości planet od Ziemi,
- planeta porusza się ruchem jednostajnym po małym okręgu (epicykl), którego środek również wędrował ruchem jednostajnym po dużym okręgu (deferent), natomiast środek deferentu pokrywał się z Ziemią.

Pierwszy z tych modeli wykorzystał **Hipparch** (190–125 p.n.e.) do opisu ruchu Słońca wokół Ziemi. Wyzначył on parametry orbity na podstawie pomiarów długości dwóch pór roku: wiosny i lata. Drugi z modeli posłużył mu do przedstawienia ruchu Księżyca. Jemu przypisuje się odkrycie zjawiska precesji astronomicznej, prowadzenie systematycznych obserwacji astronomicznych oraz sporządzenie pierwszego obszernego katalogu gwiazd. Był on „największym” ze starożytnych astronomów. Dane o jego osiągnięciach zachowały się niemal wyłącznie

we fragmentach „Megale syntaxis” („Almagestu”) Ptolemeusza, który był kontynuatorem jego dzieła.

Był on zdecydowanym zwolennikiem poglądu, że Ziemia stanowi nieruchomy środek Wszechświata, a planety, Słońce, Księżyc i gwiazdy obiegają ją ruchem jednostajnym po kolistych torach. Musiał jednak odrzucić teorię sfer homocentrycznych, ponieważ była niezgodna z odkrytymi przez niego nieregularnościami ruchu ciał niebieskich. Dlatego postanowił opracować nową teorię budowy Wszechświata, wykorzystując ideę, której podstawy dał matematyk grecki Apoloniusz z Perga.

Ta nowa teoria budowy Wszechświata, zwana potocznie teorią epicykli i deferentów, jest w zasadzie dalszą modyfikacją metody składania jednostajnych ruchów kołowych. Zasadniczymi jednak jej elementami nie był już układ wyodrążonych kół, lecz układ ruchomych kół. Podstawą tej teorii jest po prostu składanie dwu i większej liczby jednostajnych ruchów kołowych w ten sposób, by środek jednego obracającego się koła poruszał się po obwodzie koła drugiego. Dobranie odpowiedniej liczby kół oraz kierunków i prędkości ich obrotu pozwalało na otrzymanie wielu złożonych ruchów.

Nową teorię budowy Wszechświata Hipparch zdołał opracować jedynie w ogólnych zarysach, zadowalając się właściwie tylko wyjaśnieniem złożonych ruchów Słońca i Księżyca. Miał z tym niemało kłopotu, bo przecież należało wytłumaczyć nieregularności ich biegów bez naruszania niewzruszonej rzekomo tezy, że doskonały ruch może być tylko jednostajny i odbywać się po kole. Dlatego musiał posłużyć się ekscentrykiem, czyli takim okręgiem, którego środek znajduje się poza ziemskim globem. Słońce i Księżyc krążyły po swych torach z jednostajną prędkością, a tylko obserwatorowi znajdującemu się na odsuniętym od środka ekscentryku Ziemi ruch ten wydawał się nierównomierny.

Hipparch nie opracował teorii ruchu planet, ponieważ dysponował zbyt skąpym materiałem obserwacyjnym.

Wybitny astronom aleksandryjski **Klaudiusz Ptolemeusz** (ok. 100–ok. 168 n.e.) podjął dzieło swego wielkiego poprzednika i doprowadził je do końca. Opracowany przez niego model budowy Wszechświata był szczytowym osiągnięciem astronomii greckiej i przetrwał niemal do połowy XVI wieku n.e.

W środku Wszechświata wciąż nieruchomo tkwiła Ziemia, pozbawiona nawet ruchu wirowego. Dokoła niej najbliższej krążył Księżyc, a dalej znajdowały się deferenty i epicykle planet dolnych. Merkury poruszał się po obwodzie mniejszego epicykla, Wenus zaś po obwodzie większego. Ich środki musiały zawsze leżeć na linii łączącej Ziemię ze Słońcem, gdyż planety te jedynie oscylują dokoła niego, nigdy nie oddalając się na większą odległość. Na zewnątrz deferentu Wenus znajdował się ekscentryk Słońca bez epicykla, a za nim deferenty planet górnych – Marsa, Jowisza i Saturna. Mogły one oddalać się od Słońca o dowolnie duże kąty, poruszając się po deferentach. Im dalsza była planeta, tym dłuższy miała okres

obiegu. Natomiast ich ruch po epicyklach odbywał się w ciągu roku i w tym też czasie zakreślały na niebie pętle.

Kolejność planet w systemie Ptolemeusza nie była dziełem przypadku, trzymał się bowiem pochodzącej od pitagorejczyków zasady, że im dłuższy jest okres obiegu planety, tym większa musi być jej odległość od Słońca. Zasada ta jest całkowicie słuszna, toteż Ptolemeusz potrafił dość dokładnie określić względne odległości w naszym systemie planetarnym. Wystarczyło zatem znać bezwzględną odległość Ziemi od Słońca, aby obliczyć faktyczne odległości między poszczególnymi planetami. Takiego pomiaru w starożytności nie umiano jeszcze przeprowadzić.

Podany wyżej opis budowy Wszechświata jest naturalnie dużym uproszczeniem modelu Ptolemeusza. Faktycznie każda planeta miała nie jeden, ale cały system epicykli, poruszających się po przesuniętych względem Ziemi deferentach. Ponadto wprowadził on jeszcze trzeci rodzaj kół, zwanych ekwantami, które miały wyrównywać pewne odchylenia w ruchu planet. Środek ekwantu położony był nie tylko poza środkiem Ziemi, lecz i poza środkiem deferentu, w odniesieniu do którego ruch epicykla odbywał się z jednostajną szybkością kątową. W ten sposób Ptolemeusz obszedł niewzruszoną zasadę jednostajnych ruchów kołowych, bo w istocie środek epicykla z planetą na obwodzie poruszał się po deferencie ze zmienną prędkością.

Ptolemeuszowski model budowy Wszechświata był w rzeczywistości bardzo skomplikowany. Jednak ówczesna wiedza przyrodnicza była na tak niskim poziomie, że nawet nie zdawano sobie z tego sprawy. Tym również należy tłumaczyć dużą dowolność w dobieraniu sztucznych konstrukcji geometrycznych, i to jedynie w tym celu, by obserwacje doprowadzić do możliwie największej zgodności z teorią. A obserwowane od czasu do czasu drobne nieścisłości w ruchu planet uważano za wynik przyjęcia złych danych liczbowych, a nie za błędne założenia teoretyczne.

Albert Wielki (ok. 1206–1280) i jego uczeń **Tomasz z Akwinu** (1225–1274) dostosowali filozofię Arystotelesa do teologii chrześcijańskiej. Kościół uznał arystotelesowski podział Wszechświata na dwie odmienne części (ziemską i niebieską), ale odrzucił jego teorię sfer homocentrycznych, gdyż teoria epicykli i deferentów Ptolemeusza lepiej tłumaczyła obserwowane ruchy planet na niebie.

Niewielkie poprawki do teorii Ptolemeusza usiłowali wprowadzić w XIII i XIV wieku astronomowie arabscy. Poszukiwali oni takich sposobów, by – zachowując system kół orbitalnych i centralne położenie Ziemi – uwolnić ją od ekwantu. Ich próby dały kilka interesujących pod względem geometrycznym rozwiązań, m.in. **Ibn asz-Szatir z Damaszku** (1304–ok. 1375) zaproponował niemal taką samą konstrukcję, jaką dwa wieki później posłużył się Mikołaj Kopernik już w teorii heliocentrycznej. W konstrukcji tej ruch planety po deferencie odbywał się ruchem jednostajnym, dodatkowy zaś epicykl powodował jej okresowe odchylenia z równym powodzeniem, z jakim czynił to ekwant u Ptolemeusza.

Zasługą astronomów muzułmańskich było nie tylko wzbogacenie astronomii o nowe elementy, ale także przechowywanie dorobku myśli greckiej i następnie przekazanie jej średniowiecznej Europie. Za ich też pośrednictwem astronomowie europejscy zapoznali się z teorią geocentryczną Ptolemeusza.

Duże zasługi w tym zakresie oddali: astronom wiedeński **Georg Peurbach** (1423–1461) i **Johannes Müller**, zwany powszechnie Regiomontanusem (1436–1476). Oni pierwsi w Europie dali jasny wykład geocentrycznej teorii Ptolemeusza i wykazali jej braki. Dzięki nim astronomia powoli zbliżała się do stanu wymagającego zasadniczej reformy, której w następnym stuleciu dokonać miał polski astronom **Mikołaj Kopernik** (1473–1543).

Kopernik zastał Ziemię mocno osadzoną w środku Wszechświata. Konieczna więc była duża wnikliwość z jego strony i nie mniejsza odwaga, by uczynić ją jedną z planet, w jej zaś miejscu umiejscowić Słońce. Jeszcze za życia wielkiego astronoma krok ten spotkał się z ostrą oceną ze strony przywódców reformacji, a po latach potępił go także kościół katolicki. Tylko nieliczni uczeni od razu zdecydowanie opowiedzieli się za nowym poglądem na budowę Wszechświata.

Układ heliocentryczny Kopernika wychodził z następujących założeń: środkiem Wszechświata nie jest Ziemia, lecz największe z wszystkich ciał niebieskich – Słońce. Dokoła niego krążą planety poruszające się w jednym i tym samym kierunku. Wśród nich jest także Ziemia, obracająca się w ciągu doby wokół swej osi i okrążająca raz na rok Słońce. W zasadzie był więc bardzo podobny do modelu Arystarcha, do którego zresztą Kopernik z całą świadomością nawiązywał. Różnica polegała jednak na tym, że polski astronom wprowadził jeszcze trzeci ruch Ziemi. Jej oś obrotu nie jest bowiem stale skierowana w ten sam punkt sfery niebieskiej, ale wolno zatacza w przestrzeni niewielki krąg. Pociąga to za sobą zmianę położenia biegunów niebieskich oraz przesuwanie się punktów równonocy wiosennej i jesiennej.

Wszystko to w zasadniczy sposób zmieniał dotychczasowe wyobrażenia o budowie Wszechświata. Stwierdzenie bowiem, że Ziemia się porusza i wśród innych ciał niebieskich nie zajmuje centralnego położenia, godziło nie tylko w utwierdzone od wieków poglądy filozoficzne i teologiczne, ale i w ugruntowane podstawy astronomiczne i fizyczne. Do tej pory panowało przecież przekonanie, że obrotowy ruch sfery gwiazd stałych jest wynikiem działania płynącej z zewnątrz siły nadprzyrodzonej. Od tej właśnie sfery miały przejmować ruch sfery wewnętrzne, na obwodach których znajdowały się planety, Słońce i Księżyc. Tymczasem system Kopernika wymagał wytłumaczenia ruchu planet wewnątrz nieruchomej sfery gwiazd stałych.

Po raz pierwszy wreszcie zostały należycie wyjaśnione nieregularności w biegu planet. Zakreślane przez nie pętle na niebie, to przecież nic innego, jak tylko odbicie okołosłonecznego ruchu Ziemi i ruchu samej planety. Zjawisko powyższe powstaje wówczas, kiedy odległość między którąś z planet a Ziemią jest najmniejsza

i kiedy oba ciała przez jakiś czas biegną w przestrzeni równolegle obok siebie. Wtedy ujawnia się różnica ich prędkości kątowej i obserwator ziemski odnosi wrażenie, że dana planeta porusza się ze wschodu na zachód, zamiast – jak to zwykle czyni – z zachodu na wschód.

Z powyższej analizy wynika, że Kopernik znacznie uprościł budowę Wszechświata, przenosząc jego środek z Ziemi na Słońce. Pozostał jednak wierny fałszywej tezie antycznej o doskonałości jednostajnego ruchu kołowego i dlatego w swym modelu musiał zastosować szereg niewielkich epicykli, które miały tłumaczyć inne odchylenia w ruchu planet.

Epicykle te usunął z astronomii wybitny matematyk i astronom niemiecki **Johannes Kepler** (1571–1630), odkrywając trzy znane prawa ruchu planet. Doszedł do nich w oparciu o analizę bogatego materiału obserwacyjnego, zebranego przez sławnego astronoma duńskiego **Tychona Brahe** (1546–1601) w ciągu wielu lat żmudnej pracy.

Pierwsze prawo głosi, iż orbity planet nie są kołami, lecz mają kształt elips, przy czym Słońce znajduje się zawsze w jednym z ich ognisk. Po orbicie poruszają się – zgodnie z drugim prawem – nie ruchem jednostajnym, ale ze zmienną prędkością. Jest ona największa wtedy, gdy dana planeta znajduje się najbliżej Słońca, najmniejsza zaś, gdy maksymalnie się od niego oddali. Trzecie wreszcie prawo wyraża stosunek, jaki zachodzi między rozmiarami orbity jakiejś planety a czasem jej obiegu po tej orbicie; dalsza planeta wolniej się porusza po orbicie i więcej czasu zużywa na jej pełny obieg od planety krążącej bliżej Słońca.

Prawa te unowocześniły teorię heliocentryczną i nadały jej jeszcze bardziej zwartą formę. Nie odpowiadały jednak na pytanie, dlaczego planety poruszają się właśnie tak, a nie inaczej. Wyjaśnił to dopiero genialny fizyk angielski **Isaac Newton** (1642–1727), odkrywając prawo powszechnego ciążenia.

Prawo to mówi, że dwa obiekty materialne przyciągają się siłą wprost proporcjonalną do iloczynu ich mas i odwrotnie proporcjonalną do kwadratu ich wzajemnej odległości. A zatem ruch planet po eliptycznych orbitach jest po prostu wynikiem działania siły grawitacyjnej między nimi a Słońcem.

W rzeczywistości orbity planet nie są dokładnymi elipsami, ponieważ przeszkadza im w tym przyciąganie pozostałych planet. Wprawdzie ich masy w stosunku do masy Słońca są niewielkie, jednak przy ścisłych obliczeniach trzeba je uwzględnić.

Tak więc trzy prawa ruchu planet i prawo powszechnego ciążenia rozwinęły niedoskonałą jeszcze przecież myśl Kopernika, który uważany jest za twórcę współczesnej astronomii. On to bowiem po raz pierwszy zdecydowanie twierdził, że Ziemia i pozostałe planety poruszają się po orbitach okołosłonecznych. Lecz dopiero Kepler określił ten ruch jakościowo, a Newton wskazał tego przyczyny i opracował matematycznie sposoby jego badania.

Najistotniejsze jest jednak to, iż prawa powyższe rządzą nie tylko w systemie planetarnym Słońca, ale i w najdalszych zakątkach Wszechświata.

Do postępu badań przestrzeni kosmicznej w dużej mierze przyczynił się rozwój przyrządów obserwacyjnych (pozwalających coraz dokładniej mierzyć pozycje planet i gwiazd na niebie) oraz loty człowieka w kosmos.

1.2. Współczesne badania przestrzeni kosmicznej

W drugiej połowie XX wieku, z chwilą wystrzelenia pierwszego sztucznego satelity rozpoczęła się nowa era badań przestrzeni kosmicznej. Oprócz statków kosmicznych wykorzystywane były także sondy kosmiczne. Od 1976 roku dwie amerykańskie sondy z serii *Viking* przez wiele lat badały i fotografowały planetę Mars. Dzięki wystrzelonym w 1977 roku dwóm amerykańskim sondom z serii *Voyager* dostępne są liczne zdjęcia i dane naukowe o czterech wielkich planetach: Jowiszu, Saturnie, Uranie i Neptunie oraz o ich pierścieniach i księżycach.

W latach 1990–1994 amerykańska sonda *Magellan*, która krążyła po orbicie okołowenusjańskiej, sporządziła za pomocą radaru mapy powierzchni tej planety. W lipcu 1997 roku sonda *Pathfinder* wylądowała na powierzchni Marsa, pobrała próbki gruntu i zrobiła setki zdjęć.

Odkrycia naukowe w XX wieku utwierdziły naukowców w przekonaniu, że kosmos rozszerza się (ewoluuje). Niegdyś galaktyki były bliżej siebie, a jeszcze wcześniej cała materia była ściśnięta do wielkich gęstości, rozpalona do wysokiej temperatury. Kosmos będzie się wiecznie rozszerzał, będzie coraz mroźniej i pusto.

Odkryto gwiazdę ypsilon Andromedae v And, która oddalona jest od Ziemi około 44 lata świetlne i o 30% masywniejsza od Słońca. W roku 1996 Paul Butler i Geoffrey Marcy, astronomowie z uniwersytetu w San Francisco, zaobserwowali, że wokół tej gwiazdy krąży planeta o masie porównywalnej z masą Jowisza. W kwietniu 1999 roku świat obiegło sensacyjne doniesienie o odkryciu przez tych samych astronomów dwóch kolejnych planet towarzyszących v And. Planeta, którą zauważono jako pierwszą, znajduje się najbliżej macierzystej gwiazdy – oddalona jest od niej zaledwie około 9 milionów kilometrów i okrąża ją po niemal kołowej orbicie (okres orbitalny około 4,6 dnia). Okazała się też najmniejsza – jej masa to około 0,7 masy Jowisza. Dwie nowo odkryte planety są natomiast masywniejsze od Jowisza i obiegają gwiazdę v And po bardziej zewnętrznych orbitach. Jedna z nich jest dwukrotnie masywniejsza od Jowisza, obiega gwiazdę w ciągu około 242 dni, po orbicie krótszej od ziemskiej. Druga, ponad czterokrotnie masywniejsza od Jowisza, okrąża ją w odległości 374 mln km w około 1300 dni. Jej orbita okazała się dużo bardziej eliptyczna od jakiegokolwiek z orbit planetarnych w Układzie Słonecznym.

Odkryty układ planetarny wokół ν And wskazuje, że ogromne planety mogą obiegać gwiazdy po dużo „ciaśniejszych” orbitach niż gazowe lub lodowe planety giganty Układu Słonecznego, jakimi są Jowisz, Saturn, Uran oraz Neptun. Jeśli wszystkie gigantyczne planety tworzą się w zewnętrznych partiach dysków gazowo-pyłowych, które otaczają ich gwiazdy w zaraniu ich życia, to obecność dużych planet tak blisko gwiazdy może świadczyć o ich powolnej, lecz systematycznej migracji ku wewnętrznym obszarom układu planetarnego.

Wszechświat wypełniony jest obiektami, które mają bardzo różną naturę. Różne są mechanizmy promieniowania i w różnych zakresach długości fal promieniowania elektromagnetycznego różne obiekty objawiają swoje istnienie i swój „charakter”. Występują źródła wysokoenergetycznego promieniowania gamma, źródła promieniowania rentgenowskiego, aktywne galaktyki i gwiazdy promieniujące głównie w ultrafiolecie, świat gwiazd i galaktyk, który poznawać można zmysłem wzroku w świetle widzialnym, obiekty podczerwone, mikrofalowe i radiowe. W tych różnych domenach spektralnych należy używać różnych instrumentów zbierających i odbiorników rejestrujących to promieniowanie. Można do nich zaliczyć teleskopy optyczne. Największym obecnie na świecie teleskopem optycznym jest teleskop VLT – *Very Large Telescope*, budowany na górze Paranal w północnym Chile.

W warunkach suchej pustyni Atacama, na wysokości 2400 m n.p.m., w miejscu o niezwykle stabilnej atmosferze i doskonałej widoczności, na ściętym wierzchołku góry powstaje wspaniałe obserwatorium XXI wieku. Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO – *European Southern Observatory*) stawia tam 4 teleskopy o średnicy przeszło 8 metrów, które będą pracować razem.

Instrumenty optyczne (radioteleskopy) umieszcza się przede wszystkim na pustyniach, ze względu na to, że są to miejsca wolne od zakłóceń wytwarzanych przez różne przekaźniki radiowe i telewizyjne, przekaźniki telefonii komórkowej i inne źródła fal radiowych. Radioteleskopy znajdujące się w różnych miejscach, a nawet na różnych kontynentach, łączone są w jeden wielki wirtualny instrument, interferometr, np. systemu VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*) czy VLA (*Very Large Array*). Wtedy uzyskuje się obrazy źródeł, które ujawniają szczegóły o rozmiarach rzędu tysięcznej części sekundy łuku. W roku 1998 wprowadzono na orbitę wokół Ziemi kosmiczny radioteleskop o średnicy 8 m, który łącznie z czterdziestoma naziemnymi radioteleskopami tworzy wirtualny superteleskop – gigantyczny interferometr o bazie trzykrotnie większej niż średnica Ziemi.

Współcześni astronomowie bardzo często skupiają uwagę na obiektach, które się rodzą, umierają lub też przechodzą przez inne, ciekawe stadia swej ewolucji. Teleskop kosmiczny Hubble’a dostarczył wielu obrazów rodzących się gwiazd. Odkryto miejsca, w których w przyszłości mogą powstać gwiazdy, a być może również systemy planetarne. W samej Wielkiej Mgławicy Oriona (M 42) znanych jest kilkadziesiąt takich miejsc. Teleskop kosmiczny wykonał też dokładne zdjęcia

wielu obiektów Herbiga-Haro, które są młodymi gwiazdami na najwcześniejszych etapach ewolucji.

Japoński teleskop Subaru na Mauna Kea wykonał ostatnio bardzo efektowne zdjęcia Wielkiej Mgławicy Oriona w dziedzinie podczerwonej widma. W mgławicy tej dominuje wodór o temperaturze 2000 K. W podczerwieni szczególne zainteresowanie wzbudza część tej mgławicy, która określana jest katalogowym mianem „obszar KL”. W jego centrum stwierdzono rodzące się gwiazdy, które swym (beztroskim) młodzieńczym światłem oświetlają pyły i gazy znajdujące się w pobliżu. Tego rodzaju procesy trwają miliony lat.

W niedalekiej przyszłości astronomowie polscy będą mogli uczestniczyć w poznawaniu tajemnic bezkresnego Kosmosu. Znosi się bowiem, że Polska będzie współwłaścicielem gigantycznego teleskopu SALT (*Southern African Large Telescope*), który stanie w Republice Południowej Afryki, na płaskowyżu Sutherland, obok innych teleskopów tamtejszego obserwatorium.

Teleskop ten będzie teleskopem spektroskopowym typu tranzytowego (nie on będzie śledził za gwiazdami, ale będzie śledził defilujące przed nim obiekty) z 10-metrowym lustrem mozaikowym o kształcie sferycznym. Głównym jego wyposażeniem instrumentalnym będą spektrografy o różnej zdolności rozdzielczej. Pierwowzór tego teleskopu HET już pracuje na półkuli północnej w Obserwatorium McDonalda w Teksasie. SALT będzie jego bliźniakiem pracującym na półkuli południowej. Przewiduje się do 15% udziału Polski w jego budowie i taki sam procentowy udział w wykorzystaniu go do prac badawczych.

W ostatnim czasie ugruntował się obraz Wszechświata (wspaniałe laboratorium fizyczne), który charakteryzują ekstremalne warunki fizyczne: najmniejsze i największe z możliwych odległości, najmniejsze i największe gęstości, ekstremalne temperatury i przeróżne stany materii. W przestrzeniach kosmicznych gęstości materii zawierają się między 10^{-23} – 10^{18} kg/m³, temperatury między $2,7$ – 10^9 , a nawet 10^{11} K, indukcja magnetyczna sięga 10^{11} T (w magnetarach), a pola grawitacyjne mają wartość 10^{12} m/s². Na Ziemi najlepsza próżnia wyraża się wartością 10^{-10} kg/m³, a pole magnetyczne sięga zaledwie 6 T (a chwilowe 200 T). Astronomowie są więc fizykami, którzy badają materię w tych ekstremalnych warunkach: sprawdzają działanie praw fizyki odkrytych w ziemskich laboratoriach w warunkach kosmicznych, pomagają odkrywać nowe prawa i nowe stany fizykochemiczne materii. Słowem, astronomowie są badaczami poznającymi i przybliżającymi naturalne środowisko bytowania człowieka, któremu na imię Wszechświat.

Dzisiaj jest on widziany jako hierarchiczna struktura coraz to większych systemów: księżyce obiegają planety, planety obiegają Słońce, setki miliardów słońc tworzą Drogę Mleczną, galaktyki grupują się w gromady galaktyk, gromady galaktyk łączą się w supergromadę. Pewne modele Wszechświata mówią o tym, że struktura ta sięga jeszcze dalej. Najnowsze obserwacje pokazują, że gigantyczne supergromady galaktyk łączą się w struktury wyższego rzędu, grupując się na po-

wierzchni jakby komórek czy też pęcherzyków „piany mydlanej” w Kosmosie. Według najnowszych obliczeń naukowców Wszechświat istnieje od około 10–20 mld lat. Nazwa kosmogonia wywodzi się z od greckich słów: *Kosmos* – Wszechświat i *gonos* – narodziny. Obecnie używa się tego terminu w nieco szerszym znaczeniu dla określenia wiedzy, która rozważa nie tylko początek, ale i ewolucje oraz końcowe stadium ciał niebieskich. Wyłaniają się problemy, na które często nie można dać zadowalającej odpowiedzi z tej prostej przyczyny, że rozwój ciał niebieskich jest z reguły bardzo powolny, a czas trwania dotychczasowych badań astronomicznych znikomo krótki. Trafny obraz ewolucji Wszechświata można otrzymać po uszeregowaniu ciał niebieskich według ich domniemanego wieku. Ale i w takim wypadku są pewne trudności. Większość ciał niebieskich wykazuje bowiem jednakowy wiek, liczący miliardy lat. Rzadko też zdarza się okazja do obserwowania ciała właśnie powstającego względnie umierającego. Niemniej zagadnienia te – choć daleko jeszcze do ich rozwiązania – fascynują myślącego człowieka i godne są poznania.

2. GENEZA MILITARYZACJI PRZESTRZENI KOSMICZNEJ

2.1. Geneza militaryzacji kosmosu

Coraz bardziej wnikliwe poznawanie kosmosu, z natury rzeczy najbliższego, a także wzrost intelektualnych i technicznych możliwości gwarantujących pomyślny rozwój ekspansji kosmicznej skłoniły do wyodrębnienia różnych aspektów działalności człowieka w przestrzeni kosmicznej, w tym także aspektu militarnego. Doświadczenia współczesnych wojen wskazują bowiem, że obejmują one wszystkie obszary działalności człowieka, a starcia zbrojne prowadzone są we wszystkich dostępnych wymiarach. Opanowanie nowej sfery prowadzenia walki zbrojnej zawsze miało ogromny wpływ na przebieg i charakter całości działań wojennych³.

Specyficzne cechy przestrzeni kosmicznej zapowiadały przewyższenie możliwości, jakie dało opanowanie oceanów i przestrzeni powietrznej. Nic więc dziwnego, że bliska perspektywa zdobycia kosmosu wyzwoliła dążenia do przekształcenia go, na wzór ładu, otwartych mórz i przestrzeni powietrznej, w kolejną sferę walki zbrojnej.

Jednoznaczne określenie początków militarnego zainteresowania kosmosem jest niezwykle trudne, stanowiło ono bowiem implikację kilku czynników. Oprócz naturalnego zainteresowania człowieka swoim otoczeniem, a następnie stworzeniem teoretycznych podstaw eksploracji kosmosu, wielkie znaczenie dla powstania założeń militaryzacji przestrzeni kosmicznej miały dwa inne czynniki: postęp techniczny, a szczególnie rozwój nowoczesnej techniki rakietowej i kosmicznej oraz polityczno-militarna sytuacja na świecie po II wojnie światowej.

Historia rakiet jest bardzo długa. Pierwsze wzmianki o nich pochodzą z początku XIII wieku⁴, ale przypuszcza się, że stosowane były w Chinach już trzy tysiące lat przed naszą erą. Zarówno wtedy, jak i jeszcze wiele lat później przeznaczone były one wyłącznie do celów wojennych. Wykorzystywane były bardzo intensywnie aż do końca piętnastego wieku, kiedy to zaczęły je stopniowo wypierać działa, mające większą siłę niszczącą i celność.

³ Użycie nawodnej i podwodnej floty, w tym okrętów z napędem atomowym, przekształciło oceany w arenę decydujących starć morskich. Umożliwiło także przewóz wielkich zgrupowań wojsk i wysadzanie desantów morskich, powodując, że walka zbrojna nabrała charakteru globalnego. Podczas II wojny światowej zgrupowania lotnicze wraz z wojskami lądowymi i siłami floty wykonywały zmasowane uderzenia od czoła i na głębokie tyły przeciwnika niszcząc jego potencjał wojenno-ekonomiczny. Walka zbrojna objęła znacznie większy obszar, a wywalczenie i utrzymanie przewagi w powietrzu stało się zadaniem o znaczeniu strategicznym.

⁴ Znaleźć je można m.in. w opisie oblężenia Pekinu przez Mongołów w 1232 roku, w pracy angielskiego uczonego Rogera Bacona z 1249 roku i w księdze *De Mirabilis Mundi*, napisanej w 1269 roku przez Alberta Wielkiego.

Po prawie trzech wiekach ponownie zainteresowano się bronią raketową⁵. Zainicjowane w 1801 roku przez Williama Congreve'a intensywne badania i doświadczenia doprowadziły do skonstruowania rakiet o zasięgu ok. 2 km. Wykorzystano je po raz pierwszy w latach 1803–1806 przeciw wojskom napoleońskim w bitwach morskich pod Boulogne, ale największy sukces odniosły one podczas oblężenia Kopenhagi w 1807 roku, kiedy z angielskich okrętów odpalono prawie 23 tys. rakiet niszcząc nimi większą część miasta.

Podobne badania, prowadzone niezależnie w Rosji przez A. D. Zaszadkę, doprowadziły do wyprodukowania i wprowadzenia do armii pierwszych rosyjskich rakiet bojowych⁶.

W następnych latach konstrukcja rakiety ulegała wielu zmianom i ulepszeniom, zwiększającym zasięg i celność ognia. Okazało się to jednak niewystarczające w rywalizacji z ówczesną artylerią i w związku z tym w końcu XIX stulecia rozwiązano prawie wszystkie oddziały raketowe w armiach europejskich. Nie zaprzestano natomiast badań w zakresie wykorzystania techniki raketowej do celów wojennych. W pierwszych latach XX wieku szwedzki wynalazca Unge skonstruował raketę napędzaną czarnym prochem strzelniczym⁷. Nie weszła ona jednak do produkcji, a prace nad nią zostały wstrzymane. W roku 1910 powrócono do badań nad tą konstrukcją w niemieckich zakładach Kruppa, ale i tam nie uzyskano znaczących wyników i po dwóch latach prace przerwano. Do końca I wojny światowej nie udało się stworzyć żadnej znaczącej konstrukcji. Podczas wojny rakiety wykorzystywane były głównie we Francji i Rosji, przede wszystkim do niszczenia sterowców i balonów na uwięzi, ale także do celów oświetleniowych i sygnalizacyjnych.

W okresie międzywojennym najbardziej intensywne prace nad rozwojem uzbrojenia raketowego prowadzili Niemcy⁸. W 1933 roku pod Berlinem zbudowano pod kierunkiem Wernhera von Brauna i Waltera Dornbergera pierwszą raketę typu *A-1*. Trzy lata później, w nowo utworzonej bazie raketowej w Peenemünde, powstała kolejna raketa *A-3*, a następnie jej zmodernizowana wersja *A-5*. Równolegle prowadzono prace nad znacznie większą konstrukcją. Wybuch wojny spowodował przyspieszenie ostatecznych badań i w efekcie od 1942 roku rozpoczęto seryjną produkcję rakiety *A-4*, powszechnie znanej jako *V-2*⁹. Rakiety tego typu – zarówno dla Amerykanów, jak i Rosjan – stanowiły podstawową techniczną

⁵ Przyczyniły się do tego sukcesy odniesione przez hinduskie wojska raketowe w trakcie angielskiej kampanii wojskowej w Indiach w końcu XVIII wieku.

⁶ Użyto ich po raz pierwszy w wojnie rosyjsko-tureckiej w latach 1828–1829.

⁷ Rakietę tę przenosiła z prędkością 300 m/s dwukilogramowy ładunek wybuchowy na odległość 5 km.

⁸ Wynikało to z faktu, że postanowienia traktatu wersalskiego zakazujące Niemcom zbrojeń, nie objęły broni raketowej.

⁹ Rakietę tę, ze względu na swoje możliwości techniczne, uważana jest za załazek współczesnych rakiet balistycznych.

bazę wyjściową do opracowywania po wojnie własnych, nowocześniejszych konstrukcji¹⁰.

Zaawansowane prace w zakresie broni raketowej prowadzili także w tym czasie Brytyjczycy¹¹. Oni też, jako pierwsi w II wojnie światowej, użyli środków rakietowych do obrony przeciwlotniczej.

W byłym Związku Radzieckim zorganizowane badania dotyczące wykorzystania techniki rakietowej do celów wojskowych prowadzone były od roku 1931. Utworzono wówczas tzw. Grupę Badań nad Ruchem Odrzutowym¹², która w następnych latach skonstruowała pierwszą serię radzieckich rakiet, osiągających rekordowy w tym czasie pułap 1500 metrów. Należy jednak zauważyć, że już w czasie wojny Rosjanie dysponowali pierwszymi rodzajami środków rakietowych. Skonstruowane w 1920 roku, słynne radzieckie „katiusze” były pierwszymi egzemplarzami artylerii rakietowej.

W pierwszych latach XX wieku naukowcy zainteresowali się możliwością użycia rakiet do przenoszenia ludzi i ładunków na dotychczas nieosiągalne wysokości. Pojawiły się prace wielu uczonych zajmujących się problematyką lotów kosmicznych. Trzej uczeni, uważani za ojców nowoczesnej astronautyki, Rosjanin Konstantin E. Ciolkowski (1857–1935), Amerykanin Robert Goddard (1882–1945) i Niemiec Herman Oberth (1894–1989), niezależnie od siebie opisali wiele zagadnień dotyczących teorii budowy wielostopniowych rakiet kosmicznych i lotów międzyplanetarnych¹³. Dokonywano także licznych eksperymentów. Podstawowym celem tych prac było umożliwienie badania, niedostępnych wówczas, górnych warstw atmosfery, myślano jednak także o stworzeniu warunków do lotów człowieka na inne ciała niebieskie¹⁴. Najbardziej wymownym przykładem wzra-

¹⁰ W maju 1945 roku Amerykanie przeprowadzili operację nazwaną *Paperclip*, w wyniku której prawie 150 niemieckich naukowców i pracowników zajmujących się techniką rakietową, w tym Wernher von Braun i gen. mjr Walter Dornberger, a także obszerna dokumentacja i ponad 100 kompletnie zmontowanych rakiet, przerzuconych zostało do White Sands w amerykańskim stanie Nowy Meksyk. Ponieważ podobne operacje przeprowadzili także Rosjanie, w posiadaniu obu mocarstw znalazły się plany konstrukcyjne rakiety A-4 i inne niemieckie projekty dotyczące techniki rakietowej.

¹¹ Prace prowadzone były od 1934 roku, a do wybuchu wojny zrealizowano już ponad 2500 próbnych lotów rakiet na obszarze Jamajki.

¹² Finansowana przez władze wojskowe GIRD (*Gruppa Izuczenija Reaktywnego Dwiżenija*) działała w trzech zespołach znajdujących się w Moskwie (*MosGird*), Leningradzie (*LenGird*) i Charkowie. Zajmowała się problemami zastosowania techniki rakietowej w artylerii, silnikach lotniczych i torpedach. Jej kierownikiem był uczeń Ciolkowskiego, Siergiej Pawłowicz Korolow (1907–1966), późniejszy główny konstruktor radzieckich sputników i statków kosmicznych serii *Wostok* i *Woschod*.

¹³ K. Ciolkowski uważany jest za twórcę teoretycznych podstaw lotów kosmicznych, R. Goddard był najgłośniejszym eksperymentatorem tamtego okresu, H. Oberth rozwijał natomiast koncepcje podróży międzyplanetarnych.

¹⁴ Koncepcja kosmicznych lotów bezzałogowych pojawiła się później, gdy poprzez rozwój elektroniki i jej zastosowanie w teledetekcji możliwe stało się przekazywanie danych z obiektu znajdującego się w przestrzeni kosmicznej na Ziemię.

stającego zainteresowania tą tematyką było powstawanie licznych towarzystw popularyzujących idee lotów międzyplanetarnych¹⁵.

Możliwości transportowe pierwszej dużej rakiety *A-4* zachęciły uczonych do rozpoczęcia prac przygotowawczych do wykorzystania rakiet w celu badania górnej atmosfery. Było to istotne, bowiem jeszcze do połowy lat 40. nie znano prawie wcale warunków panujących na wysokościach powyżej kilkunastu kilometrów¹⁶.

Badania takie rozpoczęto po obu stronach Atlantyku w połowie lat 40. Za pomocą odpowiednich przyrządów, umieszczonych w specjalnej komorze rakiety, określano skład i właściwości atmosfery na różnych wysokościach, mierzono temperaturę, wilgotność i ciśnienie, wykrywano obecność różnego rodzaju promienionowania.

W USA wykorzystywano do tego celu początkowo własne rakiety typu *BABY-WAC* i *WAC-CORPORAL*, a później dwustopniową rakietę *BUMPER-WAC*¹⁷. W latach 1945–1957 atmosferę badano także za pomocą zbudowanych specjalnie do tego celu rakiet *Viking* i *Aerobee*¹⁸.

Rakietowe badania atmosfery zainicjowali Rosjanie w maju 1949 roku, wynosząc na wysokość ok. 110 km aparaturę o ciężarze nieco ponad 120 kg. O celu, zakresie i efektach badań prowadzonych w Związku Radzieckim w następnych latach brak jest informacji. Wiadomo jedynie, że w maju 1957 roku wyniesiono na wysokość przekraczającą 200 km aparaturę ważącą prawie 2,5 tony.

W latach 1945–1957 amerykańskie i radzieckie rakiety badawcze zdolne były osiągnąć wysokości dochodzące do kilkuset kilometrów. Dostarczyły one danych o obszarach leżących na granicy atmosfery. Jednak ze względu na zbyt krótki czas przejścia rakiety przez górną atmosferę pełne poznanie zjawisk zachodzących w jej warstwach było niemożliwe.

Pojawiła się więc koncepcja zbudowania aparatu, który – w przeciwieństwie do rakiety – nie opadłby po krótkim czasie na Ziemię, lecz pokonując siłę grawitacji krążyłby wokół niej.

¹⁵ Między innymi w 1924 roku powstała przy radzieckiej Wojskowej Akademii Lotniczej *Sekcja Komunikacji Międzyplanetarnej*, w 1927 roku we Wrocławiu utworzono *Niemieckie Towarzystwo Techniki Rakietowej i Podróży Kosmicznych*, a w 1930 roku powstała najpotężniejsza organizacja tego typu – *Amerykańskie Towarzystwo Rakietowe*.

¹⁶ Właściwości atmosfery można było wówczas badać jedynie przy pomocy balonów, które mogły wynieść odpowiednią aparaturę badawczą na wysokość maksymalnie ok. 20 km.

¹⁷ Rakiety *BABY-WAC* używane były od lipca 1945 roku, a *WAC-CORPORAL* od początku 1946 roku. Rakietą *BUMPER-WAC*, której pierwszy stopień stanowiła niemiecka konstrukcja *A-4*, po raz pierwszy odpalona została w lutym 1949 roku. Osiągnęła ona rekordową wówczas wysokość 403 km.

¹⁸ *Viking* to skonstruowana w *Naval Research Laboratory* amerykańska rakietą badawczą, wykonana z bardzo lekkiego stopu magnezu, natomiast *Aerobee* obejmuje serię jedno- i dwustopniowych amerykańskich rakiet badawczych, budowanych w wielu wersjach.

Pierwsze realne projekty umieszczenia na orbicie okołoziemskiej sztucznych satelitów pojawiły się na początku lat 50.¹⁹ Przewidywały one wykorzystanie rakiet wielostopniowych, umożliwiających osiągnięcie wymaganych prędkości lotu. Wiedzano bowiem doskonale, że do wyniesienia obiektów kosmicznych na orbitę wokół Ziemi niezbędna jest rakietą mogąca osiągnąć tzw. pierwszą prędkość kosmiczną²⁰.

Już we wrześniu 1951 roku na II Międzynarodowym Kongresie Astronautycznym w Londynie przedstawiono kilka projektów sztucznych satelitów Ziemi. W następnych latach pojawiały się kolejne projekty. Największe zainteresowanie zyskał projekt *MOUSE* (*Minimum Orbital Unmanned Sattelite of Earth*), przedstawiony w 1957 roku na Międzynarodowym Kongresie Astronautycznym w Zurychu przez Amerykanina austriackiego pochodzenia, Freda Siegfrieda Singera²¹. Projekty te rozbudziły wyobraźnię świata nauki i wkrótce zaczęły się pojawiać pierwsze propozycje wykorzystania satelitów. I chociaż początkowo mówiono oficjalnie o zadaniach mających charakter wyłącznie pokojowy²², to możliwości, jakie daje aparatura zainstalowana na obiektach utrzymujących się w przestrzeni kosmicznej, były atrakcyjne również z militarnego punktu widzenia.

Początki eksploracji kosmosu przypadły w okresie, gdy świat był podzielony na dwa przeciwstawne ugrupowania polityczno-militarne, ostro rywalizujące ze sobą na różnych płaszczyznach. W końcu lat czterdziestych, gdy Związek Ra-

¹⁹ Niemniej jednak już w pierwszej połowie XIX wieku pojawiły się pierwsze pomysły uruchomienia sztucznych satelitów Ziemi. W 1838 roku, w napisanej przez Amerykanina Edwarda Everetta Halle'a powieści fantastycznej pt. *The Brick Moon*, pojawił się opis sztucznego satelity o średnicy 60 cm, zbudowanego z cegieł i wyrzuconego w przestrzeń pozaatmosferyczną za pomocą ogromnego koła zamachowego. Również Juliusz Verne w swojej powieści fantastycznej z 1879 roku pt. *Fortuna Begumy* opisuje pocisk, który wyrzucony z ogromnego działa ze zbyt wielką prędkością minął cel i poleciał w przestrzeń kosmiczną, stając się sztucznym satelitą Ziemi.

²⁰ Pierwszą prędkością kosmiczną nazywamy taką prędkość, która niezbędna jest obiektowi do poruszania się po określonej orbicie kołowej wokół ciała niebieskiego.

²¹ Projekt ten przewidywał umieszczenie obiektu o masie ok. 50 kg na orbicie okołoziemskiej na średniej wysokości ok. 300 km ponad Ziemią. Stał się on podstawą realizowanego później w USA programu *Vanguard*.

²² Na przykład na początku maja 1958 roku, na dorocznym zjeździe astronautyków, zorganizowanym przez jeden z ośrodków naukowo-badawczych sił powietrznych USA, dyrektor Smithsonian Institution Astrophysical Observatory (Cambridge, stan Massachusetts) wymienił następujące sposoby pokojowego wykorzystania sztucznych satelitów Ziemi do:

- pozyskiwania danych o warunkach panujących w kosmosie, w tym do obserwacji kosmosu;
- prowadzenia obserwacji meteorologicznych i realizowania doświadczeń biologicznych i fizycznych;
- utworzenia stacji TV (wg niego trzy takie stacje zapewnią nadawanie audycji dla całej Ziemi);
- urządzenia stacji pośredniej dla dalszych lotów kosmicznych;
- zbudowania sanatoriów w celu leczenia chorych w specyficznych warunkach zmniejszonej siły ciężarzenia;
- zaludnienia przestrzeni kosmicznej. Zob. *Wojskowy Przegląd Zagraniczny*, nr specjalny z 1959 roku, s. 7.

dziecki, dokonując swojej pierwszej próbnej eksplozji jądrowej²³, przełamał amerykański monopol atomowy, po obu stronach Atlantyku uświadomiono sobie, że ze względu na duże prawdopodobieństwo odwetu użycie broni atomowej stało się mało opłacalne. Obydwa mocarstwa po raz pierwszy i prawdopodobnie ostateczny utraciły świadomość niedosięgalności swojego terytorium. Było to szczególnie istotne dla Stanów Zjednoczonych, które w kilka lat po zakończeniu wojny zaczęły systematycznie tracić dominującą pozycję ekonomiczną i militarną w świecie. Dlatego też głównie tam zintensyfikowano prace badawcze nad opracowaniem nowych środków strategicznych, pozwalających na ponowne zdobycie przewagi w rywalizacji militarnej.

Dziś powszechnie uważa się, że jako pierwsze problematyką wykorzystania kosmosu do celów wojskowych zainteresowały się Stany Zjednoczone w końcu lat 40. Kosmos, wymagający nowoczesnych technologii i dużych nakładów finansowych, stał się dla amerykańskich polityków i strategów atrakcyjnym obszarem wyścigu zbrojeń. Liczono na to, że wyniszczony wojną Związek Radziecki nie zdoła udźwignąć ciężaru zbrojeń kosmicznych i w ten sposób – dzięki znaczącej przewadze środków kosmicznych – Stany Zjednoczone odzyskają niekwestionowaną dominację w świecie.

Nic więc dziwnego, że w kręgach strategów amerykańskich środki satelitarne uznano za jeden z komponentów broni strategicznej, równie ważny jak rakiety balistyczne, atomowe okręty podwodne czy samoloty lotnictwa strategicznego. Znamienne jest natomiast zaliczenie środków satelitarnych do strategicznych sił uderzeniowych, chociaż zakładano, że przez najbliższe dziesięciolecia środki rozmieszczone w przestrzeni kosmicznej będą mogły być używane wyłącznie w celu zwiększenia efektywności użycia głównych sił jądrowych.

Studia nad sztucznymi satelitami Ziemi, umożliwiającymi prowadzenie rozpoznania na potrzeby sił zbrojnych, najwcześniej podjęła korporacja naukowo-badawcza *RAND*. Niemal w tym samym czasie rozpoczęła działalność organizacja *ABMA*, kierowana przez Wernhera von Brauna. W pierwszej połowie lat 50. istniało już wiele grup studyjnych i komórek organizacyjnych w strukturze administracji USA, zajmujących się problemami wojskowego wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Powstawały liczne opracowania teoretyczne, jak np. projekt W. I. Stellinga zakładający stworzenie i umieszczenie na orbicie okołoziemskiej satelity spełniającego funkcje rozpoznawcze. Inna, znacznie bardziej agresywna koncepcja, przewidująca zbudowanie stacji kosmicznej i uzbrojenie jej w rakiety z głowicami jądrowymi, przedstawiona została w tym czasie przez Wernhera von Brauna²⁴.

²³ Wydarzenie to miało miejsce 30 września 1949 roku, prawdopodobnie na Syberii Zachodniej.

²⁴ Pisał on m.in.: „*Stacja taka może być przekształcona w skuteczny bombowiec atomowy. Nie wielkie skrzydlate pociski raketowe mogą być z niej kierowane w taki sposób, że osiągną cele z ponaddziesięciokrotną prędkością. Za pomocą systemów radiolokacyjnych można skierować pociski rakietowe w dowolny punkt na kuli ziemskiej*”. Zob. A. Jacewicz, J. Markowski, *Kosmos a zbrojenia*, Książka i Wiedza, Warszawa 1988, s. 37.

Prezentowane koncepcje bardzo szybko przekształcane były w konkretne plany konstrukcyjne obiektów kosmicznych.

Przenikające zza Atlantyku informacje o prowadzonych badaniach zaniepokoiły kierownictwo Związku Radzieckiego. Już w styczniu 1952 roku na łamach „Krasnoj Zwiezdy” ukazała się radziecka krytyka koncepcji Wernhera von Brauna i ówczesnego sekretarza obrony USA J. Forrestala, przewidującej umieszczenie na orbicie okołoziemskiej satelitów rozpoznawczych. Była to pierwsza oznaka, że rywalizacja między dwoma mocarstwami wkroczyła na płaszczyznę współzawodnictwa w kosmosie.

W 1952 roku Rosjanie rozpoczęli produkcję pierwszych rakiet balistycznych średniego zasięgu²⁵ i sukcesywnie wyposażali w nie swoje siły zbrojne. Równocześnie trwały prace konstrukcyjne międzykontynentalnych rakiet balistycznych (ICBM – *Intercontinental Ballistic Missile*) i badania mające na celu określenie możliwości ich wykorzystania jako rakiet nośnych dla satelitów i załogowych pojazdów kosmicznych. O obiecujących wynikach tych badań mówił pod koniec 1953 roku przewodniczący Akademii Nauk ZSRR, A.N. Niesmiejanow²⁶.

Dwa lata później obydwa mocarstwa ogłosiły zamiar wysłania pierwszego sztucznego satelity Ziemi. Najpierw, na zorganizowanej w ostatnich dniach lipca 1955 roku specjalnej konferencji, sekretarz Białego Domu w otoczeniu pięciu amerykańskich naukowców zawiadomił, że prezydent Eisenhower zatwierdził program budowy i odpaleń satelitów w latach 1957–1958, jako wkład USA do planu obchodów Międzynarodowego Roku Geofizycznego.

Niespełna miesiąc później, na dorocznym kongresie Międzynarodowej Federacji Astronautycznej, radziecki uczony Leonid Siedow, opierając się na wynikach prowadzonych w ZSRR badań, powiedział, że „w ciągu najbliższych lat możliwe jest wystrzelenie sztucznego satelity Ziemi”.

Rozpoczął się swoisty wyścig między USA i ZSRR, zmierzający do stworzenia konstrukcji rakiety zdolnej do wyniesienia obiektu kosmicznego na orbitę wokół Ziemi.

W Stanach Zjednoczonych pracowano już w tym czasie nad rakiętą balistyczną *Jupiter*, konstruowaną w oparciu o rakiętę *Redstone*²⁷, i rozpoczynano próby z dostosowaniem jednej z jej wersji do wystrzeliwania z okrętów podwodnych. W Laboratorium Badawczym Marynarki Wojennej po zakończonych badaniach

²⁵ Była to skonstruowana w 1949 roku rakietą typu *T-2 (Model 103)* o zasięgu około 2000 mil. Jej wcześniejsza wersja *T-1 (Pobieda)* – o zasięgu zbliżonym do amerykańskiej *Redstone* (600–700 mil).

²⁶ 27 listopada 1953 roku w czasie odbywającego się w Wiedniu kongresu Światowej Rady Pokoju stwierdził on m.in., że „nauka osiągnęła stan, gdy w możliwej do przewidzenia przyszłości dojdzie do wysłania stratosferycznego samolotu na Księżyc, do stworzenia sztucznego satelity Ziemi...”. „Prawda” z 28.11.1953 r., s. 2.

²⁷ Była to pierwsza, jednostopniowa amerykańska rakietą balistyczną skonstruowana przez von Brauna. Po raz pierwszy odpalona została 20.08.1953 roku.

małej rakiety badawczej *Viking* przygotowywano się do realizacji pierwszego oficjalnego amerykańskiego programu satelitarnego Stanów Zjednoczonych, nazwanego *Vanguard*. Po dokonanych w 1955 r. startach balistycznych rakiet *Thor* i *Atlas*, w koncernie *Lockheed Corporation* przystąpiono do realizacji pierwszego amerykańskiego programu budowy i wyniesienia na orbitę satelitów rozpoznawczych, nazwanego *Weapon System – 117L (WS-117L)*²⁸.

W wyniku prowadzonych prac, w październiku 1956 roku, skonstruowano drugi stopień do rakiet *Thor* i *Atlas*, umożliwiający wynoszenie na orbity obiektów o wadze 600–900 kg. Mając na uwadze zaawansowanie badań przewidywano, że pierwszy amerykański sztuczny satelita Ziemi wystrzelony zostanie w styczniu 1957 roku.

Brak jakichkolwiek oficjalnych danych dotyczących radzieckiego militarnego zainteresowania kosmosem powoduje, że nie można jednoznacznie określić jego charakteru i zasięgu. Można natomiast z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że przygotowania do wystrzelenia w kosmos pierwszego radzieckiego sztucznego satelity Ziemi poprzedzone były – podobnie jak za Atlantykiem – badaniami i pracami konstrukcyjnymi zmierzającymi do zbudowania odpowiedniej rakiety nośnej. W połowie 1957 roku pojawiły się w radzieckich mediach informacje pozwalające wywnioskować, że przygotowania do wystrzelenia pierwszego sztucznego satelity Ziemi weszły w ostatnią fazę.

Dziś można powiedzieć, że umieszczenie w pierwszych dniach października 1957 roku na orbicie okołoziemskiej radzieckiego sztucznego satelity *Sputnik-1*²⁹ rozpoczęło erę kosmiczną. Wydarzenie to wieńczyło wielowiekowe marzenia i twórcze prace uczonych. Otwierało możliwości badawczej działalności w kosmosie o nieprawdopodobnym wprost zakresie, ale jednocześnie budziło wiele obaw związanych z militarnym aspektem tego wydarzenia. Stało się bowiem jasne, że obydwa mocarstwa dysponują raketami mogącymi z łatwością osiągnąć dowolny punkt ziemskiego globu. Przenoszone przez te rakiety ładunki jądrowe od tej pory zagrażać mogły jednakowo wszystkim. Gdy miesiąc później w kosmosie znalazła

²⁸ Program ten składał się z trzech podprogramów: *Discoverer* – dotyczącego technik rozpoznania fotograficznego, *SAMOS* – mającego na celu zbudowanie satelitarnego systemu rozpoznania fotograficznego i transmisji danych oraz *MIDAS* – obejmującego prace badawcze i konstrukcyjne nad satelitą rozpoznawczym przeznaczonym do wykrywania startów międzykontynentalnych rakiet balistycznych i ostrzegania przed ich atakiem. Zob. *Outer Space – Battlefield of the future?*, SIPRI, Londyn 1978, s. 29.

²⁹ Był to niewielki, ważący 83,6 kg obiekt, mający kształt kuli o średnicy 58 cm. Do 4.01.1958 roku krążył po orbicie o apogeum 947 km, perygeum 228 km i inklinacji 65°. Na swoim pokładzie posiadał, funkcjonujące nieco ponad 3 tygodnie, dwa nadajniki radiowe o częstotliwości 20,005 i 40,002 MHz i mocy 1 W, nadające sygnał akustyczny. Wyniesiony został na orbitę okołoziemską 4 października 1957 roku za pomocą dwustopniowej rakiety nośnej o takiej samej nazwie.

się pierwsza żywa istota³⁰, okazało się, że bliska jest perspektywa wysłania człowieka w przestrzeń pozaatmosferyczną.

Zaskakujące światową opinię zainicjowanie przez ZSRR działalności w kosmosie znacznie przyspieszyło podobne prace w USA. 8 listopada 1957 roku ówczesny sekretarz obrony USA, Neil McElroy, wydał zezwolenie na wykorzystywanie wojskowych rakiet balistycznych do wynoszenia na orbity sztucznych satelitów Ziemi. Jeszcze w tym samym roku podjęto pierwszą, nieudaną próbę umieszczenia w przestrzeni kosmicznej, w ramach programu *Vanguard*, pierwszego satelity amerykańskiego³¹. Ostatecznie jednak, jako pierwszy z amerykańskich, w kosmosie znalazł się satelita *Explorer-1*³², a satelita *Baby-Vanguard (Vanguard-I)* wystrzelony został dopiero półtora miesiąca później³³. W 1958 roku w Stanach Zjednoczonych wystrzelono jeszcze dwa obiekty: *Explorer-3* i *SCORE*, uznawanego za pierwszego w świecie satelitę wojskowego³⁴.

Bardzo istotny dla rozwoju militaryzacji przestrzeni kosmicznej był rok 1959. Wtedy bowiem pojawiły się w USA opinie wskazujące na potrzebę przyspieszenia tempa militaryzacji przestrzeni kosmicznej. Wyeksponowane to zostało szczególnie w programie wyborczym ubiegającego się o urząd prezydenta USA Johna Kennedy'ego³⁵. Dążenie do obecności w kosmosie, będącej instrumentem politycznym na miarę wcześniejszego monopolu jądrowego, spowodowało opracowanie w USA pierwszego w świecie planu wojskowej ekspansji kosmicznej. Plan ten opracowany został na 15 lat i zakładał umieszczenie w kosmosie około 1000 satelitów, w tym ponad połowę (60%) typowo wojskowych. Rozłożony został na trzy

³⁰ Był to pies Łajka umieszczony w specjalnej, hermetycznie zamkniętej kabinie satelity *Sputnik-II*. Do jego ciała przymocowane były czujniki różnych przyrządów, umożliwiających badanie reakcji organizmu na warunki panujące w czasie lotu kosmicznego. Podczas tego eksperymentu analizowano także inne aspekty lotu kosmicznego, jak żywienie czy klimatyzacja kabiny.

³¹ Próba ta odbyła się w ośrodku raketowym na Przylądku Canaveral 6.12.1957 roku o godz. 11.45.

³² Wystrzelony 1 lutego 1958 roku z przylądka Canaveral, przy pomocy rakiety nośnej typu *Jupiter-C (Juno-1)*, walcowy obiekt ważył 14 kg. Do 23 maja tego samego roku krążył po orbicie o perygeum 341 km i apogeum 2535 km. Wyposażony był w urządzenia do pomiaru natężenia promieniowania kosmicznego, temperatury wewnątrz i na zewnątrz satelity oraz zestaw czujników do rejestracji uderzeń meteoroidów. Zbierane dane przekazywane były na Ziemię przy pomocy dwóch nadajników radiowych o częstotliwości ok. 108 MHz.

³³ Satelita ten wystrzelony został 17.03.1958 roku. Był to kulisty obiekt o ciężarze ok. 1,5 kg i średnicy 16 cm. W swoim wnętrzu krył dwa nadajniki radiowe, z których jeden był zasilany za pomocą 6 baterii słonecznych.

³⁴ *SCORE (Signal Communication by Orbiting Relay Equipment)* to pierwszy amerykański satelita łączności, wystrzelony w kosmos 18.12.1958 roku przy pomocy rakiety nośnej *Atlas-B*. Wyposażony był w odbiornik radiowy, magnetofon i dwa nadajniki, o łącznym ciężarze 16 kg.

³⁵ Mówił on: „Prowadzimy strategiczny wyścig w kosmosie z Rosjanami i przegrywamy (...). Kontrola nad kosmosem będzie decydująca w następnej dekadzie. Jeśli Rosjanie będą kontrolować kosmos, będą mogli kontrolować Ziemię, tak jak w minionych wiekach państwo, które kontrolowało oceany, dominowało na kontynentach. Panowanie w kosmosie stanowi główną treść naszej polityki w najbliższym dziesięcioleciu”.

pięcioletnie etapy. W etapie pierwszym zaplanowano utworzenie kilku systemów satelitarnych służących do zabezpieczenia działań amerykańskich sił zbrojnych na Ziemi (głównie systemy rozpoznania, nawigacji, łączności, ale także geodezyjne i meteorologiczne). W etapie drugim przewidywano doskonalenie utworzonych systemów, a ponadto przeprowadzenie pierwszych eksperymentów z załogowymi statkami orbitalnymi. W trakcie etapu trzeciego zakładano zbudowanie doświadczalnych stacji orbitalnych, założenie bazy na Księżycu i pierwsze załogowe loty na inne planety.

Plan ten miał charakter przede wszystkim ofensywny, równolegle jednak prowadzono badania mające na celu stworzenie systemu środków pozwalających na przeciwdziałanie środkom satelitarnym przeciwnika. Badania te zainicjowano niemal równocześnie z pojawieniem się na orbitach satelitów radzieckich. Jeszcze w 1957 roku Kongres Stanów Zjednoczonych przeznaczył pierwsze kwoty na budowę satelity przechwytyjącego. Okazało się jednak, że na ówczesnym etapie rozwoju techniki kosmicznej znacznie korzystniejsze jest stworzenie systemów bazujących na Ziemi. Prowadzone prace badawcze doprowadziły do skonstruowania pocisków raketowych mogących niszczyć obiekty znajdujące się na orbitach okołoziemskich³⁶. Realizowano także badania nad systemami broni przeciwsatelitarnych bazujących na Ziemi. Z trzech realizowanych niezależnie przez laboratoria wojsk lądowych, wojsk lotniczych i marynarki wojennej programów badawczych ówczesny sekretarz obrony, Robert McNamara, przyjął do realizacji dwa: *Nike-Zeus* (Program 505) z wojsk lądowych i *Thor-Agena* (Program 437) z wojsk lotniczych³⁷. Do 1964 roku, po udanych próbach zestrzelenia własnych satelitów, systemy te zostały zbudowane i rozmieszczone na wyspach Pacyfiku³⁸. Nigdy jednak nie osiągnęły one pełnej zdolności operacyjnej.

Od początku lat sześćdziesiątych w Stanach Zjednoczonych były prowadzone także liczne studia nad nowymi systemami przeciwsatelitarnymi, rozmieszczonymi w kosmosie.

Brak oficjalnych danych uniemożliwia natomiast szczegółowe przedstawienie zakresu analogicznych badań prowadzonych w tym czasie przez ZSRR. Prawdopodobnie jednak w latach sześćdziesiątych cały wysiłek w tym zakresie skupiono na budowie systemów rozmieszczonych w kosmosie.

W Związku Radzieckim uznano bowiem, że coraz większy rozmach amerykańskich strategów w podporządkowaniu badania kosmosu celom militarnym skłania do uwzględnienia w radzieckiej strategii wojennej konieczności intensywnych

³⁶ Pierwszej próby takiego systemu Amerykanie dokonali 13.10.1959 roku w ramach programu *Bold Orion*. Rakieta wystrzeloną z bombowca *B-47* przechwycono wtedy satelitę *Explorer-6*.

³⁷ Trzeci program, *Early Spring*, realizowany przez laboratorium badawcze marynarki wojennej, który zakładał użycie głowicy nienuklearnej przenoszonej przez raketę typu *Polaris*, nigdy nie wyszedł poza fazę eksperymentalną.

³⁸ *Nike-Zeus* w 1963 roku na atolu Kwajalein, a *Thor-Agena* w następnym roku na wyspie Johnston.

studiów nad wojskowym wykorzystaniem przestrzeni kosmicznej. Celem takiego działania miało być przede wszystkim niedopuszczenie do przewagi USA w tej dziedzinie i tym samym umocnienie obronności ZSRR i całego bloku wschodniego. Podejście takie traktowano oficjalnie jako wymuszone przez imperializm amerykański.

Na podstawie szczątkowych informacji można stwierdzić, że radziecka strategia kosmiczna lat 60. pod względem kierunków rozwoju, struktur czy przewidywanych sposobów prowadzenia działań bojowych była bardzo zbliżona do amerykańskiej.

Początkowo w obu mocarstwach kierunki eksploracji przestrzeni kosmicznej były podobne i zmierzały przede wszystkim do wysłania w kosmos człowieka, a następnie do stworzenia warunków umożliwiających mu dłuższe przebywanie poza Ziemią. Zarysowały się jednak różnice, gdyż Amerykanie główny wysiłek badawczy skupili na wszechstronnym badaniu Księżyca w celu zbudowania na jego powierzchni bazy wojskowej, podczas gdy w ZSRR intensywnie przygotowywano się do skonstruowania dużej stacji, umieszczonej na orbicie okołozemskiej. Postępowanie takie wynikało z odmiennych założeń strategicznych, przyjętych przez obydwa mocarstwa.

W Stanach Zjednoczonych już w końcu lat pięćdziesiątych zainteresowano się wojskowym wykorzystaniem Księżyca. W kwietniu 1958 roku w prasie pojawiła się wypowiedź szefa badań naukowych sił powietrznych USA, gen. Bousheya, sugerująca konieczność podjęcia prac mających na celu zbudowanie bazy wojskowej na Księżycu.

W tym samym roku przystąpiono także do wstępnych prób wysłania sond kosmicznych przeznaczonych do badania przestrzeni wokółksiężycowej. Pierwsze trzy próby były nieudane, dopiero 3 marca 1959 roku sonda *Pioneer-4* okrążając Księżyc wykonała jego zdjęcia (także strony niewidocznej z Ziemi) i przesłała je na Ziemię.

Równocześnie, w odpowiedzi na pierwszy lot orbitalny Jurija Gagarina³⁹, Amerykanie podjęli własną próbę wystrzelenia człowieka w kosmos. Po pierwszym suborbitalnym locie Alana Sheparda, wykonanym na początku maja 1961 roku⁴⁰, głośna stała się koncepcja lotu człowieka na Księżyc. Po objęciu urzędu prezydenckiego przez Johna F. Kennedy'ego i jego przemówieniu na forum Kon-

³⁹ 12 kwietnia 1961 roku na statku kosmicznym *Wostok-1* dokonał on w ciągu 108 minut jednokrotnego okrążenia Ziemi po orbicie 181/327 km. Był to pierwszy lot kosmiczny człowieka.

⁴⁰ Lot rakiety *Mercury-3* z Sheperdem na pokładzie wykonany został 5 maja 1961 roku. Rakieta ta w czasie 15 minut i 22 sekund wzniosła się na wysokość 186 km i bezpiecznie wodowała na oceanie. Podobny lot, z Virgilem Grissomem na pokładzie, wykonany został 21 lipca tego samego roku. Natomiast pierwszy amerykański w pełni orbitalny lot kosmiczny wykonał dopiero 20 lutego 1962 roku John Glenn, dokonując na statku *Mercury-6* w czasie 4 godzin i 55 minut trzech pełnych okrążeń Ziemi.

gresu 25 maja 1961 roku⁴¹ koncepcja ta stała się załącznikiem programu kosmicznego *Gemini*, stanowiącego bezpośrednie przygotowanie do realizacji znanego programu *Apollo*, mającego na celu lądowanie człowieka na Księżycu.

Usilne zabiegi USA o pierwszeństwo lądowania na Księżycu, obok niewątpliwego znaczenia prestiżowego i propagandowego, miały też charakter czysto militarny.

Przewidywano wówczas, że posiadanie na Księżycu bazy, pozwalającej na zamontowanie w niej środków bojowych, zabezpieczy USA przed groźbą ewentualnego uderzenia jądrowego. Uznano bowiem, że Księżyc jako baza wojskowa umożliwia skuteczne rażenie dowolnych celów na powierzchni Ziemi, a jednocześnie sama stanowi cel (lub cele) trudne do trafienia w pierwszym uderzeniu. Przewodzone badania dowiodły także, że możliwe jest wyprodukowanie i zmagazynowanie na Księżycu energii wystarczającej do zapewnienia funkcjonowania bazy obsługiwanej przez ludzi.

Intensywne przygotowania Amerykanów do lądowania na Księżycu trwały prawie 9 lat. Praktyczne próby w kosmosie rozpoczęły się w marcu 1965 roku. Przystąpiono wówczas do realizacji programu *Gemini*, w ramach którego przeprowadzono do listopada 1966 roku dziesięć eksperymentów z dwuosobowymi załogami (loty od *Gemini-3* do *Gemini-12*), doskonaląc możliwości manewrowe statków kosmicznych, trenując ich łączenie i rozłączanie w warunkach przestrzeni kosmicznej, a także badając możliwość wychodzenia kosmonautów w otwartą przestrzeń. Na początku 1966 r. zainicjowano próby w ramach programu *Apollo*. Pierwszy próbny załogowy lot okołoziemski wykonano w październiku 1968 roku⁴². Do historii przeszedł natomiast lot statku *Apollo-11*, w czasie którego nastąpiło pierwsze zejście człowieka na powierzchnię Srebrnego Globu⁴³.

Dwóch amerykańskich kosmonautów przebywało wówczas na Księżycu ponad 21 godzin, z tego prawie dwie i pół godziny poza lądowiskiem.

⁴¹ J. F. Kennedy stwierdził wówczas: „Jeśli chcemy zwyciężyć w walce wolności z tyranią, która obecnie szaleje wszędzie na Ziemi, nie możemy nie uwzględnić dramatycznych skutków w kosmosie (...). Nadeszła pora podjęcia decydujących kroków, pora na wielkie nowe amerykańskie działania pionierskie, pora, żeby nasz naród wyraźnie przejął wiodącą rolę w przedsięwzięciach kosmicznych, w których pod niejednym względem powinniśmy znaleźć klucz do naszej przyszłości na Ziemi (...). Wierzę, że Stany Zjednoczone powinny ten cel osiągnąć, gdy przed końcem bieżącego dziesięciolecia wyślą człowieka na Księżyc i sprowadzą go z powrotem bezpiecznie na Ziemię! (...)”. Zob. A. Jacewicz, J. Markowski, *Kosmos a zbrojenia*, Warszawa 1988, s. 45.

⁴² Było to siódme odpalenie rakiety z tego programu. Wcześniej dokonano 6 prób z rakietami bezzałogowymi i jednej z 3-osobową załogą. Próba ta, wykonana 27.01.1967 roku, zakończyła się tragicznie ze względu na pożar na pokładzie tuż przed startem (statek *Apollo-3*).

⁴³ 21 lipca 1969 roku o godzinie 3.56 lądowisk opuścił Neil Armstrong, a 20 minut później Edwin Aldrin. Interesujący wydaje się fakt, że manewr lądowania na Księżycu zupełnie świadomie został przeprowadzony według opisu przedstawionego przez Jurija Kondratiuka w jego książce pt. *Podbój przestrzeni międzyplanetarnej*, wydanej w Nowosybirsku w 1929 roku.

Łącznie w czasie trwania programu *Apollo*, zakończonego w grudniu 1972 roku⁴⁴, Amerykanie dokonali sześciu lądowań na powierzchni Księżyca. W ich wyniku na Ziemię dostarczono prawie 400 kg próbek skał i gleby księżycowej, przeprowadzono wiele badań naukowych i wykonano dużą ilość kolorowych zdjęć.

Projekty tworzenia baz wojskowych – zarówno na Księżycu, jak i na orbitach okołoziemskich – stanowiły wstęp do kolejnego, czwartego etapu rozwoju programów wojskowo-kosmicznych. Zauważyć bowiem można pewną etapowość w rozwoju tych programów. Pierwszy etap, rozpoczęty w końcu XIX wieku, związany był z budową rakiet nośnych. Etap drugi dotyczył umieszczania w kosmosie satelitów rozpoznawczych, a trzeci obejmował tworzenie pozostałych kosmicznych systemów zabezpieczenia działań bojowych, takich jak np. satelitarne systemy łączności, nawigacji, meteorologii⁴⁵. Etap czwarty, do realizacji którego zaczyna się stwarzać odpowiednie warunki, ma polegać na konstruowaniu i umieszczaniu w kosmosie systemów broni satelitarnych.

Okres do początku lat siedemdziesiątych, z punktu widzenia wojskowego wykorzystania przestrzeni kosmicznej, można uznać za okres badań wstępnych. Prowadzone doświadczenia i eksperymenty z różnymi rodzajami satelitów, statków i stacji kosmicznych pozwoliły określić ich przydatność do działań mających na celu zabezpieczenie funkcjonowania i wsparcie sił zbrojnych w razie ewentualnej wojny. Sprawdzono strategiczno-operacyjną przydatność i możliwości militarne satelitów rozpoznawczych, telekomunikacyjnych, meteorologicznych, nawigacyjnych i geodezyjnych. Środki te znalazły trwałe miejsce w arsenale militarnym wielu państw⁴⁶.

Obecnie już nikogo nie dziwi stwierdzenie, że kraj, który będzie posiadał możliwość swobodnego wykorzystywania środków satelitarnych, osiągnie przewagę nad każdym, kto takiej możliwości mieć nie będzie. Dlatego też posiadanie odpowiedniej ilości środków militarnych w kosmosie stanowi ważny element niejednej współczesnej i przyszłej strategii.

W przestrzeni okołoziemskiej znajduje się obecnie duża ilość satelitarnych środków zabezpieczenia działań bojowych, z których wojsko powszechnie korzysta. Satelitarne zabezpieczenie działań bojowych prowadzonych na Ziemi (na lądzie, morzach i w przestrzeni powietrznej) jest dziś bowiem podstawowym warunkiem zapewniającym skuteczność użycia sił zbrojnych w każdych warunkach sytuacji bojowej.

Na początku lat sześćdziesiątych siły zbrojne USA i ZSRR wyposażone zostały w środki klasy „ziemia-kosmos” i „powietrze-kosmos”, służące do fizycznego

⁴⁴ Kapsuła *Apollo* była później jeszcze wykorzystywana do realizacji programu *AAP* (*Apollo Application Program*), podczas którego na orbitę wyniesiono obiekt *Skylab*, a także do pokazowego wspólnego lotu statków *Apollo* i *Sojuz-19* w lipcu 1975 roku.

⁴⁵ Systemy te zostały opisane w rozdziałach 2.2.1–2.2.4.

⁴⁶ Oprócz Rosji i USA aktywny udział w eksploracji kosmosu bierze także 18 innych państw, wśród nich m.in. Francja, Wielka Brytania, Włochy, Niemcy, Chiny, Japonia, Indie i Pakistan.

niszczenia wrogich obiektów kosmicznych. Wiadomo też, że na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych w USA podjęto badania zmierzające do skonstruowania obiektów bazowania kosmicznego, mogących obezwładniać lub niszczyć inne satelity⁴⁷. Istotą tych badań było stworzenie nowych broni, przeznaczonych do użycia w warunkach panujących w przestrzeni kosmicznej⁴⁸.

Obecnie – jeśli wierzyć oficjalnym komunikatom – żadne z państw nie posiada w przestrzeni kosmicznej środków przeznaczonych do bezpośredniego rażenia ogniowego lub elektronicznego. Pojawiające się jednak czasem w mediach informacje skłaniają do przypuszczeń, że ich wyprodukowanie i rozmieszczenie w kosmosie jest zupełnie realne. Świadczą o tym także wyniki prowadzonych licznych badań i eksperymentów, stwarzające bardzo mocne podstawy teoretyczne do działań w tym zakresie. Za dalszym rozwojem tego typu środków przemawia także fakt, że prawnomiędzynarodowe ograniczenia w tym zakresie odnoszą się wyłącznie do rozmieszczania w kosmosie broni masowego rażenia.

Podobna sytuacja ma miejsce w zakresie kosmicznych środków ogniowego wsparcia działań sił zbrojnych, prowadzonych na Ziemi. Według oficjalnych informacji USA i Federacja Rosyjska, ale być może także inne państwa, opanowały możliwość niszczenia z satelitów wrogich rakiet balistycznych. Jednak 26.05.1972 roku mocarstwa te podpisały Układ o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej, zobowiązując się tym samym m.in. do przestrzegania zakazu tworzenia, próbowania i rozmieszczania w przestrzeni kosmicznej – a w konsekwencji także stosowania – wszelkich środków mających możliwość niszczenia międzykontynentalnych rakiet balistycznych, w czasie ich lotu po orbicie okołoziemskiej. Przestrzeganie tego zakazu zależy jednak wyłącznie od woli sygnatariuszy, a kontrola respektowania go jest niezwykle trudna. Dlatego też, mając na uwadze osiągnięty poziom techniki kosmicznej, należy się liczyć z możliwością pojawienia się w kosmosie środków przeciwrakietowych, a być może także innych, służących do rażenia celów naziemnych, nawodnych lub powietrznych.

Znacznie mniej prawdopodobna wydaje się natomiast możliwość prowadzenia samodzielnych operacji w przestrzeni pozaziemskiej, chociaż koncepcje takie pojawiły się już na początku ery kosmicznej⁴⁹. Perspektywa przeniesienia działań wojennych poza naszą planetę jest kusząca, ale równocześnie wątpliwe jest ograniczenie jakichkolwiek działań zbrojnych wyłącznie do przestrzeni kosmicznej. Na-

⁴⁷ Pierwszym realizowanym programem w tym zakresie był program *ABM (Anti Ballistic Missile)*, w wyniku którego w 1966 roku na orbicie okołoziemskiej umieszczony został pierwszy „antysatelita”, czyli satelita do niszczenia (obezwładniania) innych obiektów tego typu.

⁴⁸ Patrz rozdz. 2.2.5.

⁴⁹ W artykule z połowy 1959 roku pt. *The Military Potential of the Moon* Fred Singer pisał: „Wojna w przestrzeni kosmicznej (...) jest ewentualnym rozwiązaniem dylematu. Księżyc i otaczająca go przestrzeń kosmiczna położone są dostatecznie blisko Ziemi, aby nadawać się do rozwijania działań wojennych, a jednocześnie wystarczająco daleko od niej, aby zapewnić bezpieczeństwo jej ludności”, [w:] *Air University Quarterly Review*, lato 1959, s. 51. Zob. J. Sztucki, *Problemy prawne kosmosu*, PISM, Warszawa 1965, s. 10.

leży liczyć się z tym, że każda próba zniszczenia któregośkolwiek z systemów satelitarnych może pociągnąć za sobą konsekwencje prowadzące do eskalacji działań zbrojnych, ponieważ jednak ilość środków walki bazujących w przestrzeni kosmicznej jest względnie niewielka, uzasadnione wydaje się twierdzenie, że wszelkie działania zbrojne zainicjowane w kosmosie bardzo szybko przeniosą się na Ziemię.

Ciągły rozwój militarnych środków kosmicznych i zauważalne coraz wyraźniej luki w postanowieniach międzynarodowego prawa kosmicznego powodują, że pojęcie *Kosmicznego Teatru Wojny* zaczyna powoli wychodzić z obszaru naukowej fantastyki.

Doświadczenia wojen pokazują bowiem, że, przy uwzględnieniu jako minimum trzech podstawowych przesłanek, każda nowa sfera działalności człowieka, przekształca się w sferę walki zbrojnej. Te przesłanki to:

- poziom nauki i techniki, ekonomiki i warunków socjalnych umożliwia utworzenie i przygotowanie niezbędnych sił i środków dla wszechstronnego wykorzystania nowej sfery;
- nowa sfera zabezpiecza efektywniejsze wykonywanie obecnych i przewidywanych nowych zadań walki zbrojnej;
- ilość odpowiednich sił i środków jest wystarczająca do realizacji samodzielnych zadań strategicznych.

W przypadku przestrzeni kosmicznej dwa pierwsze warunki są już spełnione. Bardzo prawdopodobne nasycenie kosmosu środkami satelitarnymi spowoduje spełnienie warunku trzeciego. Należy więc sądzić, że w niedalekiej przyszłości stworzone zostaną potencjalne możliwości ukształtowania się odrębnego, Kosmicznego Teatru Wojny. Trudno dziś określić jednoznacznie granice tego teatru, chociażby dlatego, że nikt do tej pory nie określił granic kosmosu. Biorąc pod uwagę zmiany fizycznych właściwości przestrzeni kosmicznej w miarę oddalania się od Ziemi oraz współczesne możliwości rozmieszczania środków w kosmosie, najbardziej słuszne jest – według autora – zamknięcie Kosmicznego Teatru Wojny w granicach strefy aktywności Ziemi, tzn. do około 925 tys. km od jej środka⁵⁰.

Uwzględniając współczesne możliwości dyslokacji środków w kosmosie w teatrze tym, który można nazwać *Bliskim Kosmicznym Teatrem Wojny*, wydzielić można dwa teatry działań wojennych.

Pierwszy z nich, nazwany np. *Wokółziemskim Teatrem Działań Wojennych*, obejmować powinien sferę kosmosu okołozemskiego od jego dolnej granicy do ok. 40 tys. km od środka Ziemi. W ten sposób w jego obszarze znalazłaby się zdecydowana większość funkcjonujących obecnie sztucznych satelitów Ziemi, łącznie

⁵⁰ Zdając sobie sprawę z bezmiaru kosmosu należy zasugerować możliwość wyodrębnienia w przyszłości innych kosmicznych teatrów wojny, znajdujących się w większej odległości od Ziemi. Rozważania nad nimi można jednak na razie pominąć, ze względu na brak możliwości prowadzenia w nich jakichkolwiek działań wojennych.

z bardzo ważnymi, o znaczeniu militarnym, satelitami na orbicie geostacjonarnej. Ze względu na wyraźne różnice właściwości fizycznych przestrzeni, wynikające z odległości od Ziemi, celowy jest dodatkowy podział tego obszaru na dwie części, ograniczone na wysokości około 500 km.

Zasadnicze zalety pierwszej części *Wokółziemskiego Teatru Działań Wojennych*, to przede wszystkim:

- duża operatywność w zakresie obserwacji różnych obszarów Ziemi;
- stosunkowo dobre możliwości wykrywania, przechwytywania i niszczenia środków przenoszenia i ich ładunków;
- wysoka operatywność rażenia z kosmosu celów naziemnych środkami nieogniowymi;
- mała niezbędna moc promieniowania radiowego do prowadzenia działań informacyjnych.

Do głównych wad tego obszaru należą:

- duża – w porównaniu z innymi obszarami *Wokółziemskiego Teatru Działań Wojennych* – strata energii na manewrowanie, co znacznie ogranicza możliwości manewru przestrzennego środkami orbitalnymi;
- łatwość wykrywania i przechwytywania środków orbitalnych przez środki naziemne;
- konieczność posiadania wielu środków orbitalnych dla zapewnienia ciągłej obserwacji powierzchni Ziemi.

Druga część tego teatru posiada takie zalety, jak:

- praktycznie nieograniczony czas ruchu środków orbitalnych na zadanej orbicie;
- zwiększające się wraz ze wzrostem wysokości orbity ograniczanie strat energii na manewrowanie;
- mniejsza ilość środków orbitalnych niezbędnych do stworzenia systemu ciągłej obserwacji Ziemi.

Główne niedostatki tego obszaru ograniczają się do zwiększania strat energii na wyniesienie środków orbitalnych i wydłużania czasu dostarczania nieogniowych środków rażenia do obiektów naziemnych.

Drugi teatr działań wojennych, zdecydowanie mniej znany i jeszcze nie opany, powinien objąć obszary w granicach wysokości od 40 tys. km do górnej granicy kosmosu okołoziemskiego, ze szczególnym uwzględnieniem obszaru 300–450 tys. km. Ze względu na to, że centralnym obiektem tego teatru jest Księżyc, wskazane wydaje się być nazwanie go *Księżycowym Teatrem Działań Wojennych*.

Za strategiczne obszary *Księżycowego TDW* uznać należy oczywiście Księżyc, ale także leżące w tym obszarze punkty libracji L4 i L5⁵¹.

⁵¹ Punkty libracji (Lagrange'a) to pięć punktów przestrzeni kosmicznej, w których równoważą się siły odśrodkowe i grawitacyjne dwóch ciał niebieskich. Trzecie ciało o mniejszej masie, umieszczone w którymkolwiek z tych punktów, będzie utrzymywane w stanie równowagi względem tych dwóch ciał. Trzy z punktów libracji (L1, L2 i L3) leżą na linii łączącej dwa rozważane duże ciała. Dwa pozostałe punkty (L4 i L5), charakteryzujące się największą stabilnością, leżą po obu stronach tej linii.

Księżyc, mimo wielu ograniczeń prawa międzynarodowego⁵², może stanowić wkrótce obiekt bardzo interesujący z militarnego punktu widzenia. Rozwijające się szybko nowe technologie mogą spowodować pokonanie istniejących jeszcze dziś trudności technicznych i umożliwić wykorzystanie Księżyca do celów wojskowych.

Bardzo ciekawe z wojskowego punktu widzenia są także punkty libracji. Wbrew określeniu posiadają one znaczną pojemność, gdyż granice ich elipsoidalnej sfery oddalone są od ognisk o dziesiątki tysięcy kilometrów. Przebywający w takiej strefie obiekt może – bez obawy „wyrzucenia” poza nią – odchylić się od jej środka o 10 tys. km w kierunku Ziemi i 15–20 tys. km w kierunku Księżyca. Niewielki, zakłócający wpływ Słońca i planet może być neutralizowany poprzez nieznaczną korektę ruchu.

Ukształtowanie się w przestrzeni kosmicznej teatru wojny kończy zasadniczy etap jej militaryzacji. Aktualny stan wiedzy o otaczającym nas wszechświecie, a także osiągnięcia w zakresie konstrukcji statków kosmicznych i ich wyposażenia, pozwoliły bowiem na prowadzenie w kosmosie działań zbrojnych. Dalszy rozwój techniki kosmicznej, szczególnie w zakresie środków rażenia, może stworzyć warunki do rozszerzenia ewentualnych działań na ogromną, niespotykaną dotychczas skalę.

Współczesne zainteresowanie kosmosem, jako obszarem jakiegokolwiek działalności militarnej, jest ograniczone różnymi czynnikami, wśród których najważniejsze to:

- odległość od Ziemi;
- właściwości fizyczne ciał niebieskich;
- natężenie promieniowania kosmicznego.

Odległość określonych punktów Wszechświata od Ziemi determinuje możliwość dotarcia do nich obiektów kosmicznych. Istotny jest w tym wypadku niezbędny czas lotu, rozpatrywany w skali czasu ludzkiego życia. Dotarcie do odległych rejonów Wszechświata w stosunkowo krótkim czasie wymagałoby bowiem osiągnięcia bardzo dużych prędkości lotu, często niebezpiecznych dla znajdującego się na pokładzie obiektu kosmicznego personelu lub aparatury. Odległość, w jakiej może się znaleźć obiekt kosmiczny ważna jest także ze względu na ograniczone możliwości przestrzenne oddziaływania z Ziemi na obiekt (np. sterowanie) i z obiektu kosmicznego w kierunku Ziemi (np. transmisja danych, rażenie obiektów naziemnych).

Właściwości fizyczne ciał niebieskich, a zwłaszcza stan skupienia i temperatura ich otoczenia, określają możliwości wykorzystania powierzchni tych ciał do jakiegokolwiek działalności człowieka, w tym także działalności militarnej. Dotychczasowo-

⁵² Najważniejsze regulacje zawarte zostały w *Układzie normującym działalność państw na Księżycu i innych ciałach niebieskich* z 18.12.1979 roku, nie podpisanym jednak ani przez USA, ani przez ZSRR. Więcej informacji na ten temat w rozdziale 2.1.

we badania wskazują, że niektóre z poznanych ciał niebieskich posiadają średnią gęstość skupienia pozwalającą na instalowanie na ich powierzchniach urządzeń militarnych⁵³. Temperatura panująca na powierzchni ciał niebieskich uzależniona jest przede wszystkim od dwóch czynników: średniej odległości od Słońca i okresu obrotu wokół własnej osi. Pierwszy czynnik związany jest z rosnącymi stratami ciepła pochodzącego od Słońca w miarę oddalania od jego centrum. Drugi czynnik powoduje, że wraz ze zmniejszaniem się prędkości obrotowej ciała niebieskiego rosną dysproporcje między temperaturami dnia i nocy⁵⁴. Spośród planet Układu Słonecznego najlepsze pod tym względem warunki panują na Marsie: w dzień na równiku jest około 20–30°C, w nocy około –70°C⁵⁵. Podobne wahania temperatury, utrudniające, a czasem wręcz uniemożliwiające ludzką działalność, występują także na innych zbadanych ciałach niebieskich.

Trzeci czynnik, *promieniowanie kosmiczne*, będący strumieniem wysokoenergetycznych⁵⁶ cząstek (głównie protonów, cząstek alfa i lekkich jąder) przychodzących z przestrzeni kosmicznej, poza granicami atmosfery staje się niebezpieczny dla organizmów żywych. Ma też szkodliwy wpływ na działanie aparatury pokładowej statku kosmicznego, a szczególnie środków telekomunikacyjnych. Wymusza to tworzenie specjalnych konstrukcji obiektów kosmicznych, pozwalających na zapewnienie skutecznej ochrony ludzi i sprzętu. Zauważono, że natężenie promieniowania kosmicznego rośnie w miarę wznoszenia się nad powierzchnię Ziemi. Istnienie wokół Ziemi silnych pól elektromagnetycznych powoduje tworzenie dwóch pierścieniowych warstw, wewnątrz których występuje zwiększona radiacja. Warstwy te, nazywane pasmami van Allena, zalegają nad równikiem i zanikają w kierunku biegunów. Jedna warstwa znajduje się na wysokości 2000 do 5000 km, a druga na wysokości 10 000 do 85 000 km. Wypełnione są protonami i elektronami. Przelot przez te strefy, jeśli trwa zbyt długo, może stanowić zagrożenie dla życia.

Obecnie z posiadanych danych wynika, że w okołoziemskiej przestrzeni kosmicznej, na wysokości 800–1500 km n.p.m., znajduje się ok. 8000 dużych obiektów. Ocenia się, że w sumie w kosmosie znajduje się 35–40 tys. małych obiektów o rozmiarach od 1 do 10 cm oraz 3,5 miliona obiektów miniaturowych o średnicy ok. 1 cm. Oprócz tego, od początku ery kosmicznej w amerykańskich i rosyjskich katalogach kosmicznych były zarejestrowane 24 tys. obiektów o rozmiarach ponad

⁵³ W Układzie Słonecznym jest to teoretycznie możliwe, np. na Merkury, Wenus, Plutonie i Marsie, a także na niektórych spośród 32 księżyców planet Układu.

⁵⁴ Wolniejsze obroty powodują silne nagrzewanie strony oświetlanej przez Słońce i jednocześnie równie silne mrożenie strony zaciemnionej.

⁵⁵ Dla porównania temperatura Księżyca waha się od około –160°C podczas nocy księżycowej do około +120°C w dzień.

⁵⁶ Wartość energii tych cząstek dochodzi do 10^{19} eV, czyli około miliard razy więcej niż wartości możliwe do osiągnięcia na Ziemi, w warunkach laboratoryjnych.

10 cm, wśród nich ok. 5000 sztucznych satelitów Ziemi, większość z nich dzisiaj już nieczynnych.

W przestrzeni kosmicznej znajduje się około 356 amerykańskich satelitów wojskowych oraz 131 rosyjskich. Ponadto znajduje się tam ok. 2500 zużytych satelitów, a co najważniejsze: 30 rosyjskich obiektów kosmicznych z jądrowymi systemami energetycznymi oraz 12 analogicznych satelitów amerykańskich, wysłanych w okresie zimnej wojny. Ich orbity, tzw. orbity-cmentarze, znajdują się na wysokości 700–1300 km n.p.m. Przetrwają one w kosmosie co najmniej 300 lat. Zdaniem uczonych, to wystarczająco długi okres dla rozpadu produktów dzielenia uranu (235 lat) i plutonu (238 lat) do bezpiecznego dla człowieka poziomu radioaktywności.

Poważne zagrożenia ze strony kosmicznych śmieci istnieją nie tylko dla misji kosmicznych i czynnych satelitów. Dwadzieścia lat temu na terytorium Kanady spadły odłamki kosmicznego reaktora atomowego należącego do satelity *Kosmos-954* (wysokość odszkodowania ze strony ZSRR wyniosła wówczas 5 mln USD). W lipcu 1979 roku w rezultacie awarii 77-tonowej amerykańskiej stacji orbitalnej *Skylab*, na Ziemię zwałił się grad odłamków, które nie zdążyły spłonąć w niższych warstwach atmosfery.

Na teraźniejszym etapie rozwiązanie problemu kosmicznych śmieci jest prawie nierealne. Śmiecić na orbicie łatwo, a sprzątać znacznie trudniej niż na Ziemi. Zarówno z przyczyn ekonomicznych (zdaniem specjalistów, tylko teoretyczne opracowanie projektu oczyszczania kosmosu kosztowałoby ponad 200 mln USD), jak i technicznych skonstruowanie satelity-śmieciarki jest praktycznie niemożliwe, ponieważ nawet najmniejsze odłamki (o rozmiarach 1 cm i wadze 10 g) poruszają się po orbicie z prędkością względną równą 10 m/sek. Spotkanie ze śmieciarką zakończy się katastrofą: siła uderzenia będzie podobna jak przy zderzeniu samochodów przy prędkości 100 km/h.

Ponieważ nie śmiecić łatwiej niż sprzątać, dąży się do przyjęcia środków ograniczających gromadzenie się szczątków nowych satelitów. Zużyte satelity powinny zachować na pokładzie tyle paliwa, ile konieczne jest dla ich bezpiecznego zepchnięcia z orbity w gęste warstwy atmosfery nad południową częścią Oceanu Spokojnego, gdzie uległyby całkowitemu spaleni. Co się zaś tyczy końcowych fragmentów ракет-nosicieli, to powinny one w sposób kontrolowany wchodzić w atmosferę ziemską i tam spłonąć. Środki te nie rozwiązują jednakże problemu oczyszczenia kosmosu z obecnych śmieci.

Najwyraźniej ludzkość będzie musiała wykazać cierpliwość, żeby doczekać się samooczyszczenia przestrzeni kosmicznej. W końcu wszystko co lata dzisiaj po orbicie, pod wpływem siły przyciągania samo wejdzie w gęste warstwy atmosfery i tam spłonie. Ale, zgodnie z prognozami uczonych, nastąpi to nie wcześniej niż za 300 lat. Retoryczne wydaje się pytanie, czy mieszkańcy Ziemi będą w stanie po-

wstrzymać się od śmiecenia w kosmosie w ciągu tego okresu. Współczesna cywilizacja nie może obyć się bez osiągnięć nauki i techniki kosmicznej.

Dopiero od niedawna prowadzi się poważne badania, których celem jest ustalenie rzeczywistej liczby obiektów w przestrzeni wokółziemskiej, ich przestrzennego rozmieszczenia, a także zagrożeń, jakie powodują dla czynnych satelitów i stacji kosmicznych. Podejmuje się też szereg działań w skali międzynarodowej w celu zmniejszenia zagrożeń powodowanych przez istniejące już obiekty, jak również dla zmniejszenia przyrostu ich liczby w przyszłości. Podejmowane są próby prawnego uregulowania zasad korzystania z przestrzeni wokółziemskiej, tak by liczba obiektów w ważnych dla różnego rodzaju zastosowań rejonach nie wzrastała. Zalecane jest takie przygotowywanie programu operacji wykonywanych przez satelity, żeby po zakończeniu ich misji sprowadzać je bezpiecznie na Ziemię albo umieszczać na takich orbitach, gdzie nie będą zagrażały satelitom operacyjnym. Działania te, choć prowadzone równolegle przez różne organizacje międzynarodowe, nie przynoszą na razie zadowalających rezultatów.

2.2. Prawne możliwości militarnego użycia środków kosmicznych

Niemal równocześnie z wprowadzeniem na okołoziemską orbitę pierwszych obiektów kosmicznych i rozpoczęciem prac nad ich wykorzystaniem do celów militarnych podjęto prace mające na celu skodyfikowanie działalności człowieka w kosmosie.

Do dzisiejszego dnia powstało kilka dokumentów tworzących współczesne międzynarodowe prawo kosmiczne. Niektóre z nich zawierają także zapisy dotyczące wykorzystania kosmosu do celów militarnych. Były one jednak tworzone dawno temu⁵⁷ i dziś są już niestety niewystarczające. W sytuacji gdy ze względu na znaczne różnice poglądów i interesów poszczególnych państw kosmicznych nie jest możliwe opracowanie nowych dokumentów prawnomiędzynarodowych, regulujących wykorzystanie kosmosu i jego składników do celów militarnych, dopuszczalność militaryzacji kosmosu jest duża.

Zapisana w artykule I Traktatu kosmicznego z 27 stycznia 1967 roku zasada wolności kosmosu, oparta na trzech swobodach: dostępu do wszystkich części kosmosu, ich badania i wykorzystywania, nie może jednak oznaczać dowolności poczynąń człowieka w tym obszarze.

Obowiązujące aktualnie ograniczenia w zakresie wykorzystywania przestrzeni kosmicznej do celów wojskowych zawierają następujące dokumenty międzynarodowego prawa kosmicznego:

⁵⁷ Ostatni z istotnych dokumentów w tym zakresie – *Układ Księżycowy* – powstał w 1979 roku (czyli ponad 20 lat temu), w zupełnie innych uwarunkowaniach polityczno-militarnych.

Układ o zakazie prób broni nuklearnej w atmosferze, w przestrzeni kosmicznej i pod wodą z 5 sierpnia 1963 roku;

Układ o zasadach działalności państw w zakresie badania i wykorzystywania przestrzeni kosmicznej łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi z 27 stycznia 1967 roku;

Konwencja o rejestracji obiektów wypuszczanych w przestrzeń kosmiczną z 14 stycznia 1975 roku;

Układ normujący działalność państw na Księżycu i innych ciałach niebieskich z 18 grudnia 1979 roku;

Dwustronny Układ o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej, podpisany 26 maja 1972 roku w Moskwie przez USA i ZSRR;

Konwencja o zakazie wojkowego lub jakiegokolwiek innego wrogiego użycia technik modyfikacji środowiska z 18 maja 1977 roku;

Konwencja o przekazywaniu i wykorzystywaniu danych ze zdalnego badania Ziemi z 19 maja 1978 roku.

W pierwszym z wymienionych dokumentów prawa międzynarodowego zawarto zapis odnoszący się do przestrzeni kosmicznej, zobowiązujący sygnatariuszy do niedokonywania jakichkolwiek próbnych eksplozji jądrowych i zapobiegania im m.in. w kosmosie⁵⁸. Znaczenie tego układu jest dwojakie: po pierwsze, wpływa bardzo korzystnie na zapobieganie zbrojeniu kosmosu, a po drugie zabezpiecza wyposażenie elektroniczne funkcjonujących w kosmosie satelitów przed niszczącym działaniem pulsu elektromagnetycznego.

W drugim, **podstawowym**, dokumencie międzynarodowego prawa kosmicznego, tzn. w *Traktacie kosmicznym* z 27 stycznia 1967 roku, normy dotyczące militarnego wykorzystania kosmosu zawarte są w art. IV. Z zapisu tego artykułu wynika, że:

Sygnatariusze tego układu nie mogą umieszczać w przestrzeni kosmicznej (w tym szczególnie na orbicie okołoziemskiej i na powierzchni ciał niebieskich) żadnych obiektów przenoszących broń jądrową lub inną broń masowego zniszczenia;

Na Księżycu i innych ciałach niebieskich nie wolno:

- zakładać wojskowych baz, instalacji lub fortyfikacji;
- dokonywać prób jakiegokolwiek typu broni;
- przeprowadzać manewrów wojskowych.

Ponieważ jednak układ ten podpisany został 35 lat temu, gdy możliwości militaryzowania kosmosu były jeszcze bardzo ograniczone, dziś jego zapisy są czasem nieaktualne lub przynajmniej kontrowersyjne. Wątpliwości budzą przede wszystkim trzy problemy:

⁵⁸ Art. I pkt 1a) Układu o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej.

- zakres dopuszczalności umieszczania w kosmosie broni innej niż masowego zniszczenia;
- zakres prawnej dopuszczalności wykorzystywania kosmosu do przenoszenia środków masowego zniszczenia przez rakiety balistyczne poruszające się po ułamkowych częściach orbity okołoziemskiej;
- znaczenie wielokrotnie stosowanego wyrażenia „cele pokojowe”.

Okazuje się bowiem, że twórcy *Traktatu kosmicznego* najprawdopodobniej nie przewidzieli możliwości pojawienia się nowych rodzajów broni – broni precyzyjnych, które mogą być stosowane w kosmosie. W efekcie tego typu środki rażenia mogą być zgodnie z postanowieniami międzynarodowego prawa kosmicznego umieszczane w przestrzeni kosmicznej, w tym także na orbitach okołoziemskich.

Ograniczeniom wynikającym z Traktatu nie podlegają także międzykontynentalne rakiety balistyczne, ponieważ fakt, że część trajektorii ich lotu przebiega po orbicie okołoziemskiej nie oznacza, że są one **umieszczone** na tej orbicie.

Duże znaczenie dla bezpieczeństwa ma także jednoznaczne określenie znaczenia wyrażenia „cele pokojowe”. Proponowane przez prawników różne interpretacje tego pojęcia nie odzwierciedlają dziś w pełni jego sensu. Przyjmując bowiem, że „pokojowy” znaczy tyle, co „niewojskowy”⁵⁹ lub „nieagresywny”⁶⁰ uniemożliwia się użycie środków satelitarnych w wojskowych operacjach przywracania i utrzymywania pokoju, które na pewno są „wojskowe”, a ponadto czasem mają także charakter agresywny.

Konwencja rejestracyjna z 1975 roku nie posiada w swojej treści zapisów odnoszących się **wyłącznie** do działalności wojskowej. Mogłoby się wydawać, że umieszczony w art. IV tej konwencji nakaz przekazywania Sekretarzowi Generalnemu ONZ informacji dotyczących każdego obiektu kosmicznego pozwala na kontrolowanie działalności wojskowej w przestrzeni kosmicznej, a tym samym wpływa na jej ograniczenie. Jednak ograniczony zakres przekazywanych informacji o wyposażeniu pokładowym obiektu kosmicznego⁶¹, a przede wszystkim możliwość przekazywania tych informacji w dowolnym czasie („*tak szybko, jak jest to praktycznie możliwe*”) wskazują, że działalność w kosmosie nie podlega praktycznie żadnej kontroli. Brak wymogu informowania o wyposażeniu satelity i jego bojowym przeznaczeniu umożliwia skryte militaryzowanie kosmosu poprzez umieszczanie w nim praktycznie dowolnych środków.

Wiele szczegółowych ograniczeń wojskowej działalności w kosmosie zawiera tzw. *Układ księżycowy* z 1979 roku. Trzeci artykuł tego układu, w odniesieniu do Księżyca (wraz z jego orbitami) i innych ciał niebieskich, zakazuje:

⁵⁹ Zob. np. M. G. Marcoff, *Sur le sens juridique de l'expression utilisation pacifique de l'espace cosmique*, *Revue Générale de l'Air* nr 3/1962, s. 227.

⁶⁰ Zob. np. G. Gál, *Space Law*, Budapeszt 1969, s. 168.

⁶¹ Zgodnie z art. IV pkt. 1e) Konwencji przekazuje się jedynie „*ogólne przeznaczenie obiektu kosmicznego*”.

- używania siły lub stosowania groźby użycia siły w ich obrębie;
- dokonywania jakichkolwiek aktów wrogich lub stosowania groźby ich dokonania w ich obrębie oraz w stosunku do Ziemi, Księżyca lub innych ciał niebieskich, statku kosmicznego i jego personelu oraz innych sztucznych obiektów kosmicznych;
- zakładania wojskowych baz, urządzeń i instalacji;
- umieszczania i używania broni masowego zniszczenia na ich powierzchni i w ich wnętrzu;
- dokonywania prób jakiegokolwiek typu broni;
- przeprowadzania manewrów wojskowych.

Powyższe zapisy wskazują na wprowadzenie całkowitej demilitaryzacji⁶² i neutralizacji Księżyca i innych ciał niebieskich. Jednocześnie z zapisu art. I pkt 1 i 2 tego układu, stwierdzającego, że wszystkie postanowienia dotyczące Księżyca odnoszą się będą także do innych ciał niebieskich Układu Słonecznego i do orbit wokół Księżyca – wynika, że postanowienia *Układu księżycowego* nie dotyczą orbit wokół ciał niebieskich innych niż Ziemia i Księżyc oraz pozaorbitalnej części przestrzeni kosmicznej. Dlatego też układ ten nie zakazuje wykorzystania np. orbit sąsiednich planet czy punktów libracji do umieszczania w ich obrębie obiektów kosmicznych przenoszących kosmiczne środki rażenia.

Podpisany w końcu maja 1972 roku przez USA i ZSRR *Układ o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej* jest układem dwustronnym, lecz jego praktyczne znaczenie dla bezpieczeństwa międzynarodowego zawsze było ogromne⁶³. Układ ten ograniczał możliwości tworzenia, testowania i rozmieszczania stacjonarnych systemów obrony powietrznej bazowania kosmicznego, powietrznego, morskiego oraz mobilnych systemów lądowych⁶⁴. Jednocześnie w załączonych do Układu uzgodnionych objaśnieniach zapisano, że w razie powstania możliwości konstruowania systemów w oparciu o nowe (nie znane w chwili podpisywania Układu) środki walki będą one przedmiotem dyskusji w ramach utworzonej Stałej Komisji Konsultatywnej.

W treści Układu nie zawarto jednak zapisu odnoszącego się do możliwości prowadzenia badań naukowych w zakresie systemów obrony powietrznej. W związku z tym Amerykanie uznali, że nie ogranicza on tej działalności. Stało się to szczególnie istotne na początku lat osiemdziesiątych, gdy w USA planowano

⁶² Ponieważ Księżyc nigdy nie był zmilitaryzowany, należałoby używać ściślejszego pojęcia „amilitaryzacja”, jednak w międzynarodowym prawie kosmicznym powszechnie stosuje się na oznaczenie tej działalności pojęcie „demilitaryzacja”.

⁶³ Po zamachach terrorystycznych we wrześniu 2001 roku rząd USA podjął decyzję o jednostronnym wycofaniu się z Układu, gdyż w jego opinii w znacznym stopniu utrudnia on w obecnej sytuacji międzynarodowej zapewnienie bezpieczeństwa narodowi.

⁶⁴ Wyjątkiem była możliwość stworzenia przez każdą ze stron dwóch rejonów dyslokacji systemów obrony powietrznej, o parametrach naruszających postanowienia Układu. W podpisanym 3 lipca 1974 roku dodatkowym protokole możliwość tę ograniczono do jednego rejonu.

rozpoczęcie prac nad tzw. *Inicjatywą Obrony Strategicznej*, znaną bardziej jako program „wojen gwiazdnych”. Stwierdzano wówczas, że program dotyczy wyłącznie badań naukowych i nie przewiduje ich konstruowania⁶⁵.

Dziś, po wycofaniu się USA z Układu, problem prawny przestał istnieć. Można więc spodziewać się zintensyfikowania amerykańskiej działalności w przestrzeni kosmicznej w zakresie tworzenia kosmicznych systemów wykrywania, przechwytywania i zwalczania rakiet balistycznych. Niewykluczone jest także rozszerzenie prac badawczych i konstrukcyjnych i objęcie nimi także sposobów niszczenia lub obezwładniania innych obiektów umieszczonych w kosmosie, szczególnie na orbitach okołoziemskich.

Kolejne ograniczenie działalności państw w kosmosie spowodowała odkryta możliwość wpływu człowieka na przebieg procesów naturalnych zachodzących na Ziemi i w jej otoczeniu. Otwarta do podpisu w maju 1977 roku *Konwencja o zakazie wojkowego lub jakiegokolwiek innego wrogiego użycia technik modyfikacji środowiska* zakazuje stosowania jakichkolwiek przedsięwzięć, mających na celu dokonywanie – poprzez rozmyślne kierowanie procesami naturalnymi – zmian „w dynamice, składzie lub strukturze Ziemi, włącznie z jej fauną i florą, litosferą, hydrosferą i atmosferą lub w przestrzeni kosmicznej”⁶⁶. Jednocześnie zawęża zakres ograniczenia do działań wprowadzających skutki: *rozległe* – obejmujące obszar rzędu kilkuset kilometrów kwadratowych, *długotrwałe* – trwające przez okres miesięcy lub w przybliżeniu porę roku i *ostre* – pociągające za sobą poważne lub znaczące zniszczenie albo uszczerbek dla życia ludzkiego, zasobów naturalnych lub innych dóbr. Należy także zaznaczyć, że Konwencja nie zabrania rozmieszczania w przestrzeni kosmicznej środków służących do oddziaływania na środowisko Ziemi, ale jedynie ich użycia.

W maju 1978 roku podpisana została w Moskwie *Konwencja o przekazywaniu i wykorzystywaniu danych ze zdalnego badania Ziemi z kosmosu*. Dokument ten nie odnosi się co prawda wyłącznie do działalności wojskowej, lecz ze względu na zawarte regulacje zakresu wykorzystania danych pozyskiwanych z kosmosu ma zastosowanie także i do tej działalności. Zgodnie bowiem z art. I Konwencji – zdalne badanie Ziemi z kosmosu ma na celu: „zlokalizowanie i opisanie charakteru zachodzących w czasie zmian parametrów i zjawisk przyrodniczych, naturalnych zasobów Ziemi, jak również obiektów i tworów będących dziełem człowieka”.

⁶⁵ Spowodowało to gwałtowną reakcję Rosjan. W wywiadzie dla agencji TASS ówczesny minister obrony ZSRR, marszałek S. Sokołow, stwierdził: „Zapewnienia Białego Domu, że po zakończeniu prac badawczych Stany Zjednoczone mają rzekomo zrezygnować z tworzenia szeroko zakrojonego systemu kosmicznej obrony przeciwrakietowej, są niepoważne. Trudno sobie nawet wyobrazić, aby 60 mld dolarów – takie wydatki na prace naukowo-badawcze planuje się na 10 lat – potrzebne było tylko po to, aby rozwiązać problem teoretyczny: czy utworzenie uderzeniowych broni kosmicznych jest możliwe czy też niemożliwe.” (Trybuna Ludu z 16 maja 1985 roku, s. 6).

⁶⁶ Art. II Konwencji.

W dwóch artykułach Konwencji⁶⁷ zawarty został zakaz publikowania, przekazywania oraz wykorzystywania w jakikolwiek sposób na szkodę innej strony pozyskanych z kosmosu danych⁶⁸ dotyczących terytorium innej strony, których pierwotna rozdzielczość przekracza 50 metrów oraz treści informacyjnych, będących wynikiem analizy tych danych. Interpretacja powyższych przepisów wskazuje, że Konwencją objęte są także obiekty wojskowe, administracyjne, komunikacyjne i inne o dużym znaczeniu militarnym.

Podsumowując można stwierdzić, że obecnie w całej przestrzeni kosmicznej (tzn. na wszelkich ciałach niebieskich, na orbitach wokół nich oraz w pozaorbitalnej części przestrzeni kosmicznej) obowiązuje zakaz umieszczania jakichkolwiek rodzajów broni masowego zniszczenia. Na Księżycu i powierzchni innych ciał niebieskich nie mogą być rozmieszczane także inne rodzaje broni.

Mogą być one rozmieszczone natomiast na orbitach wokół ciał niebieskich innych niż Ziemia i Księżyc oraz w pozaorbitalnej części kosmosu.

Księżyc i inne ciała niebieskie są zamknięte dla jakiejkolwiek działalności wojskowej, ale nie wyklucza się funkcjonowania na nich personelu wojskowego.

Zabronione jest powodowanie jakichkolwiek zmian w składzie i strukturze Ziemi i przestrzeni kosmicznej oraz wywoływanie w sposób sztuczny wszelkich zmian w zachodzących w ich obrębie procesach dynamicznych.

Współcześnie ograniczenia te są jednak zupełnie niewystarczające. Nie istnieją bowiem skuteczne sposoby kontroli ich respektowania przez poszczególne państwa wykorzystujące technikę kosmiczną. Nie uniemożliwiają one także stosowania środków rażenia wykorzystujących nowoczesne technologie, jak np. bronie laserowe czy wiązkowe.

⁶⁷ Art. IV i art. V.

⁶⁸ Określenie to odnosi się do danych pierwotnych oraz danych poddanych opracowaniu.

3. WSPÓŁCZESNE KIERUNKI MILITARYZACJI KOSMOSU

W miarę rozwoju techniki kosmicznej bardzo szybko dostrzeżono, że kosmos można z powodzeniem wykorzystać do działań o charakterze militarnym. Istnieją tam bowiem niezwykle dogodne warunki do prowadzenia rozpoznania, utrzymywania łączności, kierowania ruchem różnych obiektów i wielu innych przedsięwzięć niezbędnych do zabezpieczenia i wsparcia działań sił zbrojnych. W ten sposób w przestrzeni kosmicznej pojawiło się wiele obiektów, bez których trudno dziś wyobrazić sobie funkcjonowanie sił zbrojnych, państw czy nawet codzienne życie wielu ludzi.

Satelity spełniają rozliczne funkcje nieodzowne dla funkcjonowania maszyny militarnej. Wiele z tych funkcji pokrywa się z potrzebami cywilnymi, stąd też trudno jednoznacznie wskazać satelity typowo wojskowe. Dodatkową trudność w próbach systematyzacji obiektów kosmicznych stanowi wielofunkcyjność ich zadań. Dlatego też trudno dokonać ścisłego podziału satelitów przyjmując za kryterium ich przeznaczenie. Można jednak określić kierunki, w jakich zmierza eksploracja przestrzeni kosmicznej. Zaliczamy do nich:

- rozpoznanie satelitarne;
- łączność satelitarną;
- nawigację satelitarną;
- meteorologię satelitarną;
- geodezję satelitarną;
- operacje kosmiczne.

Najbardziej obszerną i najbardziej istotną część w tym zestawie stanowi rozpoznanie satelitarne. Ten rodzaj wojskowego wykorzystania przestrzeni kosmicznej zalicza się do najbardziej rozwiniętych pod względem technologicznym i ilości rozmieszczonych obiektów. Za jego pomocą mogą być zdobywane niemal wszystkie informacje natury wojskowej i gospodarczej, o potencjalnym przeciwniku w dowolnym rejonie kuli ziemskiej.

3.1. Rozpoznanie satelitarne

Pozyskiwanie danych o potencjalnym przeciwniku i warunkach prowadzenia ewentualnych działań wojennych miało zawsze w historii wojen ogromne znaczenie. Rola tego rodzaju działań bojowych na przestrzeni dziejów pozostawała niezmienna, zmieniały się natomiast możliwości i sposoby zdobywania informacji.

Ze względu na wielość kryteriów pełna klasyfikacja rozpoznania byłaby zbyt obszerna, a dla potrzeb niniejszej pracy także niecelowa. W celu wskazania miej-

sca rozpoznania satelitarnego w ogólnej strukturze rozpoznania wystarczy przyjąć za kryterium środowisko, w którym rozmieszczone są środki zdobywania danych. Na tej podstawie można wyodrębnić cztery następujące rodzaje rozpoznania:

- rozpoznanie naziemne;
- rozpoznanie morskie;
- rozpoznanie powietrzne;
- rozpoznanie satelitarne (kosmiczne).

W oparciu o powszechnie uznawaną definicję rozpoznania powietrznego⁶⁹ można, poprzez analogię, dokonać próby sformułowania definicji rozpoznania kosmicznego. Za ten rodzaj rozpoznania należałoby wówczas uznać całokształt przedsięwzięć na ziemi i w przestrzeni kosmicznej, mających na celu zdobywanie danych o przeciwniku, terenie i warunkach atmosferycznych za pomocą statków kosmicznych lub innych aparatów znajdujących się w przestrzeni kosmicznej.

Brak jednoznacznego określenia dolnej granicy przestrzeni kosmicznej powoduje, że powyższa definicja nie jest ścisła. Niemniej jednak pozwala ona obecnie na wystarczająco precyzyjne wyodrębnienie rozpoznania satelitarnego spośród innych rodzajów rozpoznania.

Ze względu na ogromne możliwości rozpoznania satelitarne szybko stało się najważniejszym rodzajem rozpoznania strategicznego. Jego zasadniczym celem było i jest pozyskiwanie wymaganych danych (głównie militarnych, ale także innych, np. gospodarczych) o potencjalnym przeciwniku, znajdującym się w dowolnym miejscu na kuli ziemskiej. Wśród zbieranych drogą satelitarną danych dominują oczywiście te, które określają bezpośrednio potencjał wojskowy danego kraju (dyslokacja jednostek sił zbrojnych, ich liczebność, wykształcenie i wyposażenie), niemniej jednak istotne są także dane o infrastrukturze państwa, jego przemyśle (głównie obronnym) i zasobach bogactw naturalnych.

Już w latach sześćdziesiątych w przestrzeni kosmicznej umieszczono wiele systemów satelitarnych, wykonujących zadania o charakterze rozpoznawczym. W miarę doskonalenia wyposażenia tych środków, następowała specjalizacja wykonywanych przez nie zadań. Dziś można przyjąć, że satelitarne środki rozpoznania mogą wykonywać trzy zasadnicze grupy zadań:

- rozpoznanie ogólne;
- rozpoznanie szczegółowe;
- rozpoznawanie zagrożenia bezpieczeństwa.

Rozpoznanie ogólne, często nazywane **wstępnym**, ma na celu zdobywanie informacji o małym stopniu uszczegółowienia. Prowadzone jest periodycznie, w ściśle określonych przedziałach czasu i dotyczy obiektów dużych, statycznych, o wyraźnych cechach demaskujących. Wyniki tego rodzaju rozpoznania stanowią

⁶⁹ Według K. Józwiaka (*Rozpoznanie powietrzne. Podstawy*, AON, Warszawa 1996, s. 16) „rozpoznanie powietrzne to całokształt przedsięwzięć na ziemi i w powietrzu, mających na celu zdobywanie informacji o przeciwniku, terenie i warunkach atmosferycznych za pomocą aparatów latających znajdujących się w przestrzeni atmosferycznej do wysokości 30 tys. metrów”.

materiał wyjściowy do ogólnych analiz i określenia zadań dla elementów rozpoznania szczegółowego.

Rozpoznanie szczegółowe prowadzone jest w stosunku do wybranych, ograniczonych obszarów powierzchni Ziemi. Wyniki tego rozpoznania, ze względu na ich dokładność i terminowość, mogą stanowić podstawę planowania rażenia ogniowego na obserwowane obiekty. Służą one także do oceny skuteczności wykonywanych uderzeń (tzw. rozpoznanie kontrolne).

W zakresie **rozpoznawania zagrożenia bezpieczeństwa** realizowane jest szerokie spektrum zadań, mających na celu uprzedzenie o możliwości wystąpienia zjawisk zdefiniowanych jako niebezpieczne, w tym przede wszystkim o wykonaniu przez inne państwo uderzenia za pomocą środków rakietowych, lotnictwa, sił morskich lub lądowych. Nie mniej istotne jest także zdobywanie informacji świadczących o dokonywaniu przez dany kraj próbnych eksplozji jądrowych czy też ciągłe śledzenie dyslokacji okrętów uzbrojonych w rakiety z głowicami jądrowymi, w tym szczególnie okrętów podwodnym z napędem atomowym.

Skuteczność funkcjonowania tego systemu zapewniona jest poprzez stosowanie zróżnicowanych środków satelitarnych, zdolnych – poprzez ciągłą obserwację wybranych obszarów lądowych i morskich – do:

- natychmiastowego wykrywania startów ракет balistycznych;
- pozyskiwania danych o ruchach flot wybranych państw, ich uzbrojeniu i wykorzystywanych bazach morskich (satelity oceanograficzne);
- wykrywania wybuchów jądrowych i określania ich parametrów (rodzaj, moc i inne).

Satelitarne środki wykrywania startów międzykontynentalnych ракет balistycznych umieszczane są w przestrzeni kosmicznej począwszy od 1960 roku⁷⁰. W identyfikowaniu startów ракет wykorzystuje się fakt, że temperatura gazów opuszczających dysze wylotowe rakiety dochodzi do 2000 K (tzn. około 2300°C) i może być zarejestrowana przez odpowiednie czujniki promieniowania podczerwonego. Nie bez znaczenia jest w tym wypadku i to, że część fal podstawowej masy wypromieniowywanej energii ma długość oscylującą wokół 3 mikrometrów i jest przepuszczana przez atmosferę ziemską⁷¹. Początkowo jedynymi czujnikami znajdującymi się na pokładzie satelity były właśnie czujniki podczerwieni. Były

⁷⁰ W tym roku podjęto w USA pierwsze praktyczne próby z tego rodzaju satelitami. Pierwszy obiekt kosmiczny tego typu, *MIDAS 1*, wystrzelony został 26 lutego 1960 roku, ale próba była nieudana. Następny obiekt tej serii, *MIDAS 2*, umieszczony został pomyślnie na orbicie o perygeum 484 km i apogeum 511 km trzy miesiące później. W 1960 roku na orbicie okołoziemskiej znalazł się jeszcze jeden amerykański satelita tego rodzaju (*Discoverer 19*, wystrzelony 20 grudnia na orbitę 209/631 km). Pierwsze radzieckie satelity o podobnym przeznaczeniu pojawiły się w kosmosie dopiero 1967 roku (*Kosmos-159* wystrzelony 16 maja 1967 roku na orbitę 350/60 637 km), chociaż przypuszcza się, że analogiczną rolę spełniały częściowo także wystrzelone wcześniej środki satelitarne serii *Elektron* (1964 rok).

⁷¹ Atmosfera ziemska ma właściwości pochłaniania dużej części fal elektromagnetycznych emitowanych z Ziemi i w kierunku Ziemi. Bez większych tłumień przepuszczane są natomiast fale o długościach zawartych w trzech tzw. oknach: *optycznym* (fale o długości około 1 μm), *podczerwonym* (fale o długościach od 3 do 5 μm) i *radiowym* (od 0,01 do 10 m).

one jednak bardzo łatwo zakłócać przez odbite od chmur promieniowanie słoneczne i dlatego w następnych generacjach satelitów rozpoznawczych stosowano już połączenia kilku (dwóch lub więcej) rodzajów czujników⁷². Zapewniało to znaczne obniżenie poziomu prawdopodobieństwa fałszywego alarmu.

Satelity oceanograficzne przystosowywane są do spełniania dwóch rodzajów zadań. Pierwszy z nich polega na wykorzystywaniu wszystkich możliwych sposobów rozpoznania do śledzenia zmian lokalizacji różnego rodzaju jednostek pływających, szczególnie atomowych okrętów podwodnych uzbrojonych w międzykontynentalne rakiety balistyczne i okrętów rozpoznawczych. Drugi rodzaj satelitów oceanograficznych obejmuje natomiast te satelity, których wyposażenie pozwala na określanie maksymalnej liczby parametrów oceanograficznych, takich jak: wysokość fal, siła i kierunki prądów wodnych i wiatrów powierzchniowych, zmiany temperatury wody, zasolenie wód czy rzeźba brzegów. Posiadanie tego typu danych jest bowiem niezbędne do precyzyjnego programowania trajektorii lotu rakiet manewrujących i balistycznych, wystrzeliwanych z okrętów podwodnych. Niektóre z tego typu danych mogą być wykorzystane do innych celów, jak np. pomiar zdalny temperatury wody do wspomagania lokalizacji okrętów podwodnych.

Środki identyfikowania wybuchów jądrowych na Ziemi, wodach oraz w przestrzeni powietrznej i przestrzeni kosmicznej zaliczone zostały do odrębnej grupy satelitarnych środków rozpoznawczych, chociaż – według oficjalnych komunikatów⁷³ – żadne państwo kosmiczne nie umieszcza dziś w przestrzeni kosmicznej obiektów spełniających wyłącznie takie zadanie. Dążenie do uniwersalności wyposażenia pokładowego satelitów spowodowało bowiem, że aparatura do wykrywania wybuchów jądrowych i określania ich parametrów jest unifikowana w ramach innych satelitów rozpoznawania zagrożeń bezpieczeństwa. Niemniej jednak satelity te jeszcze długo będą pełnić bardzo ważną autonomiczną rolę w procesie kontroli zbrojeń, w tym szczególnie w zakresie kontroli przestrzegania postanowień *Układu o zakazie prób broni nuklearnej w atmosferze, w przestrzeni kosmicznej i pod wodą*⁷⁴ oraz innych, aktualnych i przyszłych, dokumentów prawa międzynarodowego, traktujących o problemach użycia środków jądrowych w różnych obszarach wszechświata.

Najważniejsze wyposażenie satelitów tego rodzaju, oprócz tradycyjnej aparatury fotograficznej, stanowią czujniki promieniowania Roentgena, gamma i neutronowego, a także urządzenia do spektralnej analizy produktów rozpadu uranu powstałych w wyniku eksplozji jądrowej.

⁷² 9 czerwca 1966 roku na okołoziemskiej orbicie równikowej znalazł się amerykański satelita *USAF (1966-51A)*, wyposażony w zestaw czujników podczerwieni i sprzężoną z nimi kamerę telewizyjną.

⁷³ Już w kwietniu 1970 roku Stany Zjednoczone oświadczyły, że spełniające funkcje wykrywania wybuchów jądrowych satelity *Vela-11* i *Vela-12* będą ostatnimi tego typu obiektami wystrzelonymi przez USA.

⁷⁴ Zob. Rozdz. XXXX Układu.

Poszczególne zadania rozpoznania satelitarnego mogą być realizowane poprzez następujące sposoby prowadzenia rozpoznania:

- rozpoznanie fotograficzne;
- rozpoznanie radiolokacyjne;
- rozpoznanie radiowe;
- rozpoznanie telewizyjne;
- rozpoznanie w podczerwieni.

Rozpoznanie fotograficzne, mimo wielu ograniczeń utrudniających wykorzystanie tego rodzaju rozpoznania, takich jak pora doby, warunki atmosferyczne czy stan zanieczyszczenia atmosfery, jest tradycyjną i do dziś jedną z najważniejszych form rozpoznania satelitarnego. Stanowi niewątpliwie techniczną i polityczną konsekwencję rozpoznania powietrznego. Techniczną, bo ilościowe i jakościowe możliwości rozpoznania z kosmosu wielokrotnie przewyższają możliwości rozpoznania powietrznego⁷⁵. Natomiast polityczną, ponieważ podejmowanie działań rozpoznawczych w dowolnym rejonie kuli ziemskiej może się odbywać bez naruszania czyjejkolwiek suwerenności.

Aby zapewnić wymaganą efektywność satelitarnego rozpoznania fotograficznego, należy spełnić dwa następujące zasadnicze warunki:

- zagwarantowanie przebywania satelity fotograficznego w określonym czasie nad odpowiednim, z punktu widzenia potrzeb operacyjno-strategicznych, punktem Ziemi;
- zapewnienie odpowiedniej jakości i wiarygodności wykonywanych zdjęć, umożliwiające ich wykorzystanie do celów rozpoznawczych;

Warunek pierwszy, związany z położeniem satelity w wymaganym punkcie czasoprzestrzeni, zapewniany jest przede wszystkim przez odpowiednie, bardzo precyzyjne planowanie trajektorii lotu satelity. W zależności od potrzeb, satelita może być umieszczony na różnych orbitach, określających możliwy do fotografovania obszar Ziemi, i na różnych wysokościach determinujących odstęp czasu między kolejnymi przelotami satelity nad tym samym (lub sąsiednim) punktem powierzchni Ziemi. W wielu wypadkach możliwe jest także, poprzez wysyłanie z Ziemi odpowiednich sygnałów sterujących, korygowanie toru lotu satelity⁷⁶, a tym samym fotografovanie dowolnie wybranych obszarów Ziemi, niekoniecznie według wcześniej ustalonego programu.

Wysokość orbity, na jakiej umieszczony jest satelita, podlega wielorakim ograniczeniom. Mniejsza wysokość orbity zapewnia bowiem większą skalę wykonywanych zdjęć i większą częstotliwość fotografovania tych samych obszarów, ale równocześnie proporcjonalnie zmniejsza obszar jednorazowej obserwacji, skraca

⁷⁵ Odpowiednio wyposażony satelita rozpoznawczy lecący z prędkością 30 tys. km/h na wysokości 150 km może w bardzo krótkim czasie sfotografować obszar 18 razy większy niż obszar sfotografowany przez samolot lecący na wysokości 15 km. Zob. J. Markowski, *Czas gwiazdnych wojen*, MAW, Warszawa 1986, s. 19.

⁷⁶ Możliwość taka istnieje np. w przypadku satelitów amerykańskich typu KH-11.

czas funkcjonowania satelity (żywołność) i tym samym zwiększa koszt jego eksploatacji. Aby zapewnić satelicie pozycję nisko nad wybranym punktem Ziemi, a jednocześnie nie zmniejszać jego żywotności, planuje się często dla środków rozpoznawczych orbity eliptyczne, w których perygeum znajduje się w odległości 130–150 km od fotografowanego obszaru na powierzchni Ziemi, a apogeum w odległości 4000–8000 km.

Wybór rodzaju orbity nie jest przypadkowy. Aby umożliwić ciągłą kontrolę wybranego obszaru powierzchni Ziemi, satelitę umieszcza się na orbicie geosynchronicznej. Satelita przebiegający po orbicie biegunowej (polarnej)⁷⁷ ma możliwość obserwacji danego obszaru systematycznie (nawet codziennie), o tej samej porze. Okresową obserwację wybranego wycinka powierzchni Ziemi, prowadzoną z minimalnych wysokości, umożliwia zastosowanie orbity eliptycznej, o minimalnej wysokości apogeum.

Niektóre satelity nowszych generacji posiadają także możliwość wykonywania tzw. „nurkowania”, czyli obniżania swoich orbit do wysokości około 100 km, a następnie powrotu na orbitę stałą za pomocą własnych silników. Rozwiązanie to stanowi próbę uniwersalizacji satelitów fotograficznych: w typowych warunkach ogólne rozpoznanie na większym obszarze, a w razie potrzeby uszczegółowienie danych przez wykonanie zdjęć satelitarnych wybranego rejonu w zwiększonej skali.

Jakość wykonywanych zdjęć określana jest najczęściej przez ilość informacji możliwych do odczytania w jednostce czasu. Ilość ta uzależniona jest od:

- ilości informacji zawartych na pojedynczym zdjęciu;
- ogólnych możliwości urządzenia satelitarnego w zakresie pozyskiwania informacji;
- możliwej prędkości przekazywania zdjęć na Ziemię.

Ilość informacji, możliwa do odczytania z pojedynczego zdjęcia satelitarnego, uzależniona jest od dwóch grup czynników określających możliwości rozróżnienia dwóch obiektów położonych blisko siebie i możliwości odwzorowania pozyskanego obrazu np. na podłożu światłoczułym.

Możliwość rozróżnienia dwóch sąsiadujących ze sobą obiektów terenowych określana jest zwykle przez tzw. kątową zdolność rozdzielczą (Θ_R), wyrażoną wzorem:

$$\Theta_R = 1,22 * \frac{\lambda}{d},$$

gdzie:

λ – długość fali będącej nośnikiem informacji;

d – czynna średnica obiektywu.

⁷⁷ Poruszając się po takiej orbicie (prostopadłej do płaszczyzny równika) satelita przelatuje za każdym razem nad oboma biegunami Ziemi.

Gdy odległość kątowa między obiektami terenowymi jest większa od wyliczonej według powyższego wzoru, to rozróżnienie tych obiektów będzie możliwe. Zależność ta wskazuje także, że dla uzyskania większej rozróżnialności wskazane jest stosowanie fal jak najkrótszych i obiektywów o największych możliwych średnicach⁷⁸. W praktyce zdolność rozdzielcza jest dodatkowo obniżana przez zniekształcenia wywoływane naturalną niedoskonałością układów optycznych i niejednorodnością atmosfery.

Druga grupa czynników warunkujących ilość odebranych przez aparaturę satelitarną informacji określana jest przez możliwości zarejestrowania pozyskanych danych na określonej powierzchni obrazu. Wyrażana jest ona przy pomocy wskaźnika nazywanego *efektywną zdolnością rozdzielczą obrazów fotograficznych* (R_e), obliczanego według wzoru:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_m} + \frac{1}{R_o},$$

gdzie:

R_m – zdolność rozdzielcza materiału światłoczułego;

R_o – zdolność rozdzielcza obiektywu.

Zdolność rozdzielcza współcześnie stosowanych materiałów światłoczułych przekracza 200 linii/mm, co w praktyce oznacza potencjalną możliwość zarejestrowania ponad 200 cech obiektowych w każdym milimetrze obrazu.

Istotne znaczenie mają też parametry aparatu fotograficznego wykorzystywanego do wykonywania zdjęć satelitarnych. Od wielkości ogniskowej aparatu i czynnej średnicy obiektywu uwarunkowana jest możliwość rozróżnienia dwóch obiektów terenowych położonych w pewnej odległości od siebie. Od ogniskowej zależy ponadto skala wykonywanych zdjęć. Im większa ogniskowa aparatu, tym większa skala zdjęcia i większa możliwość odróżnienia sąsiednich obiektów terenowych. Na poprawę możliwości odróżnienia obiektów położonych w terenie blisko siebie pozytywnie wpływa także zwiększanie czynnej średnicy obiektywu. Z punktu widzenia jakości wykonywanych zdjęć korzystne jest więc zwiększanie wymiarów obiektywów i aparatów. Stanowi to jednak często problem natury technicznej, gdyż zwiększanie wymiarów elementów optycznych powoduje równoczesny wzrost zniekształceń przez potęgowanie wad optycznych. Wydłużanie ogniskowej powoduje także proporcjonalne ograniczenie kątów obserwacji, a tym samym wydátne zmniejszanie obserwowanego obszaru.

Znamienne jest, że wysokość położenia satelity nad powierzchnią Ziemi jedynie pośrednio wpływa na jakość odwzorowania terenu na zdjęciu satelitarnym. Ma ona bowiem jedynie wpływ na skalę zdjęcia i jego kontrastowość.

⁷⁸ Oczywiście, stosowanie zarówno bardzo krótkich fal, jak i bardzo dużych obiektywów podlega także wielu innym ograniczeniom i dlatego w tym zakresie nie można mówić o dużej dowolności.

O ogólnych możliwościach satelity w zakresie pozyskiwania informacji decydują parametry orbity, wpływające na jego żywotność i częstotliwość obserwacji, oraz rodzaj i ilość znajdujących się na pokładzie błon fotograficznych.

Odpowiedni dobór orbity ma, oprócz opisanego wcześniej znaczenia dla odpowiedniego umiejscowienia satelity w czasoprzestrzeni, duży wpływ na możliwości techniczne pokładowej aparatury rozpoznawczej satelity. Wyższa orbita zapewnia bowiem większą żywotność obiektu kosmicznego, ale jednocześnie niekorzystnie wpływa na częstotliwość obserwacji określonych obszarów powierzchni Ziemi. Powoduje też zwiększenie skali wykonywanych zdjęć.

Nie zawsze jednak duża żywotność satelity będzie tak istotna. Dla osiągnięcia właściwego efektu ekonomicznego potrzebna jest bowiem także wystarczająco duża możliwość zapewnienia aparaturze rozpoznania fotograficznego odpowiedniej ilości materiałów eksploatacyjnych. Ilość ta jest ograniczona⁷⁹ i przy dużej żywotności satelity zwykle nie wystarcza na cały okres jego pracy. W tej sytuacji świadomie ograniczana jest żywotność satelity lub stosowane jest uzupełnianie materiałów światłoczułych w przestrzeni kosmicznej przez aparaturę innych, wystrzelonych później środków satelitarnych.

Prędkość przesyłania pozyskanych informacji na Ziemię uzależniona jest przede wszystkim od sposobu transmisji. Można wyróżnić trzy ogólne sposoby przekazu:

- wystrzelenie naświetlonych błon w specjalnych zasobnikach w kierunku Ziemi i przejmowanie ich w przestrzeni powietrznej przez specjalnie dostosowane samoloty (śmigłowce) lub na powierzchni Ziemi;
- drogą radiową;
- opróżnianie pojemników z naświetlonymi błonami przez załogi statków kosmicznych.

Pierwszy, najstarszy sposób polega na automatycznym przewijaniu naświetlonych błon fotograficznych do specjalnych pakietów, które na sygnał z Ziemi lub w ściśle określonym czasie (a więc i miejscu) są wyrzucane przez satelitę w kierunku Ziemi. Pakiety te są później podejmowane najczęściej przez załogi specjalnych samolotów lub śmigłowców.

Wadą tego sposobu jest zbyt mała, zupełnie nie wystarczająca częstotliwość przekazywania danych do odbiorców. Zaletą natomiast wciąż pozostaje na ogół bardzo dobra jakość materiału rozpoznawczego i duża odporność na ewentualne zakłócenia transmisji przez przeciwnika.

Drugi sposób, obecnie najczęściej stosowany, polega na skanowaniu wykonanego i wywołanego zdjęcia w odpowiednim urządzeniu, przekazaniu drogą radiową w postaci sygnału elektromagnetycznego (analogowego lub cyfrowego) do centrum odbiorczego na Ziemi i odwrotnej zamianie odebranego sygnału na obraz

⁷⁹ Ograniczenie to wynika z ograniczonej przestrzeni na pokładzie satelity i trwałości materiałów światłoczułych.

fotograficzny. Sposób ten umożliwia przekazywanie dużej ilości danych w czasie rzeczywistym.

Sposób trzeci, ze względu na znaczne koszty lotów załogowych, stosowany jest sporadycznie, prawie wyłącznie w przypadku aparatury rozpoznawczej montowanej na pokładzie stacji kosmicznych (takich jak np. nie istniejące już *Salut*, *Mir* czy *Skylab*).

Satelitarne rozpoznanie fotograficzne ma jednak znacznie ograniczone możliwości stosowania. Nie jest przydatne w nocy i przy dużym zachmurzeniu. Znacznie utrudnione jest jego wykorzystanie do obserwacji obiektów maskowanych. Jednak ze względu na istotne zalety w zwykłych warunkach atmosferycznych wciąż pozostaje podstawowym rodzajem rozpoznania.

Próba rozszerzenia możliwości fotograficznej aparatury rozpoznania satelitarne stało się montowanie na pokładzie satelitów urządzeń **rozpoznania w podczerwieni**⁸⁰. W technice tej wykorzystuje się zjawisko tworzenia dużego kontrastu między obiektami posiadającymi różną temperaturę, wynikające z faktu, że energia promieniowania podczerwonego emitowanego przez obiekty jest wprost proporcjonalna do czwartej potęgi ich temperatury. Dzięki temu możliwe jest rozróżnienie obiektów, których temperatury różnią się zaledwie o 0,01°C.

Obrazy uzyskiwane z kosmosu w podczerwieni, pod względem kontrastowości i zdolności rozdzielczej, oczywiście nie dorównują fotograficznym. Przyczyną tego stanu są duże odległości dzielące satelity od Ziemi i różne zakłócenia, powodujące zniekształcenia sygnału dochodzącego do satelity. Za pomocą tych systemów możliwe jest skuteczne rozpoznawanie w trudnych warunkach atmosferycznych obiektów o rozmiarach rzędu kilku metrów. Możliwe jest także takie konfigurowanie aparatury, aby poszczególne jej segmenty pracowały w różnych zakresach podczerwieni i w ten sposób identyfikowały różne właściwości terenu i jego pokrycia, a także obszarów wodnych i znajdujących się na nich obiektów. Aparatura pracująca w podczerwieni ma szczególnie istotne znaczenie, gdy obiekty rozpoznania są silnie maskowane. Stosowane zwykle sposoby maskowania nie mogą bowiem wystarczająco skutecznie tłumić promieniowania podczerwonego obiektów, zwłaszcza pojazdów lądowych i statków powietrznych, które jeszcze długo po wyłączeniu silników wydzielają duże ilości promieniowania ciepłego. Z tego samego powodu za pomocą aparatury rozpoznania w podczerwieni można łatwo odróżnić obiekty pozorne od rzeczywistych. Promieniowanie obiektów pozornych różni się od użytkowanych i stanowi niezawodne źródło informacji o rozpoznawanych obiektach.

Inną odmianą rozpoznania fotograficznego jest też **rozpoznanie telewizyjne**. Jest ono obecnie stosowane znacznie rzadziej, gdyż obrazy uzyskiwane w ten sposób posiadają znacznie gorszą jakość od obrazów fotograficznych. W ostatnim

⁸⁰ Rozpoznanie to dotyczy odbioru naturalnego promieniowania obiektów w obszarze widma elektromagnetycznego rozciągającym się w paśmie od 760 nm do 1 mm.

czasie rysuje się jednak perspektywa pełniejszego wykorzystania tego rodzaju rozpoznania, gdyż coraz częściej pojawia się potrzeba szczegółowego rozpoznawania obiektów znajdujących się w przestrzeni kosmicznej. W tym przypadku, ze względu na znacznie mniejsze odległości obiektów od siebie, obraz telewizyjny może być bardzo przydatny.

Wymienione wyżej trzy rodzaje rozpoznania bywają także określane łącznie jako *rozpoznanie obrazowe*. Drugą grupę rodzajów rozpoznania stanowi natomiast *rozpoznanie elektroniczne*, obejmujące – w przypadku rozpoznania satelitarnego – dwa rodzaje: rozpoznanie radiolokacyjne i rozpoznanie radiowe.

Satelitarne **rozpoznanie radiolokacyjne** wykorzystuje w swej zasadzie metodę radiolokacji aktywnej (impulsową). Polega ona na emitowaniu z urządzenia znajdującego się na pokładzie satelity sygnałów sondujących, które po odbiciu od rozpoznawanych obiektów wracają na pokład satelity, dostarczając tym samym informacji o tych obiektach. W rozpoznaniu satelitarnym wykorzystuje się do tego celu radiolokacyjne stacje obserwacji bocznej, w których oś wiązki emitowanych sondujących fal elektromagnetycznych jest prostopadła do orbity satelity⁸¹.

Podobnie jak w przypadku rozpoznania fotograficznego, istotnym parametrem rozpoznania radiolokacyjnego pozostaje rozróżnialność kątowa zobrazowania. Zależy ona od długości elektromagnetycznej fali sondującej i rozmiarów anteny. Analogicznie do rozpoznania fotograficznego wyrażana jest zależnością:

$$\Theta_R = 1,22 * \frac{\lambda}{d},$$

gdzie:

λ – długość fali sondującej;

d – rozmiar anteny.

Na podstawie analizy powyższego zapisu można wnioskować, że w celu poprawy rozróżnialności należy podejmować przedsięwzięcia mające na celu stosowanie mniejszych długości fal (większych częstotliwości) lub zwiększanie wymiarów anteny. Ponieważ jednak wraz ze zmniejszaniem długości fal rośnie ich tłumienie w atmosferze ziemskiej, korzystniejsze wydaje się stosowanie większych anten, tym bardziej że na wysokości umieszczenia satelitów siła tarcia jest znikoma, a technika transportu i automatycznego montażu anten w przestrzeni kosmicznej została dobrze opanowana.

Zależność kątowej rozdzielczości zobrazowania od wielkości anten i długości wykorzystywanych fal elektromagnetycznych przedstawia rys. 2.1. Znajomość tego parametru pozwala na określenie minimalnych rozmiarów obiektów, które mogą być rozróżnione przez aparaturę satelity z określonej wysokości:

⁸¹ Inne stacje radiolokacyjne, tzn. obserwacji okrężnej i sektorowej, w rozpoznaniu satelitarnym nie są obecnie stosowane.

$$D_0 = \frac{\Theta_R * H_0}{206265} ,$$

gdzie:

H_0 – minimalna wysokość satelity nad powierzchnią Ziemi;

Θ_R – wartość kątowej zdolności rozdzielczej wyrażona w sekundach.

Aby osiągnąć wystarczająco dobrą rozróżnialność (poniżej 1 sekundy), należałoby wykorzystywać anteny o długości co najmniej 300 metrów oraz fal elektromagnetycznych o długościach nie przekraczających kilku milimetrów (czyli o częstotliwościach większych niż 200 MHz). Ponieważ jednak obydwie te warunki są w praktyce trudne do zrealizowania, radiolokacyjne rozpoznanie satelitarne nie może stanowić podstawowego rodzaju rozpoznania, może być stosowane do realizacji niektórych zadań rozpoznania o charakterze ogólnym. Jest to niewątpliwie wada, ale kilka innych cech tego rodzaju rozpoznania (niezależność od pory doby i warunków atmosferycznych, duży zasięg w przestrzeni czy też możliwość identyfikowania obiektów poruszających się) powoduje, że jest on także wykorzystywany.

Dużą rolę w systemie rozpoznania spełnia także **rozpoznanie radiowe**. Funkcjonowanie współczesnych sił zbrojnych nie jest bowiem możliwe bez wykorzystywania urządzeń emitujących energię elektromagnetyczną, a znajomość parametrów i rozmieszczenia takich urządzeń po stronie potencjalnego przeciwnika ma ogromne znaczenie na wszystkich szczeblach dowodzenia. Nic więc dziwnego, że do pozyskiwania tego typu informacji wciąż angażuje się duże potencjały rozpoznawcze. Cenną pomocą w tym zakresie są urządzenia rozpoznania radiowego rozmieszczone w przestrzeni kosmicznej. Przechwytyują one sygnały emitowane przez urządzenia łączności, radiolokacyjne i radionawigacyjne. Dzięki temu możliwe jest określenie położenia źródeł tych sygnałów (bardzo często obiektów istotnych militarnie, takich jak stanowiska kierowania, węzły łączności) oraz identyfikacja wykorzystywanych urządzeń radioelektronicznych. Informacje te stanowią podstawę planowania i skutecznej realizacji zadań w zakresie walki elektronicznej.

3.2. Łączność satelitarna

Do końca lat pięćdziesiątych przesyłanie informacji na duże odległości realizowane było drogą przewodową lub radiową. Połączenia te jednak mogły i mogą być stosowane w ograniczonym zakresie. W przypadku połączeń przewodowych, które do dziś należą do najbezpieczniejszych kanałów informacyjnych, na przeszkodzie ich powszechnego wykorzystania stanęła duża pracochłonność i wysoki koszt budowy łącz, szczególnie na wielkie odległości⁸². Natomiast możliwości

⁸² Pierwsze stałe połączenie między Europą a Ameryką Północną zbudowano dopiero w 1956 roku, a aż 8 lat później położono kabel przez Pacyfik (1964 r.).

łącności radiowej są ograniczone głównie przez występowanie tzw. *horyzontu radiowego*. Możliwości w tym zakresie poprawia nieco wykorzystywanie zjawiska odbicia fal elektromagnetycznych od dolnych warstw jonosfery, ale to i tak jest niewystarczające do zapewnienia łączności między Europą a Ameryką.

Wykorzystanie sztucznych satelitów Ziemi do stworzenia systemu łączności globalnej do dziś uważane jest za jedno z największych osiągnięć minionego wieku. Konieczność zapewnienia skutecznej łączności z siłami rozmieszczonymi w odległych częściach kuli ziemskiej zmobilizowała mocarstwa kosmiczne do podjęcia w tym zakresie badań. W ten sposób od końca lat pięćdziesiątych⁸³ w kosmosie umieszczane są środki satelitarne z coraz doskonalszą aparaturą łączności. Powstała możliwość komunikowania się między dowolnymi punktami Ziemi, a także zapewniona została możliwość zorganizowania łączności z obiektami kosmicznymi, co w dobie lotów załogowych było bardzo ważne.

Łączność satelitarna okazała się także niezbędna do zabezpieczenia innych rodzajów kosmicznej działalności człowieka. Bez niej nie mogłyby funkcjonować satelitarne systemy rozpoznania, meteorologii czy geodezji. Brak możliwości przekazywania danych na Ziemię, w czasie zbliżonym do rzeczywistego, w dużej mierze pozbawiłby te systemy użytecznego charakteru.

Wykorzystywane obecnie satelitarne środki łączności dzieli się zwykle, przyjmując za kryterium **rodzaj pracy**, na dwie grupy. Grupę pierwszą tworzą satelity **pasywne**, tzn. takie, które jedynie odbijają odebrane sygnały. Druga grupa to satelity **aktywne**, czyli takie, których aparatura pokładowa pozwala na odbiór sygnałów, wzmocnienie ich i wyemitowanie w przestrzeń kosmiczną.

Satelity łączności mogą pracować sposobem retransmisji (retranslacji) bezpośredniej lub pośredniej. Retranslacja **bezpośrednia** występuje wówczas, gdy naziemne stacje łączności, komunikujące się poprzez satelitarne systemy łączności, znajdują się w zasięgu pracy jednego satelity. W przypadku gdy tak nie jest, do retranslacji potrzeba co najmniej dwóch satelitów. Taki sposób nazywa się retranslacją **pośrednią**.

Niekiedy stosuje się także podział satelitów przy uwzględnieniu **położenia ich orbit w przestrzeni kosmicznej**. Wyróżnia się wtedy dwie grupy satelitów: synchroniczne i półsynchroniczne. Satelity **synchroniczne** najczęściej lokowane są na orbicie geostacjonarnej, co oznacza, że ich położenie względem określonych obszarów Ziemi jest stałe. Umieszczenie na takiej orbicie trzech satelitów telekomunikacyjnych pozwala na zapewnienie łączności na całej kuli ziemskiej, od 70° szerokości geograficznej północnej do 70° szerokości geograficznej południowej. Możliwe jest także usytuowanie satelitów synchronicznych na orbitach niestacjonarnych. W takiej sytuacji satelita, poruszający się po orbicie eliptycznej, znajduje

⁸³ Amerykanie zadebiutowali w tej dziedzinie w grudniu 1958 roku, umieszczając na orbicie okołozemskiej satelitę łączności *SCORE*. Pierwszy radziecki satelita łączności, *Kosmos-41*, znalazł się w kosmosie dopiero w roku 1964.

się w określonym czasie nad określonym obszarem powierzchni Ziemi. System takich satelitów pozwala na zapewnienie ciągłej łączności na ograniczonym obszarze. Podobne efekty jak w przypadku satelitów geostacjonarnych, rozszerzone dodatkowo o możliwość łączności poza kołami podbiegunowymi, może zapewnić rozmieszczenie czterech satelitów telekomunikacyjnych na orbitach **półsynchronicznych**, eliptycznych, nachylonych (po których okrążenie Ziemi trwa 12 godzin)⁸⁴. Orbity te mają swoje apogeum nad obszarem, gdzie znajdują się naziemne stacje łączności abonentów. Z zasady ruchu satelitów wynika, że na 12-godzinny czas obiegu Ziemi przez satelitę, aż 8–10 godzin przypada na lot w zasięgu zabezpieczanych stacji naziemnych. Ponieważ po 12 godzinach ten sam satelita znajdzie się nad obszarem położonym po przeciwległej stronie Ziemi, do zapewnienia łączności globalnej konieczne jest stworzenie systemu satelitów telekomunikacyjnych, obejmującego co najmniej trzy, a najlepiej cztery satelity, na orbitach synchronicznych przesuniętych względem siebie o 120° (90°).

Środki łączności satelitarnej przeznaczone są do realizacji trzech następujących grup zadań:

- zapewnienia możliwości bezpośredniego komunikowania się abonentów znajdujących się w dowolnych miejscach na Ziemi oraz w jej powietrznym i kosmicznym otoczeniu;
- przekazywania informacji na nieograniczone odległości;
- umożliwienia sterowania różnymi obiektami (także kosmicznymi), poprzez przekazywanie na duże odległości odpowiednich sygnałów sterujących.

W zakresie realizacji takich zadań łączność wykorzystująca systemy satelitarne jest niezastąpiona i chyba jeszcze długo taką pozostanie.

3.3. Nawigacja kosmiczna

Od wieków człowiek przemierzał bezkresne przestrzenie w celu dotarcia do odległych miejsc. Dobierając trasę wędrowki kierował się różnymi względami, jak np. minimalna długość trasy, oszczędność czasu, bezpieczeństwo, czynniki ekonomiczne lub estetyczne. Aby wędrować zgodnie z ustaleniami, niezbędna stała się ciągła wiedza o aktualnym położeniu. Ten warunek musiał być spełniony zawsze – bez względu na rodzaj środowiska, w którym wędrowka była realizowana i bez względu na rodzaj ewentualnego środka służącego do przemieszczania. Ogół czynności, mających na celu zapewnienie ciągłej znajomości położenia przemieszczającego się obiektu (okrętu, samolotu, pojazdu lądowego lub kosmicznego), nazywany jest **nawigowaniem** lub **nawigacją**.

W początkowych wędrowkach, odbywanych po lądzie (pieszo, z wykorzystaniem zwierząt jucznych i pojazdów mechanicznych), a także w pierwszym okresie

⁸⁴ Ten rodzaj orbit, ze względu na położenie terytorium państwa, stosowany jest przez Rosję.

żeglugi wodnej i powietrznej aktualną pozycję określano na podstawie wzrokowej obserwacji terenu i porównania jej wyników z mapą. Pozawalała na to mała prędkość ruchu, relatywnie niewielka długotrwałość trasy oraz – w przypadku statków powietrznych – mała wysokość lotu.

W miarę rozwoju techniki człowiek poruszał się w znacznie większym obszarze wodnym lub powietrznym i często napotykał na niedostatek charakterystycznych obiektów terenowych. Wzrastała też prędkość ruchu. Fakty te w istotnym stopniu wpłynęły na jakość nawigacji realizowanej według orientacji wzrokowej. Pojawiła się więc konieczność konstruowania przyrządów pozwalających na nawigowanie autonomiczne. Działania te podejmowano od początku lat 20. XX wieku. W latach II wojny światowej podstawowym rodzajem nawigacji była *nawigacja busolowa*⁸⁵, zapewniająca średnią dokładność nawigowania rzędu 2–4% przebytej trasy. Dokładność taka była wystarczająca dla tras nie przekraczających 500 km. Przy dłuższych trasach konieczne stało się jednak systematyczne korygowanie położenia. Próby wykorzystywania do tego celu środków astronawigacyjnych⁸⁶ okazały się zawodne, gdyż nie zawsze można było uzyskać jednoczesną widoczność dwóch ciał niebieskich.

Spowodowało to wyzwolenie inicjatywy konstruktorów do opracowania innych sposobów zabezpieczenia skutecznego i wystarczająco dokładnego nawigowania statku w dowolnych warunkach meteorologicznych i o każdej porze doby. Badania doprowadziły do powstania nowego rodzaju nawigacji, opartego na wykorzystywaniu środków elektronicznych – radiowych i radiotechnicznych, tzw. *radionawigacji*. Urządzenia tego typu pojawiły się na przełomie lat trzydziestych i czterdziestych XX wieku. Był to niewątpliwie przełom w nawigacji. Jakość i skuteczność nawigowania znacznie się poprawiła, ale wykorzystywanie tego sposobu do nawigowania na dużych odległościach było i jest ograniczone, gdyż stosowane w takich przypadkach fale o większych długościach są bardzo wrażliwe na zakłócenia. Wykorzystywanie do nawigacji fal krótszych, odporniejszych na zakłócenia, związane jest z koniecznością zwiększania ilości urządzeń rozmieszczanych poza nawigowanym obiektem. Niestety, spełnienie tego warunku nie zawsze jest możliwe, gdyż dyslokacja dużej ilości urządzeń radionawigacyjnych na powierzchni ziemskiego globu (na lądach i wodach) jest bardzo kosztowna i technicznie trudna do zrealizowania.

Wprowadzenie na orbity okołoziemskie sztucznych satelitów radykalnie zmieniło sytuację. Te obiekty, o dokładnie określonym położeniu względem przyjętego układu odniesienia, mogą z powodzeniem stanowić platformy służące do montowania urządzeń radionawigacyjnych. Odpowiednio duża ilość takich „radiolatar-

⁸⁵ Jest to rodzaj nawigacji polegający na wykreślaniu na mapie i zliczaniu drogi okrętu (samolotu) przebytej od poprzedniej autoryzowanej lokalizacji z uwzględnieniem prędkości i kierunku wiatru.

⁸⁶ Astronawigacja (tzw. *nawigacja niebieska*), stosowana zwykle na otwartych wodach, polega na określaniu położenia obiektów na podstawie pomiarów położenia planet i gwiazd oraz wysokości Słońca w południe.

ni”, umieszczonych w niewielkiej odległości od powierzchni Ziemi, zapewnia skuteczne nawigowanie z wykorzystaniem najlepszych do tego celu fal ultrakrótkich.

W ten sposób, na bazie rozwiniętej przed wiekami wraz z rozwojem żeglugi *astronawigacji* i bardziej współczesnej *radionawigacji*, ukształtował się nowy rodzaj nawigacji, tzw. *nawigacja kosmiczna*, rozumiana jako ogół przedsięwzięć pozwalających na określanie – względem wyznaczonego w czasoprzestrzeni układu odniesienia – położenia różnych obiektów na podstawie obserwacji i pomiarów położenia ciał niebieskich i obiektów kosmicznych.

Wykorzystując ten sposób nawigowania można określać położenie i parametry ruchu obiektów znajdujących się nie tylko na powierzchni Ziemi i w jej bezpośrednim otoczeniu, ale także w znacznie odleglejszej części przestrzeni kosmicznej. Tym sposobem można określać parametry trajektorii obiektów kosmicznych znajdujących się w ramach Układu Słonecznego. W dalszej przestrzeni kosmicznej nawigowanie jest już znacznie utrudnione i wymaga dodatkowych, skomplikowanych przeliczeń, wynikających z ciągłego ruchu poszczególnych elementów Galaktyki oraz ich złożonego i zmiennego oddziaływania na obiekty w jej obrębie.

Urządzenia będące elementami kosmicznego systemu nawigacyjnego mogą znajdować się na wszelkich obiektach kosmicznych i ciałach niebieskich, jednak praktycznie umieszczane są na pokładach sztucznych satelitów i dlatego bardzo często można się spotkać z – uważanym za synonim nawigacji kosmicznej – określeniem *nawigacja satelitarna*⁸⁷.

Systemy nawigacji satelitarnej złożone są z trzech komponentów: zespołu satelitów nawigacyjnych, zespołu kontroli i sterowania oraz technicznych urządzeń końcowych (użytkowych).

Zespoły satelitarne obejmują określoną liczbę satelitów rozmieszczonych na odpowiednich orbitach okołoziemskich. Aby zapewnić skuteczność funkcjonowania systemu, konieczne jest wykorzystywanie co najmniej 3–4 satelitów. Dąży się jednak do tego, aby, w celu poprawy jakości pracy systemu, z każdego punktu kuli ziemskiej można było odbierać jednocześnie sygnały pochodzące z 3–4 satelitów. Dlatego też nowoczesne systemy tego typu obejmują 18–24 satelitów, umieszczonych równomiernie na kołowych orbitach pólsynchronicznych⁸⁸. W zależności od możliwości technicznych wykorzystywanych satelitów i umieszczonej na ich pokładzie aparatury, satelity umieszcza się najczęściej w 4–6 płaszczyznach, po 3–4 satelity na każdej orbicie.

Ze względu na występowanie różnorodnych czynników powodujących zniekształcenie trajektorii lotu satelitów nawigacyjnych, a tym samym zniekształcenie

⁸⁷ W rzeczywistości nawigacja satelitarna jest szczególnym przypadkiem nawigacji kosmicznej, w której kosmiczna aparatura nawigacyjna znajduje się wyłącznie na pokładzie satelitów.

⁸⁸ Orbity takie znajdują się na wysokości ok. 20 190 km od powierzchni Ziemi, a okres obiegu Ziemi po takiej orbicie wynosi 12 godzin.

wyników określania położenia, konieczne jest stosowanie dodatkowych **urządzeń kontroli i zdalnego korygowania położenia** obiektów satelitarnych. Urządzenia te, odbierające w sposób bierny sygnały z satelitów nawigacyjnych, rozmieszczone są na powierzchni Ziemi. Wyniki pomiarów położenia obserwowanych satelitów nawigacyjnych przekazywane są automatycznie do głównej stacji kontrolnej, w której następuje porównanie wyników pomiarów pochodzących z wszystkich kontrolnych stacji odbiorczych i – w razie potrzeby – wypracowanie i przesłanie do odpowiedniego satelity nawigacyjnego sygnałów korygujących jego położenie.

Trzecim komponentem systemu nawigacji satelitarnej jest **zespół technicznych urządzeń końcowych** (użytkowych). Obejmuje on ogół zróznicowanych pod względem budowy urządzeń odbiorczych, pozwalających co najmniej na:

- odbiór sygnałów z kilku satelitów nawigacyjnych;
- obliczanie (w czasie rzeczywistym, na podstawie odebranych sygnałów) aktualnej lokalizacji odbiornika⁸⁹;
- zobrazowanie współrzędnych określonej pozycji.

Każde urządzenie odbiorcze może być ponadto przystosowane do realizacji innych dodatkowych funkcji, jak np. przeliczanie i zobrazowanie danych o położeniu w różnych układach odniesienia (układach współrzędnych) czy automatyczne przekazywanie obliczonych wartości do innych urządzeń.

Ogromną, wręcz niemożliwą do przecenienia, rolę spełniają systemy nawigacji kosmicznej w określaniu parametrów ruchu obiektów kosmicznych, znajdujących się w wielkiej odległości od Ziemi. Znajomość aktualnego położenia obiektów przemierzających bezkres kosmosu pozwala na sterowanie nimi poprzez niezbędne ciągłe korekty parametrów ruchu. Oczywiście, możliwe jest także śledzenie obiektów kosmicznych przez stacje rozmieszczone na powierzchni Ziemi, jednak w tym przypadku trudno zapewnić wymaganą ciągłość strefy obserwacji i dlatego ten sposób może być wykorzystywany tylko w wybranych odcinkach trajektorii lotu obiektu kosmicznego.

Jeżeli postęp naukowo-techniczny pozwoli na skonstruowanie kosmicznego pojazdu żeglującego swobodnie w przestrzeni kosmicznej, znaczenie nawigacji satelitarnej okaże się jeszcze większe.

3.4. Meteorologia kosmiczna

Prawidłowe przewidywanie warunków atmosferycznych w czasie i miejscu planowanych działań militarnych od dawna miało bardzo istotne znaczenie i niejednokrotnie decydowało o efektywności prowadzonych działań. Nawet dziś, gdy

⁸⁹ Określenie położenia obiektu polega na rozwiązaniu, na podstawie posiadanych informacji, równania z czterema niewiadomymi, w którym trzy niewiadome określają współrzędne lokalizowanej pozycji, a czwarta czas lokalizacji.

postęp naukowo-techniczny jest bardzo zaawansowany i wpływ warunków meteorologicznych na efektywność użycia środków walki jest znacznie mniejszy, pogoda i klimat w dalszym ciągu pozostają w zakresie oceny warunków planowanych działań.

Poprawne opracowanie prognozy pogody w danym rejonie wymaga zebrania informacji o aktualnych warunkach atmosferycznych w określonym rejonie wokół ocenianego miejsca. Wielkość tego rejonu uzależniona jest przede wszystkim od czasu, na jaki opracowana ma być prognoza. Dla prognozy na najbliższe godziny wystarczy bowiem informacja pochodząca bezpośrednio z ocenianego rejonu, ale opracowanie pogody na dobę wymaga już zebrania danych o aktualnych warunkach meteorologicznych panujących w rejonie o średnicy rzędu kilku tysięcy kilometrów. Dla prognozy długoterminowej (na kilka dni naprzód) gromadzi się już informacje z całego obszaru kuli ziemskiej. Obserwacje stanowiące podstawę prognoz realizowane są w stacjach meteorologicznych rozmieszczonych na całym świecie. Niestety, wystarczająca ilość takich stacji pokrywa zaledwie 20% obszaru Ziemi. Pozostałe 80% powierzchni stanowią bowiem obszary podbiegunowe i wodne, na których z przyczyn technicznych i ekonomicznych nie jest możliwe wystarczająco gęste rozmieszczenie stacji meteorologicznych. Jest to bardzo uciążliwe, gdyż warunki pogodowe w tych właśnie rejonach mają największy wpływ na kształtowanie pogody na Ziemi.

Nic więc dziwnego, że już na początku lat 60. w przestrzeni kosmicznej znalazł się pierwszy sztuczny satelita Ziemi, posiadający na swoim pokładzie aparaturę meteorologiczną⁹⁰. Wykorzystanie sztucznych satelitów do prowadzenia obserwacji meteorologicznych otworzyło przed meteorologią zupełnie nowe możliwości. Obiekt kosmiczny, pokonujący w ciągu sekundy kilka kilometrów, okrąża Ziemię w czasie około 100 minut, co pozwala na niemal jednoczesną obserwację warunków meteorologicznych nad całym obszarem globu. Stwarza to prawie idealne warunki do ciągłego opracowywania długoterminowych prognoz w skali globalnej.

Satelity meteorologiczne umieszczane są zwykle na dwóch rodzajach orbit:

- orbicie geostacjonarnej – do wczesnego i ogólnego wykrywania niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych, a nawet przesłanek do ich powstawania;
- na niskich orbitach kołowych, nie przekraczających z reguły 1000 km, biegunowych lub prawie biegunowych (o inklinacji 90–110°) – do prowadzenia ciągłej obserwacji warunków meteorologicznych na dużych obszarach.

Ilość satelitów meteorologicznych wymaganych do zapewnienia ciągłej obserwacji oraz orbity tych satelitów określa się w zależności od wymaganej częstotliwości przekazywania danych dotyczących danego rejonu Ziemi, szerokości pasa

⁹⁰ Był to niewielki satelita amerykański *TIROS 1* (*Television and Infrared Observation Satellite, 1960 – β2*), wystrzelony 1.04.1960 roku o godz. 11.46 (wysokość orbity 693/750 km, inklinacja 48°). Jego aparatura pracowała użytecznie przez 77 dni (188 godzin), wysyłając na Ziemię prawie 23 tys. zdjęć.

obserwacji, wymaganej zdolności rozróżniania, konieczności zapewnienia oświetlenia dziennego, a także możliwości ekonomicznych państwa wysyłającego.

Wyposażenie wszystkich satelitów meteorologicznych, bez względu na ich przeznaczenie i rodzaj, jest na ogół bardzo podobne. Aparaturę tych obiektów stanowią najczęściej: kamery telewizyjne, radiometry i inne specjalistyczne urządzenia.

Kamery telewizyjne dostarczają statyczne i dynamiczne obrazy wewnętrznej i zewnętrznej struktury chmur oraz stanu atmosfery ziemskiej, pozwalających na prognozowanie kierunków i prędkości wiatrów, poziomu opadów, rozkładów temperatur i innych parametrów meteorologicznych. Znacznie bardziej efektywne jest stosowanie **radiometrów**, wykorzystujących zjawisko wpływu warunków panujących w środowisku, w którym rozprzestrzeniają się fale elektromagnetyczne, na propagację tych fal. Można bowiem – dokonując pomiarów załamania, rozproszenia, odbicia i pochłaniania fal elektromagnetycznych – określać liczne parametry atmosfery ziemskiej i panujących w niej warunków klimatyczno-meteorologicznych. Stosując wysokoczułe kamery oraz wielokanałowe radiometry, nastrojone na różne zakresy fal (widzialne, podczerwone, radiowe, mikrofałe), można konstruować zróżnicowane pod względem zakresu informacji zestawy danych, obejmujące m.in.:

- stan powierzchni wody (np. wzburzenie, falowanie), jej temperaturę, barwę, zasolenie oraz siłę i kierunek wód przypowierzchniowych;
- cechy nefalityczne, określające formy, struktury, ilości, rozmiary i położenie chmur;
- rozkłady temperatur, wilgotności i składu chemicznego atmosfery na różnych wysokościach od powierzchni Ziemi;
- charakterystykę opadów – intensywność, kierunek przemieszczania, średnie wielkości kropel;
- pionowy rozkład zawartości w atmosferze ziemskiej ozonu, pary wodnej, metanu, tlenku węgla, tlenku i podtlenku azotu oraz innych gazów;
- intensywność promieniowania słonecznego i promieniowania powierzchni Ziemi.

Aby zapewnić możliwość uzyskiwania obrazów z całej powierzchni Ziemi, satelity umieszcza się na orbitach biegunowych. Warunkiem systematycznego otrzymywania obrazów z danego rejonu kuli ziemskiej w ustalonym czasie (np. gdy oświetlenie słoneczne jest najbardziej intensywne) jest umieszczenie satelitów na *orbitach heliosynchronicznych*⁹¹, zapewniających stałe położenie satelity względem Słońca.

Dla uproszczenia opracowania obrazów i zachowania jednolitej skali najdogodniejsze są *orbity kołowe*. Natomiast dla rejestracji szybko przebiegających zja-

⁹¹ Charakterystyczną cechą tych orbit jest to, że ich płaszczyzna przesuwana się synchronicznie z obrotem Ziemi wokół Słońca w kierunku wschodnim z prędkością 0,986 stopnia na dobę. Konieczną prędkość przesuwu zapewnia się poprzez odpowiedni kąt nachylenia płaszczyzny orbity do płaszczyzny równika.

wisk atmosferycznych (wiry powietrzne, obszary burzowe), szczególnie częstych na małych szerokościach geograficznych, najlepsze są *orbity geostacjonarne*.

Dane uzyskiwane za pomocą urządzeń instalowanych na satelitach meteorologicznych są przedstawiane w różnych formach, zależnie od potrzeb i wymagań użytkowników. Najczęściej spotykaną formą jest wizualizacja danych obrazowych, czyli *zdjęcie satelitarne*. Inną formą są mapy zachmurzenia, tzw. *nefmapy*. Jeszcze inna forma to *dane numeryczne* w postaci tabel i wykresów.

Na obrazy satelitarne nanosi się czasem siatkę geograficzną lub wybrane elementy kartograficzne, najczęściej przebieg granic administracyjnych. Uzyskuje się w ten sposób poprawę czytelności zdjęć satelitarnych i znaczącą poprawę warunków prognozowania pogody.

Informacje pozyskiwane poprzez zespoły satelitów meteorologicznych wysyłanych przez kilka państw, mają charakter globalny i mogą z powodzeniem służyć wszystkim państwom świata. Fakt ten wpłynął na rozwój współpracy międzynarodowej w zakresie dostępu do meteorologicznej informacji satelitarnej i jej wykorzystania. Największe osiągnięcia w tym obszarze posiada niewątpliwie Światowa Organizacja Meteorologiczna (*World Meteorological Organization*), która w 1963 roku opracowała, a w latach 1968–1971 uruchomiła ogólnosiwiatowy system satelitarny WWW (*World Weather Watch*), obejmujący satelity umieszczone na orbitach geostacjonarnych:

- dwa amerykańskie typu *GOES*:
 - *GOES W* (na pozycji 135° długości zachodniej) – do obserwacji sytuacji pogodowej nad zachodnim Pacyfikiem i zachodnią częścią kontynentu amerykańskiego;
 - *GOES E* (na pozycji 75° długości zachodniej) – do obserwacji wschodniej części kontynentu amerykańskiego i zachodniego Atlantyku;
- rosyjski typu *GOMS* (na pozycji 76° długości wschodniej) – do obserwacji środkowej i południowej Azji, obszaru Oceanu Indyjskiego i części Australii;
- zachodnioeuropejskie typu *METEOSAT* – do obserwacji Afryki i prawie całej Europy: *METEOSAT-7* (na pozycji o długości 0°); *METEOSAT-5* (na pozycji 63° długości wschodniej);
- japoński typu *GMS* (na pozycji 140° długości wschodniej) – do obserwacji Australii, Dalekiego Wschodu i wschodniego Pacyfiku;
- chiński typu *FY-2* (na pozycji 105° długości wschodniej);
- indyjskie typu *INSAT* (na pozycji 74° i 83° długości wschodniej).

System ten uzupełniony jest przez satelity amerykańskie *NOAA*, rosyjskie *METEOR* i chińskie *FY-1*, poruszające się na niskich orbitach okołobiegunowych⁹².

Nie można jednak ograniczać roli satelitów meteorologicznych wyłącznie do zbierania i przekazywania informacji o warunkach meteorologicznych występują-

⁹² Orbity satelitów *NOAA* mają inklinację 102°, *METEOR* – nieco ponad 81°, a *FY-1* – 99°.

cych w atmosferze ziemskiej. Znaczący postęp w dziedzinie eksploracji kosmosu, docieranie wysyłanych z Ziemi urządzeń do innych ciał niebieskich i plany coraz odleglejszych lotów bezzałogowych i załogowych spowodowały, że w zasięgu zainteresowania meteorologii satelitarnej znalazły się także obszary położone w znacznej odległości od kuli ziemskiej. Dla zapewnienia odpowiednich warunków do planowania i realizowania misji kosmicznych wymagane jest bowiem pozyskiwanie informacji o warunkach meteorologicznych panujących w wybranych obszarach przestrzeni kosmicznej. Nic więc dziwnego, że na pokładach sond kosmicznych wysyłanych w nieraz bardzo odległe zakątki naszej galaktyki umieszcza się także aparaturę meteorologiczną i bada się warunki meteorologiczne na trasie przelotu satelity i w rejonie eksplorowanego ciała niebieskiego. Informacje o takim właśnie charakterze stanowią zwykle podstawę do szukania odpowiedzi na chyba najważniejsze pytanie odnoszące się do badania odległych ciał niebieskich – czy istnieje na nich jakakolwiek forma życia?

3.5. Środki rażenia

W początkowym okresie rozwoju militarnych środków kosmicznych w przestrzeni kosmicznej umieszczano wyłącznie satelity „pasywne”, wspomagające operacje militarne poprzez gromadzenie i przekazywanie różnorodnych, niezbędnych informacji. Dziś coraz wyraźniej zaczyna się uwidaczniać pewnego rodzaju przewartościowanie, w wyniku którego przystępuje się do realizacji badawczych i wdrożeniowych programów budowy satelitów „aktywnych”, mających możliwość bezpośredniego oddziaływania na środki walki potencjalnego przeciwnika, w tym także środki satelitarne o przeznaczeniu wojskowym. Obecnie bowiem polityka bezpieczeństwa wielu państw jest w dużej mierze uzależniona od posiadanych lub wykorzystywanych środków satelitarnych, pozwalających na zapewnienie odpowiedniego poziomu zabezpieczenia informacyjnego, niezbędnego do skutecznego kierowania własnym potencjałem obronnym. Nic więc dziwnego, że według powszechnie panującej opinii jakiegokolwiek porażenie elementów systemu satelitarnego dowolnego państwa musi spotkać się z gwałtowną reakcją. To z kolei mogłoby stać się przyczynkiem do eskalacji działań militarnych, a tym samym do otwartej konfrontacji dwóch państw lub grup państw.

Z drugiej natomiast strony, jakiegokolwiek działania militarne na większą skalę musiałyby rozpocząć się od uderzenia na obiekty satelitarne, gdyż jedynie w ten sposób można by było uzyskać niezbędną do prowadzenia działań bojowych przewagę w przestrzeni kosmicznej. Tak więc można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że o ile kiedykolwiek dojdzie do konfrontacji militarnej państw dysponujących zaawansowaną techniką satelitarną, to konfrontacja ta rozpocznie się poza Ziemią.

W dzisiejszych czasach stwierdzenie takie nie może być traktowane jako naukowa fantastyka. Pojawiające się od czasu do czasu informacje o prowadzonych badaniach i próbach z broniąmi przewidzianymi do wykorzystania w środowisku pozaziemskim wskazują, że już niedługo możliwe będzie prowadzenie działań zbrojnych w kosmosie.

Obecnie żadne państwo nie posiada (lub nie ujawnia posiadania) w przestrzeni kosmicznej środków rażenia. Niemniej jednak wiele państw prowadzi intensywne badania naukowe i techniczne w tym obszarze, a niektóre z nich dysponują naziemnymi systemami bojowymi (lub elementami tych systemów), przeznaczonymi do rażenia środków w przestrzeni pozaatmosferycznej.

Wiele wątpliwości wśród strategów i naukowców powoduje brak ścisłej definicji broni kosmicznych. W efekcie bardzo trudno jest nieraz jednoznacznie sklasyfikować niektóre środki rażenia. Dla potrzeb niniejszej pracy można jednak przyjąć, że **za kosmiczne środki rażenia uważa się te środki rażenia, które znajdują się w przestrzeni kosmicznej lub przeznaczone są do rażenia obiektów w niej umieszczonych**. W związku z tym można dokonać następującej klasyfikacji kosmicznych środków rażenia:

- środki klasy „ziemia-kosmos”, rozmieszczone na powierzchni Ziemi (na wodzie, w przestrzeni atmosferycznej) – przeznaczone są do rażenia obiektów znajdujących się w kosmosie;
- środki klasy „kosmos-kosmos”, umieszczone w kosmosie, podobnie jak i ich cele;
- środki klasy „kosmos-ziemia”, umieszczone w kosmosie, a ich cele znajdują się na Ziemi (na wodzie, w powietrzu).

Wiele wątpliwości wywołuje bardzo często próba zaliczania do broni kosmicznych rakiet balistycznych, które nie są przeznaczone do rażenia obiektów kosmicznych i nie bazują w kosmosie, ale których część toru lotu przebiega w przestrzeni kosmicznej („ziemia-kosmos-ziemia”). Należy jednak zauważyć, że obiekty te przemierzają przestrzeń kosmiczną w sposób „nieagresywny” i jako takie mogą być w tym obszarze traktowane jedynie jako potencjalne cele kosmicznych środków rażenia. Dlatego też w przedstawionej wyżej klasyfikacji nie zostały ujęte.

Grupa środków rażenia klasy „ziemia-kosmos” obejmuje wszelkiego rodzaju systemy uderzeniowe, rozmieszczone na powierzchni Ziemi lub dyżurujące w przestrzeni powietrznej i przeznaczone do rażenia obiektów kosmicznych (satelitów, stacji orbitalnych i wahadłowców w przestrzeni kosmicznej) oraz – perspektywicznie – urządzeń znajdujących się na pozaziemskich ciałach niebieskich (Księżycu, innych planetach lub ich księżycach).

Prace naukowo-badawcze nad tego typu środkami prowadzone były najwcześniej, bo już na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych. Informacje o pierwszych próbach tego typu urządzeń pochodzą z końca lat pięćdziesiątych

i dotyczą amerykańskiego projektu *Bold Orion*⁹³. Aktualne informacje dotyczące takich systemów walki są skrzętnie chronione, wiadomo jednak, że prace w tym obszarze są stale prowadzone. Śledząc historyczne już dziś zapiski z lat osiemdziesiątych można wywnioskować, że skuteczność takich urządzeń jest obecnie wystarczająco duża, jednak zbyt duże są koszty ich utrzymywania i ewentualnego użycia. Jednak mimo wysokich kosztów zarówno Stany Zjednoczone, jak i Rosja utrzymują najprawdopodobniej w gotowości do użycia systemu rażenia klasy „ziemia-kosmos”.

Stany Zjednoczone przystąpiły do opracowywania sposobów i środków zwalczania satelitów na orbitach okołoziemskich niemal natychmiast po wystrzeleniu w kosmos pierwszego obiektu. Przewidywane wówczas perspektywiczne militarne zastosowanie środków kosmicznych skłoniło ówczesne kierownictwo państwowe i wojskowe USA do podjęcia zdecydowanych kroków, w celu przeciwstawienia się mogącym się wkrótce pojawić ewentualnym zagrożeniom. Podjęte prace naukowo-techniczne doprowadziły do skonstruowania na początku lat sześćdziesiątych naziemnego systemu antysatelitarnego, wykorzystującego rakiety uzbrojone w przeciwpociski. Dwa takie systemy zostały rozmieszczone na wyspach południowego Pacyfiku i były utrzymywane w gotowości operacyjnej aż do 1976 roku.

W tym samym czasie prowadzono także intensywne badania dotyczące umieszczonego w kosmosie systemu rozpoznawania, identyfikowania i zwalczania satelitów. Program ten jednak, po wyprodukowaniu w 1961 roku czterech prototypów, został ze względu na rosnące koszty odłożony i nigdy do niego nie powrócono⁹⁴.

Od 1975 roku podjęto prace badawcze nad skonstruowaniem pocisku rakietowego klasy „powietrze-kosmos”, odpalanego ze specjalnie dostosowanego samolotu *F-15 Eagle*. W wyniku tych prac udało się skonstruować taki pocisk i we wrześniu 1985 roku dokonano pierwszej skutecznej próby zniszczenia nim satelity⁹⁵. Program ten został ostatecznie zakończony w marcu 1988 roku, a już na początku 1989 roku podjęto prace mające na celu skonstruowanie naziemnego systemu antysatelitarnego, umożliwiającego niszczenie strategicznych ракет balistycznych i satelitów na wysokościach do 2 tys. km. Założenia tego programu przewidywały dwa etapy jego realizacji, trwające po ok. 3 lata każdy. W etapie pierwszym planowano prowadzić prace badawcze i konstrukcyjne, a ich wynikiem miało

⁹³ W ramach tego programu 19 października 1959 roku z bombowca B-47 odpalony został w kierunku wystrzelonego 7 sierpnia tego roku satelity *Explorer-6* pocisk rakietowy, który minął cel w odległości ok. 7 km.

⁹⁴ Był to program *SAINT* (*Satellite Intercept*), oznaczony także kryptonimem *Program 706*. W ramach tego programu pracowano także nad technikami zwalczania satelitów przez inne specjalne obiekty kosmiczne – tzw. „miny kosmiczne”, które na sygnał z Ziemi zbliżałyby się do określonych obiektów i eksplodując doprowadzały do ich zniszczenia.

⁹⁵ Celem był nieaktywny wojskowy satelita rozpoznawczy, poruszający się po orbicie okołoziemskiej na wysokości około 330 km. Zniszczenie nastąpiło poprzez bezpośrednie trafienie pociskiem w korpus satelity.

być opracowanie prototypu całego systemu lub – w przypadku trudności – rezygnacja z realizacji programu. Etap drugi natomiast miał obejmować wprowadzenie opracowanego systemu do uzbrojenia. Trudno jednoznacznie stwierdzić, jak przebiegają prace nad tym systemem, ale analiza docierających z różnych źródeł informacji wskazuje, że Amerykanie najprawdopodobniej najpóźniej do 2001 roku zakończyli realizację pierwszego etapu i z początkiem roku 2002 przystąpili do realizacji przedsięwzięć z zakresu drugiego etapu.

Równocześnie z tymi pracami od końca 1996 roku prowadzone są badania mające na celu opracowanie i wyprodukowanie prototypu działu laserowego umieszczonego na pokładzie samolotu transportowego (Program *YAL-1A*). Oficjalnie program ten nie przewiduje wykorzystywania urządzenia *YAL-1A* do zwalczania satelitów, ale też nikt nie zaprzecza, że urządzenie to posiada takie możliwości. Dla urządzeń tego typu, zwalczających cele na odległościach do 300 km, nie ma bowiem różnicy, czy cel znajduje się w przestrzeni powietrznej czy kosmicznej.

Według oficjalnych informacji USA nie prowadzą badań dotyczących wykorzystania laserów do zwalczania z ziemi obiektów kosmicznych. Jednak pojawiające się od czasu do czasu komunikaty prasowe wskazują, że prace badawcze w tym zakresie są systematycznie realizowane. Jest to tym bardziej oczywiste, że jedyne ograniczenia, jakie w tym zakresie występują, mają charakter polityczny, nie dotyczą one bowiem absolutnie możliwości technicznych. Wiadomo, że Amerykanie dokonali licznych doświadczeń, wskazujących na prowadzenie badań w zakresie militarnego wykorzystania laserów, jak np. opromienianie w czerwcu 1985 roku wiązką laserową (wysłaną ze stacji naziemnej) promu kosmicznego *Discovery* czy zniszczenie przy pomocy chemicznego lasera MIRACL, umieszczonego na powierzchni ziemi, elementu rakiety *Titan* we wrześniu 1985 r.

W pełni funkcjonujący system uderzeniowy klasy „ziemia-kosmos” obecnie posiada najprawdopodobniej jedynie Rosja. Uruchomiony w 1972 roku kinetyczny system antysatelitarny pozwala na niszczenie obiektów umieszczonych na orbitach nie wyższych niż 1000 km i nachyleniu większym niż 45°. Oddziaływanie polega na bezpośrednim uderzeniu w cel przez wystrzelonego w jego kierunku satelity-pocisk. Analizując przebieg lotu satelity-pocisku można stwierdzić, że czas reakcji (od wystrzelenia do uderzenia) znacznie przekracza 3 godziny. Pozwala to na wykorzystanie systemu do obezwładniania wyłącznie szczególnie ważnych obiektów, wcześniej rozpoznanych i odpowiednio długo śledzonych.

Uwzględniając oficjalnie prezentowany w minionych latach stan badań ZSRR w zakresie budowy laserów dużej mocy można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że obecne możliwości Rosji, będącej kontynuatorem potencjału naukowego ZSRR, w zakresie laserowej broni przeciwsatelitarnej bazowania naziemnego pozwalają w sprzyjających warunkach atmosferycznych na skuteczne niszczenie obiektów kosmicznych znajdujących się na niskich orbitach. Stan ten utrzymuje się zapewne cały czas, chociaż według dostępnych informacji Rosjanie wstrzymali –

ze względu na rosnące koszty – prace doświadczalne nad bojowymi systemami laserowymi. W tym miejscu należy zauważyć, że bardzo zaawansowany poziom rosyjskich badań naukowych nad laserami dużej i bardzo dużej mocy może pozwolić, przy wystarczającym finansowaniu, na szybkie skonstruowanie oręża laserowego bazowania naziemnego.

Środki klasy „**kosmos-kosmos**” obecnie są jeszcze środkami perspektywnymi. Jakkolwiek bowiem prowadzone są już zaawansowane próby niszczenia obiektów znajdujących się w przestrzeni kosmicznej, to z reguły nie wykorzystuje się do tego celu żadnych środków rażenia, a niszczenie obiektów odbywa się poprzez bezpośrednie uderzenie przez inny, specjalny obiekt kosmiczny.

W wyniku uzgodnień poczynionych między wielkimi mocarstwami kosmicznymi⁹⁶ umieszczanie w kosmosie środków rażenia było przez długie lata zakazane. Wypowiedzenie na przełomie lat 2001/2002 tych porozumień przez USA stworzyło warunki do zwiększenia aktywności państw kosmicznych w tym obszarze, a tym samym spowodowało, że możliwość wykorzystywania takich środków w nadchodzących latach stała się znacznie bardziej prawdopodobna.

Oczywiście, przez cały czas obowiązywania porozumienia, a szczególnie od 1983 roku⁹⁷, prowadzone były intensywne badania naukowe dotyczące broni zdolnych do wykorzystania w specyficznych warunkach przestrzeni kosmicznej.

Przewiduje się bowiem, że w środowisku kosmicznym może być użytych kilka następujących rodzajów środków i sposobów rażenia, pozwalających na niszczenie obiektów kosmicznych i rakiet balistycznych dalekiego zasięgu:

- broni laserowe – gdzie nośnikiem energii jest poruszający się z prędkością światła strumień fotonów;
- broni kinetyczne – w których możliwości destrukcyjne wynikają z potężnej energii pocisków, wynikającej z ich olbrzymiej prędkości;
- broni cząsteczkowe – w których wykorzystuje się możliwość wielkiego rozpędzenia naładowanych cząsteczek, a tym samym wyposażenie ich w ogromną energię;
- broni radiacyjne – oddziałujące na cel energią innego rodzaju (niż świetlna), np. elektromagnetyczną;
- sposoby bezpośrednie – w których niszczenie celu odbywa się poprzez bezpośrednie uderzenie przez inny obiekt, nie posiadający ładunku wybuchowego (taranowanie).

⁹⁶ Dwustronny *Układ o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej*, podpisany 26 maja 1972 roku w Moskwie przez USA i ZSRR (tzw. *Układ ABM*).

⁹⁷ W marcu 1983 roku prezydent USA, Ronald Reagan zaapelował do naukowców, aby dali Amerykanom „*środki, które uczynią broń jądrową bezużyteczną i przestarzałą*”, dając tym samym początek nowej koncepcji militarnej, tzw. Inicjatywie Obrony Strategicznej.

Największe nadzieje wojskowych i uczonych związane są z **bronią laserową**⁹⁸. Prace nad jej skonstruowaniem są już bardzo zaawansowane, o czym świadczyć mogą wyniki przeprowadzanych w tym zakresie doświadczeń⁹⁹. W kręgu zainteresowania naukowców zajmujących się tą problematyką znajdują się następujące rodzaje laserów:

- lasery chemiczne;
- lasery gazodynamiczne (ekscymerowe);
- lasery elektrowyładowcze, a ostatnio także
- lasery na elektronach swobodnych;
- lasery rentgenowskie.

Lasery chemiczne są najbardziej rozpowszechnionymi urządzeniami tego typu i prace nad ich wdrożeniem są najbardziej zaawansowane. Źródłem promieniowania w tych laserach jest reakcja chemiczna zachodząca pomiędzy dwoma gazami, połączona z powstawaniem wzbudzonych molekuł o zwiększonej energii. Długość emitowanej fali oraz natężenie wiązki uzależnione są przede wszystkim od wykorzystywanych do reakcji chemicznej gazów.

Lasery gazodynamiczne (ekscymerowe) wykorzystują zachodzące podczas ogrzewania zjawisko wzbudzania do wysokoenergetycznych stanów molekuł gazów szlachetnych i późniejsze emitowanie energii podczas jego ochładzania. W laserach tego typu wykorzystuje się chlorki i fluorki argonu, kryptonu lub ksenonu.

W **laserach elektrowyładowczych**, wykorzystuje się zjawisko wzbudzania (przejścia do wyższych stanów energetycznych) molekuł gazów przez dostarczenie energii powstającej w wyniku kolizji elektronów przepuszczanych przez czynny ośrodek gazowy (np. mieszaninę fluoru i kryptonu).

Lasery ze swobodnymi elektronami są laserami nowej generacji, działającymi na nieco innej zasadzie. W laserach tego typu strumień elektronów przyspieszany jest do dużej prędkości, a następnie wprowadzany w silne pole magnetyczne, wytworzone przez tzw. *wiglery*. Zaprogramowane zmiany parametrów pola magnetycznego powodują drgania elektronów w kierunku prostopadłym do ruchu wiązki, wymuszając tym samym wydzielanie kwantów energii i emisję spójnego promieniowania laserowego o długości fali 3,4 mikrona (zakres ultrafioletu). Laser

⁹⁸ Laser (*Laser Amplified by Stimulated Emission of Radiation*), czyli urządzenie wzmacniające światło poprzez wymuszoną emisję promieniowania, jest źródłem intensywnego strumienia fal koherentnych (fal mających identyczną częstotliwość, fazę i kierunek rozchodzenia). Funkcjonowanie laserów opiera się na zjawiskach energetycznych zachodzących podczas wzbudzania molekuł materiału laserującego (gazu, cieczy lub ciała stałego), podczas których lawinowo emitowane są fotony lub kwanty promieniowania. Umieszczenie molekuł pomiędzy dwoma zwierciadłami powoduje ich mieszanie się w materiale laserującym i potęgowanie emisji, czyli wzmocnienie. Wyzwolone w ten sposób fotony, uformowane w dostatecznie wąską wiązkę, posiadają wystarczająco dużą gęstość mocy, aby stać się środkiem niszczenia.

⁹⁹ Wśród licznych prób z bronią laserową do najistotniejszych należy zaliczyć wymienione amerykańskie udane doświadczenia z przesyłaniem na prom kosmiczny promieni laserowych w czerwcu 1985 roku, przeprowadzone na ziemi zniszczenie „strzałem” z lasera chemicznego elementu rakiety *Titan* czy doświadczenie w zakresie jądrowego źródła energii dla lasera rentgenowskiego.

taki może generować w każdym pojedynczym impulsie wiązkę o natężeniu kilku megawatów na centymetr kwadratowy.

Laserami nowej generacji są także **lasery rentgenowskie**. Wykorzystują one możliwość magazynowania promieniowania rentgenowskiego, powstałego w wyniku niewielkiego wybuchu jądrowego. Do przechowywania tego promieniowania stosowane są specjalne rdzenie, wykonane z materiału o dużej masie atomowej. Tak zgromadzone promieniowanie może być następnie wygenerowane impulsowo, po nakierowaniu rdzenia na cel. W jednym urządzeniu laserowym takiego typu może znajdować się kilkadziesiąt rdzeni, co teoretycznie może pozwoli na jednocześnie niszczenie wielu obiektów.

Duże wymiary generatorów laserowych i niezbędnych do nich źródeł zasilania spowodowały, że myśli naukowców skierowane zostały na konstrukcje złożone. Ich istota polega na rozmieszczeniu generatora laserowego wielkiej mocy na powierzchni Ziemi i naprowadzaniu wygenerowanej wiązki na cel kosmiczny przy użyciu sterowanego zwierciadła umieszczonego na burcie satelity¹⁰⁰. Systemy te, określane jako środki klasy „ziemia-kosmos-kosmos” wymagają jeszcze badań, ale pierwsze ich prototypy zapewne wkrótce będą gotowe do operacyjnego użycia.

Innym rodzajem kosmicznych środków rażenia są tzw. **bronie cząsteczkowe** (działa neutronowe, protonowe, bronie strumieniowe, wiązkowe). Nośnikiem energii w tego typu broni jest strumień atomów lub subatomowych cząstek – protonów, elektronów, neutronów czy ciężkich jonów. Cząstki te przyspieszone do prędkości bliskich prędkości rozchodzenia się światła nabierają olbrzymiej energii, pozwalającej na przeniknięcie przez zewnętrzną powłokę celu i destrukcyjne oddziaływanie na struktury wewnątrzatomowe. Dodatkowym działaniem powstającym podczas wytracania prędkości w czasie bombardowania jest wywoływanie wtórnego promieniowania gamma i rentgenowskiego niszczącego obwody elektroniczne, szczególnie pamięciowe komputerów pokładowych.

Wielką zaletą tej broni w stosunku do broni laserowej jest jej niezależność od warunków atmosferycznych. Istotna jest także znacznie większa niż w przypadku laserów sprawność energetyczna urządzeń i możliwość skutecznego niszczenia celów nawet przy bardzo krótkim oddziaływaniu.

Jednak, ze względu na istniejące wciąż trudności konstrukcyjne, jest to jeszcze broń perspektywiczna. Z wielu problemów, jakie zidentyfikowano w trakcie tworzenia podstaw naukowo-technicznych tego oręża¹⁰¹, naukowcom pozostało do rozwiązania jeszcze kilka. Istotny problem rozogniskowywania się wiązek na skutek elektrostatycznego odpychania się jednoimiennie naładowanych cząstek oraz odchyłanie wiązki w polu magnetycznym Ziemi rozwiązano poprzez wykorzysta-

¹⁰⁰ Jest to oczywiście także broń przyszłości, lecz na podstawie doniesień agencji informacyjnych można wywnioskować, że prace w tym zakresie są bardzo zaawansowane. W Rosji i USA istnieją już bowiem naziemne generatory laserowe, a próby dotyczące montażu zwierciadeł na burtach satelitów i sterowania nimi prowadzone są okresowo przez kosmiczne mocarstwa.

¹⁰¹ Było to pod koniec lat pięćdziesiątych w USA.

nie neutralnych atomów wodoru. Przed naukowcami, wśród różnych drobnych trudności, pozostała jeszcze do rozwiązania ważna sprawa konstrukcji odpowiednio lekkich i małych gabarytowo akceleratorów, możliwych do zainstalowania na pokładzie satelity.

Kolejnym rodzajem broni, przewidywanym do użycia w warunkach kosmosu, są **bronie kinetyczne**. Obejmują one w swym obszarze rakiety (kierowane i samonaprowadzające się na cele) oraz działa elektromagnetyczne.

Wykorzystanie rakiet do niszczenia celów kosmicznych niczym nie różni się od ich użycia w warunkach atmosfery ziemskiej. Mogą być one wykorzystywane przede wszystkim do niszczenia rakiet balistycznych przemierzających przestrzeń kosmiczną, a w niektórych przypadkach także satelitów.

W działach elektromagnetycznych wykorzystuje się kwadratową zależność energii pocisku od jego prędkości¹⁰². Dlatego też niewielki pocisk rozpędza się w zmiennym polu magnetycznym do prędkości rzędu 10–20 km/s, co spowoduje, że osiągnie on energię porównywalną do energii lokomotywy jadącej z prędkością kilkudziesięciu kilometrów na godzinę. Pocisk taki będzie w stanie przebijać bardzo grube powłoki, a tym samym niszczyć różnorodne cele.

Te bronie też są jeszcze w fazie doświadczalnej. Największą trudnością jest obecnie – podobnie jak w przypadku broni cząsteczkowej – budowa samego działa. Należy go bowiem tak skonstruować, aby mogło być zmontowane i stosowane w warunkach panujących w przestrzeni kosmicznej.

Jeszcze innym rodzajem broni kosmicznych są tzw. **bronie radiacyjne**. Wykorzystuje się w nich zjawisko przenoszenia energii w wiązce promieniowania elektromagnetycznego. Energia powstała w wyniku wybuchu jądrowego, tworząca tzw. „kulę ognistą”¹⁰³, w swojej znacznej części wyzwala jest w postaci promieniowania elektromagnetycznego w zakresie częstotliwości 10^3 MHz– 10^{15} MHz, tj. od mikrofal do promieniowania.

Promieniowanie to stanowi w przestrzeni kosmicznej zasadniczy i potężny czynnik niszczący, gdyż ze względu na brak powietrza nie występuje w tym środowisku zjawisko fali uderzeniowej (w atmosferze w ten sposób jest emitowane około 50% energii eksplozji). Wyzwolone w ciągu jednej nanosekundy i rozchodzące się z wielką prędkością promieniowanie gamma¹⁰⁴ i promieniowanie neutronowe, natrafiając na znajdujący się w przestrzeni kosmicznej obiekt, reagują z atomami jego materiału konstrukcyjnego. Powoduje to gwałtowne nagrzewanie powłok obiektu kosmicznego oraz powstawanie wtórnego promieniowania elektromagnetycznego o wysokiej intensywności i bardzo krótkim czasie trwania.

¹⁰² Energia kinetyczna danego ciała jest wprost proporcjonalna do jego masy i kwadratu jego prędkości.

¹⁰³ Jest to parowa chmura materii o średnicy kilku metrów i temperaturze wielu milionów °C.

¹⁰⁴ Znaczenie promieniowania innego zakresu częstotliwości jest mniejsze, chociaż prowadzone są prace badawcze nad wykorzystaniem do działań destrukcyjnych np. promieniowania mikrofalowego.

W tym samym czasie generowane jest także silne pole elektromagnetyczne (o zakresie częstotliwości $1-10^3$ kHz, trwające zaledwie jedną nanosekundę i posiadające moc zbliżoną do mocy erupcji na Słońcu, tzn. ok. 100 MW/m^2), niszczące wszystkie niezabezpieczone układy elektroniczne w urządzeniach rozmieszczonych na powierzchni Ziemi w promieniu setek (a nawet tysięcy) kilometrów od miejsca eksplozji¹⁰⁵. Po odbiciu od Ziemi jest groźne także dla urządzeń znajdujących się w kosmosie na wysokości do kilku tysięcy kilometrów. Jest to tzw. *puls elektromagnetyczny* (EMP, *Radioflash*), którego istota do dziś nie jest w pełni zbadana¹⁰⁶.

Możliwe jest oczywiście zapobieżenie oddziaływaniu tej groźnej broni, lecz jest to praktycznie niewykonalne. Wiąże się to bowiem z koniecznością stosowania odpowiednich ekranów zabezpieczających, co w znacznym stopniu zwiększa ciężar obiektu kosmicznego. W efekcie maleje żywotność tego obiektu i wzrasta wielokrotnie koszt umieszczenia go w kosmosie.

Analizując możliwości niszczenia obiektów kosmicznych należy jednak zauważyć, że nie są w tym przypadku konieczne specjalne środki rażenia klasy „kosmos-kosmos”. Możliwe jest bowiem wykorzystanie tzw. **środków bezpośrednich**, w których niszczenie odbywa się poprzez bezpośrednie trafienie celu przez inny naprowadzony na niego obiekt kosmiczny, nie posiadający głowicy z ładunkiem wybuchowym. Jest to sposób bardzo kosztowny, ale w niektórych sytuacjach najbardziej opłacalny. Jednocześnie jest to sposób, który może być stosowany przez każde państwo nie zaawansowane w badaniach i produkcji uzbrojenia kosmicznego, a posiadające jedynie środki satelitarne i ośrodki kierowania ich położeniem.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa międzynarodowego, wśród środków rażenia kosmicznego największe znaczenie mają niewątpliwie środki „kosmos-ziemia”. One bowiem mogą bezpośrednio zagrażać ludziom i obiektom na powierzchni naszego globu i jako takie wydają się być obecnie najgroźniejsze. Ponieważ jednak ich znaczenie jest tak duże, mocarstwa kosmiczne bardzo niechętnie ujawniają jakiegokolwiek informacje dotyczące tego tematu i dlatego zdobycie wiarygodnych danych jest praktycznie niemożliwe. Trudno jednak uznać, że w obszarze konstrukcji kosmicznych środków rażenia celów naziemnych (powietrznych, nawod-

¹⁰⁵ Na przykład skutki dokonanej w lipcu 1962 r. przez USA próbnej eksplozji jądrowej o mocy 1,4 Mt na wysokości 400 km zaobserwowano w położonym 1500 km dalej Honolulu (ustał dopływ prądu, zadziałały urządzenia alarmowe w pojazdach i obiektach). Zob. J. Markowski, *Czas gwiazdnych wojen*, s. 78.

¹⁰⁶ Obecnie EMP opisywany jest jako wynik lawinowego uwalniania elektronów z atomów tlenu i azotu (tzw. *efekt Comptona*). Pozbawione elektronów atomy silnie odpychają elektrony nadając im dużą energię, wykorzystywaną następnie w czasie kolejnych zderzeń z atomami tlenu i wodoru do wyzwolenia kolejnych elektronów. Ze względu na to, że elektrony są wyhamowywane w atmosferze już po przejściu ok. 2 metrów, a energia kolejnych elektronów jest coraz mniejsza, czas trwania EMP jest niezwykle krótki.

nych) nic się nie dzieje. Jest to najprawdopodobniej jedna z największych tajemnic państw prowadzących militarną działalność w przestrzeni kosmicznej.

Początkowo, do połowy lat sześćdziesiątych XX wieku, przewidywano intensywne rozmieszczanie w przestrzeni kosmicznej wokół Ziemi różnego rodzaju środków kosmicznych posiadających na swoim pokładzie broń jądrową. Od kilkunastu lat znano już bowiem jej ogromną niszczącą moc. Nieobce było także znaczenie oddziaływania zjawisk towarzyszących wybuchowi, także w kosmosie. W całości stanowiło to wielkie wyzwanie dla strategów i konstruktorów. Opracowano nawet wstępne projekty satelitarnych środków rażenia, jak bomby orbitalne, rakiety „kosmos-ziemia” czy pilotowane kosmiczne środki bombardujące.

Kres (albo tylko utrudnienie) dla prowadzonych w tym kierunku prac stanowiły jednak dwa dokumenty prawa międzynarodowego. Najpierw w 1963 roku, postanowieniami *Układu o zakazie prób broni nuklearnych w atmosferze, w przestrzeni kosmicznej i pod wodą*, pozbawiono mocarstwa kosmiczne możliwości testowania nowych konstrukcji nuklearnych środków rażenia, także kosmicznych. Później, w 1967 roku, odpowiednimi zapisami *Układu o zasadach działalności Państw w zakresie badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej, łącznie z Księżycem i innymi ciałami kosmicznymi*, ostatecznie zakazano rozmieszczania i użycia tego typu broni na orbitach okołoziemskich oraz na powierzchni Księżyca i innych ciał niebieskich.

W tej sytuacji wysiłki naukowców (głównie amerykańskich, bo radzieckie systemy uderzeniowe powstawały znacznie później) skierowane zostały na opracowanie nowych środków walki¹⁰⁷. Dzisiaj można powiedzieć, że kosmiczne środki walki, możliwe do użycia w relacji „kosmos-kosmos”, mogą być także stosowane w relacji „kosmos-ziemia”. Efekt ich wykorzystania w kierunku Ziemi może być jednak znacznie mniejszy, gdyż tłumiące działanie atmosfery – w bardzo szerokim spektrum częstotliwości – niekorzystnie wpływa na propagację fal. Powoduje to konieczność stosowania bardzo dużych mocy, a to z kolei zmusza do stosowania potężniejszych generatorów, o większym rozmiarze i ciężarze. Nie jest to zawsze możliwe.

Jednak mimo wszystko kosmiczne środki rażenia celów naziemnych nie są absolutną fantazją. Istnienie technicznych możliwości dokonania (wbrew postanowieniom prawa międzynarodowego) eksplozji nuklearnej w przestrzeni kosmicznej skłania do sądu, że możliwe jest zagrożenie obiektów rozmieszczonych na powierzchni Ziemi przez puls elektromagnetyczny (EMP) i broń laserową. Sposoby użycia tych dwóch środków opisano wcześniej, można jednak dodatkowo stwier-

¹⁰⁷ Już w 1963 roku ówczesny szef sztabu sił powietrznych USA, gen. C. E. LeMay, twierdził: „Nasze bezpieczeństwo narodowe może w przyszłości zależeć od uzbrojenia zupełnie innego niż to, które znamy dzisiaj, i wiercie mi, nie będzie to broń ostateczna. Być może będzie to broń, która pozwoli nam niszczyć pociski międzykontynentalne bazujące na Ziemi. Być może będzie to broń uderzająca z prędkością światła...” (The New York Times, 29.03.1963 r.).

dzić, że już od początku lat siedemdziesiątych XX wieku prowadzone były w tym zakresie liczne próby¹⁰⁸.

Ze względu na znaczny niedobór informacji trudno jednoznacznie określić, w jakim stopniu jest dziś możliwe użycie opisywanych wyżej kosmicznych środków rażenia. Nie wolno jednak w żadnym wypadku lekceważyć takiej ewentualności, gdyż skutki ich użycia mogą przekroczyć najśmielsze przewidywania.

¹⁰⁸ Na przykład w 1973 roku Amerykanie spowodowali na wysokości 480 km kontrolowaną eksplozję małych bomb wodorowych odpalanych z pokładu stacji orbitalnej *Skylab* w celu zbadania przebiegu EMP. Podobnie od końca lat osiemdziesiątych prowadzone są intensywne badania możliwości kierowania wiązką lasera przez zwierciadła umieszczane na burcie satelity, jak np. rosyjski eksperyment *ZNAMIA-25* z 9 listopada 1998 roku, podczas którego 25-metrowym lustrem umieszczonym na dziobie wracającego z misji do stacji *Mir* statku *PROGRESS*, oświetlano światłem słonecznym wybrane miejsca północnej półkuli Ziemi.

4. SIŁY KOSMICZNE WYBRANYCH PAŃSTW

4.1. Siły Kosmiczne USA

Dowództwo Sił Kosmicznych USA (USSPACOM – *United States Space Command*) jest dowództwem strategicznym Sił Zbrojnych Stanów Zjednoczonych z siedzibą w bazie sił powietrznych Peterson (Colorado).

W skład dowództwa wchodzi trzy komponenty: powietrzny, lądowy i morski. DSK odpowiedzialne jest za obronę strategiczną USA przed uderzeniami jądrowymi oraz prowadzenie operacji kosmicznych.

1. Komponent Powietrzny Sił Kosmicznych

Dowództwu Komponentu Powietrznego Sił Kosmicznych (rys. 4.1.1, 4.1.2) podlegają:

- 14 Dowództwo Sił Powietrznych;
- 20 Dowództwo Sił Powietrznych;
- System Wsparcia Obronnego (DSP);
- Centrum Operacji Kosmicznych;
- Centrum Kontroli Kosmosu;
- Wojskowe Systemy Satelitarne;
- Systemy Międzykontynentalnych Pocisków Balistycznych.

14 Dowództwo Sił Powietrznych (rejon dyslokacji Vandenberg – Kalifornia) jest odpowiedzialne za eksplorację przestrzeni kosmicznej na potrzeby sił powietrznych, marynarki wojennej, sił lądowych oraz sił specjalnych.

Do głównych zadań w tym zakresie należy:

- nadzór nad systemami C2, satelitami łączności, ostrzegania i powiadamiania oraz meteorologicznymi;
- ostrzeganie i likwidacja zagrożeń w przestrzeni kosmicznej i powietrznej (wykrywanie pocisków rakietowych, kierowanie pociskami rakietowymi, ocena skutków zniszczeń);
- utrzymywanie w operacyjnej gotowości bazy Vandenberg i przylądka Canaveral do wystrzeliwania rakiet;
- kontrola radarów obserwacji przestrzeni powietrznej na całej kuli ziemskiej oraz orbit satelitów.

Stan osobowy 14 Dowództwa Sił Powietrznych wynosi: 14 000 personelu wojskowego oraz 13 500 pracowników cywilnych. Dowództwu podlegają:

- 21 Skrzydło Kosmiczne w Peterson (Kolorado);
- 30 Skrzydło Kosmiczne w Vandenberg (Kalifornia);
- 45 Skrzydło Kosmiczne w Patrick (Floryda);
- 50 Skrzydło Kosmiczne w Schriever (Kolorado);
- 76 Klucz Operacji Kosmicznych.

21 *Skrzydło Kosmiczne* jest odpowiedzialne za kontrolę obiektów w przestrzeni kosmicznej oraz ostrzeganie o zagrożeniach na potrzeby Dowództwa Sił Kosmicznych oraz Dowództwa Obrony Powietrznej Ameryki Północnej (NORAD¹⁰⁹).

Zapewnia powiadamianie i ostrzeganie przed strategicznymi i operacyjno-taktycznymi rakietami balistycznymi dla wszelkiego rodzaju dowództw na kuli ziemskiej. Prowadzi kontrolę wykrytych obiektów w przestrzeni kosmicznej.

30 *Skrzydło Kosmiczne* odpowiedzialne jest za przygotowanie, wystrzeliwanie i śledzenie ракет nośnych *Atlas* i *Tytan* (z bazy Vandenberg), które wynoszą na orbity sztuczne satelity na potrzeby Departamentu Obrony USA oraz korporacji cywilnych. Zapewnia także testy dla międzykontynentalnych pocisków balistycznych.

45 *Skrzydło Kosmiczne* odpowiedzialne jest za eksplorację przestrzeni kosmicznej na potrzeby Departamentu Obrony USA oraz korporacji cywilnych.

W zakres jego odpowiedzialności wchodzi utrzymywanie gotowości do wystrzeliwania ракет nośnych z przylądka Canaveral na potrzeby agencji NASA.

Zabezpiecza prowadzenie testów dla okrętowych pocisków rakietowych oraz zabezpieczenie logistyczne dla okrętów w rejonie przylądka Canaveral. Stan osobowy skrzydła wynosi 11 000 osób.

50 *Skrzydło Kosmiczne* zapewnia kontrolę satelitów Departamentu Obrony USA oraz zarządzanie siecią kontrolną satelitów sił powietrznych – AFSCN (*Air Force Satellite Control Network*). Skrzydło prowadzi kontrolę wystrzeliwania ракет nośnych, umieszczania sztucznych satelitów na orbitach oraz koryguje ewentualne błędy.

76 *Klucz Operacji Kosmicznych* znajduje się w bazie sił powietrznych Falcon, jest jednostką wsparcia kosmicznego podległą bezpośrednio pod 14 Dowództwo SP. Jednostka zapewnia wsparcie kosmiczne dla Komponentu Powietrznego Sił Kosmicznych zarówno w czasie pokoju, kryzysu, jak i wojny. Rejon odpowiedzialności obejmuje całą kulę ziemską (aktualnie obszar Bośni, Korei i Iraku). Oprócz zabezpieczenia wsparcia kosmicznego na teatrach działań wojennych klucz prowadzi różnego rodzaju ekspertyzy wykorzystania nowych systemów walki w przestrzeni kosmicznej.

20 **Dowództwo Sił Powietrznych** (rejon dyslokacji F. E. Warren – Wyoming) odpowiedzialne jest za gotowość oraz użycie międzykontynentalnych rakietowych pocisków balistycznych (500 typu *Minuteman III*, 50 *Peacekeeper*) rozmieszczonych w stanach: Colorado, Montana, Północna Dakota (N.D.), Nebraska, Wyoming. Stan osobowy 20 Dowództwa Sił Powietrznych wynosi 9000 osób, podlegają im następujące jednostki:

¹⁰⁹ NORAD (*The North American Aerospace Defense Command*) – jest dowództwem dwunarodowym, zapewniającym kontrolę przestrzeni kosmicznej i powietrznej dla USA oraz Kanady. Dowództwo zajmuje się wykrywaniem i śledzeniem obiektów w przestrzeni kosmicznej i powietrznej. Mogą to być takie obiekty, jak: samolot, pociski rakietowe, pojazdy kosmiczne, sztuczne satelity itp.

- 90 Skrzydło Kosmiczne w F. E. Warren (Wyoming);
- 91 Skrzydło Kosmiczne w Minot (Północna Dakota);
- 341 Skrzydło Kosmiczne w Malstrom (Montana);
- 635 Klucz Operacji Kosmicznych w Offutt (Nebraska).

90 Skrzydło Kosmiczne jest odpowiedzialne za obronę przed pociskami raketowymi oraz wykorzystanie międzykontynentalnych rakiet balistycznych (ICBM). Skrzydło zatrudnia 3200 osób personelu wojskowego i 450 pracowników cywilnych. Zadania realizowane są na potrzeby Dowództwa Sił Kosmicznych USA oraz Dowództwa Obrony Powietrznej NORAD.

W stanie gotowości bojowej znajduje się 1500 osób personelu, który odpowiedzialny jest za utrzymanie i wystrzeliwanie następujących ilości międzykontynentalnych rakiet balistycznych (ICBM):

- 150 typu *Minuteman III*;
- 50 typu *Peacekeeper*.

91 Skrzydło Kosmiczne realizuje podobne zadania, jak poprzednie. Stan osobowy personelu, który odpowiada za 150 międzykontynentalnych rakiet balistycznych typu *Minuteman III*, wynosi 1500 osób.

341 Skrzydło Kosmiczne realizuje podobne zadania, posiada 200 międzykontynentalnych rakiet balistycznych typu *Minuteman III*, które rozmieszczone są w stanie Montana.

Kosmiczne Centrum Operacji (rejon dyslokacji Schriever – Kolorado) jest odpowiedzialne za wykorzystanie systemów kosmicznych do prowadzenia operacji w kosmosie, w powietrzu i na ziemi.

Centrum składa się z czterech oddziałów odpowiedzialnych za:

- wsparcie operacji wojskowych;
- wykorzystanie narodowych możliwości bojowych;
- analizę operacji, planów i potrzeb.

Centrum podlega m.in.:

- 17 Eskadra Badawcza w Schriever, która prowadzi badania przestrzeni kosmicznej;
- 575 Eskadra Testowania Lotów w Vanderberu odpowiedzialna za testy pocisków raketowych;
- Laboratorium Badań Kosmicznych, które odpowiedzialne jest za wdrażanie innowacji w prowadzeniu operacji kosmicznych i zabezpieczenia logistycznego.

Centrum zapewnia pomoc w odnalezieniu zestrzelonych samolotów i ich załóg. W tym zakresie prowadzone są badania w ramach programu *Talon Hook*. 112 odbiorników typu „Hook” współpracujących z systemem GPS umożliwia lokalizację załóg zestrzelonych lub uszkodzonych samolotów.

Do zasadniczych zadań *Centrum Kontroli Kosmosu* należy:

- obserwacja przestrzeni kosmicznej;

– wykorzystanie systemów kosmicznych dla celów wojskowych (zapewnienie łączności, prognozy pogody, wykrywanie obiektów, ostrzeganie i powiadamianie, nawigacja);

– ochrona systemów kosmicznych.

System Wparcia Obronnego (DSP) przeznaczony jest do wykrywania pocisków rakietowych wszystkich rodzajów w czasie niemal rzeczywistym.

Od 1970 r. satelity DSP przekazywały dane do systemu NORAD i Dowództwa Wojsk Kosmicznych (*US Space Command*) oraz Centrum Wczesnego Wykrywania i Ostrzegania w Cheyenne Mountain.

Te dowództwa i centra przekazywały dane do różnych agencji na całym świecie.

Początkowo satelita DSP ważył 2100 funtów, posiadał 2000 czujników, moc 400 watów, a jego okres używalności wynosił trzy lata.

Kolejne satelity ważyły 3960 funtów, posiadały moc 680 watów, a ich ilość czujników wynosiła 6000.

Satelity DSP F-13 i DSP F-12 zostały wystrzelone w 1982 r., a w 1984 r. zakończyły swoją misję. DSP F-6R został wystrzelony w 1984 r., DSP F-5R w 1987 roku. Wszystkie te satelity należały do pierwszej generacji.

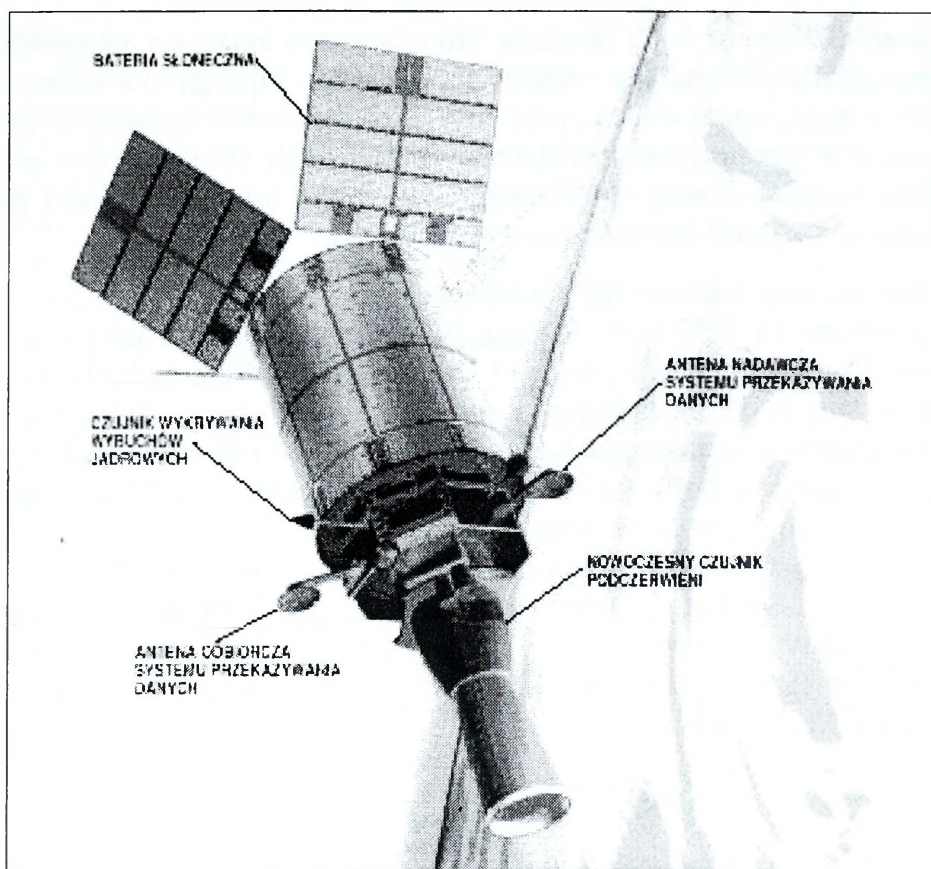
Druga generacja ulepszonych satelitów DSP (*DSP-Improved*) została wyniesiona przez rakietę nośną *Tytan-4* 12 listopada 1990 r. Satelity DSP-I, zostały zamówione w roku 1989. Dwa satelity DSP były wykorzystywane do wykrywania iraackich pocisków *Scud* w czasie wojny w rejonie Zatoki Perskiej od sierpnia 1990 do lutego 1991 r.

Satelita DSP-I (*Improved*) waży aktualnie 5200 funtów, jego moc wynosi 1250 watów, długość – 33 stopy, średnica – 14 stóp. Posiada techniczne ulepszenia, między innymi radary pozahoryzontowe do obserwacji całej powierzchni Ziemi.

Satelita DSP-I ma także możliwość utrzymywania łączności laserowej. To w znacznym stopniu redukuje zakłócenia systemu, ze względu na to, że każdy z satelitów DSP ma możliwość przekazania danych do dowolnej stacji naziemnej.

Pierwszy satelita z tej serii został wystrzelony w 1970 roku, a osiemnasty w lutym 1997 roku. Został on umieszczony na orbicie geostacjonarnej na wysokości 35 900 km nad Ziemią. Zasadnicze czujniki DSP pracują w podczerwieni, a zaprojektowano je do wykrywania startów radzieckich (a potem rosyjskich) i chińskich rakiet międzykontynentalnych wyrzucanych z wyrzutni lądowych i okrętów podwodnych.

Satelity DSP-I wyposażone są także w zestaw czujników do wykrywania wybuchów jądrowych w atmosferze. Podczas wieloletniej eksploatacji pracujące w podczerwieni czujniki satelitów serii DSP wykrywały również odpalenia rakiet średniego zasięgu, samoloty lecące z włączonym dopalaczem, satelity na niskich orbitach wokół Ziemi, a nawet duże eksplozje.



Rys. 4.1.3. Satelita DSP-I

Komponent Powietrzny (*Air Force Space Command – AFSPC*) z siedzibą w Peterson (Colorado Springs) jest jednym z ważniejszych elementów DSK. Gotowość operacyjną osiągnął 1 września 1982 r. Zadaniem tego komponentu jest obrona Stanów Zjednoczonych przed zagrożeniem w przestrzeni powietrznej i kosmicznej, kontrola i eksploracja przestrzeni kosmicznej.

Zadaniem komponentu powietrznego jest realizacja następujących misji:

- wsparcie sił kosmicznych;
- kontrola przestrzeni kosmicznej;
- zabezpieczenie dodatkowe;
- wykorzystanie sił kosmicznych.

Wsparcie sił kosmicznych polega na wystrzeliwaniu i kontroli działania satelitów wojskowych USA. Satelity są wystrzeliwane za pomocą rakiet nośnych, takich jak: Tytan II, Tytan IV, Atlas II, Delta II z przylądka Canaveral (Floryda) oraz bazy SP Vandenberg (Kalifornia). Komponent powietrzny wykorzystuje sieć kontroli satelitów o zasięgu światowym – AFSCN (*Air Force Satellite Control Network*) do stałego monitorowania satelitów na orbitach.

Kontrola obejmuje 8000 obiektów orbitujących w kosmosie od najmniejszych, wielkości piłki do bejzbola do większych rozmiarów. Pomaga to w upewnieniu się, że obiekt porusza się po wyznaczonej orbicie. Może odnosić się także do panowania w kosmosie, w tym przypadku chodzi o wyeliminowanie obiektów przeciwnika.

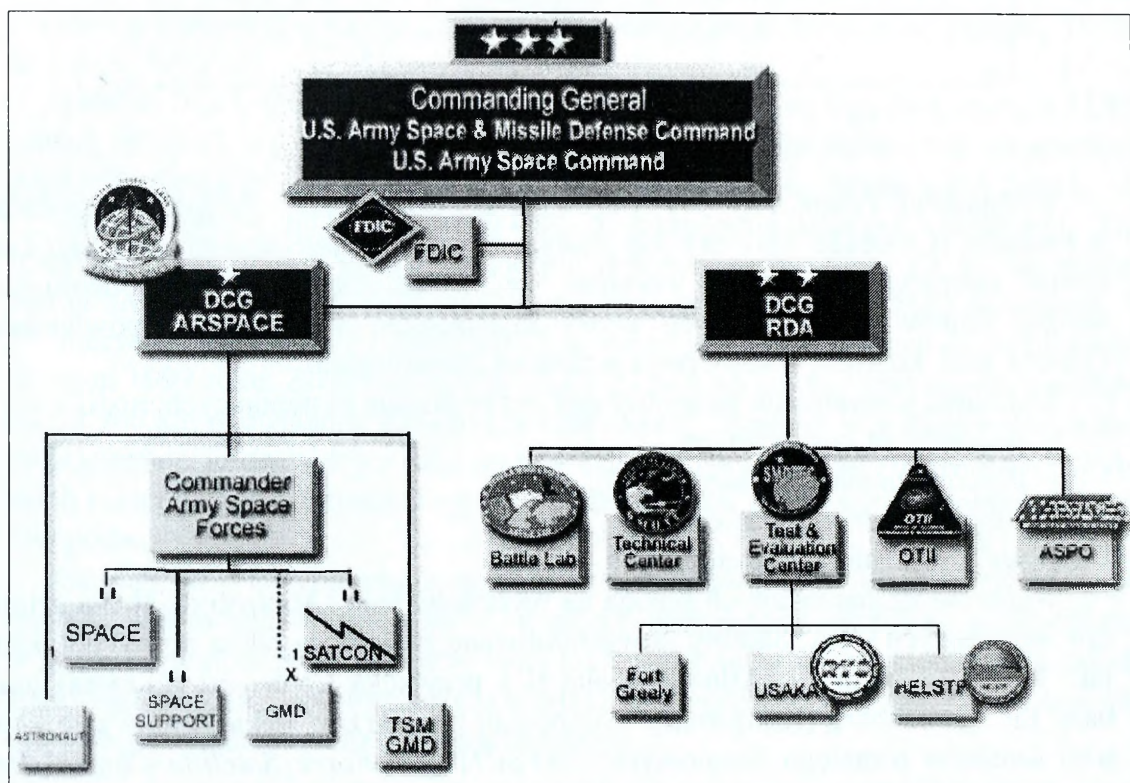
Zabezpieczenie dodatkowe obejmuje nawigację, ostrzeganie przed pociskami raketowymi, łączność satelitarną oraz rozpoznanie.

2. Komponent Lądowy Sił Kosmicznych

1 października 2002 r. w Waszyngtonie utworzono nowe dowództwo – Dowództwo Komponentu Lądowego Sił Kosmicznych i Obrony Przeciwrakietowej (SMDC – *Space Missile Defense Command*). Zostało przemianowane z poprzedniego Dowództwa Komponentu Lądowego oraz Obrony Strategicznej. Dowództwo podlega Dowództwu Sił Kosmicznych. Nowym zadaniem SMDC jest zapewnienie obrony kosmicznej oraz przeciwrakietowej.

Do wykorzystania dowództwa zostały powołane następujące struktury:

- Instytut Kosmiczny i Obrony Przeciwrakietowej w Huntsville (Alabama);
- Połączony lądowy system obrony przed pociskami manewrującymi (JLENS – *Joint Land Attack Cruise Missile Defense Elevated Netted Sensor System*), poprzednia nazwa Aerostat.



Rys. 4.1.4. Struktura Komponentu Lądowego Sił Kosmicznych USA

Legenda:

- *Commanding General US Army Space and Defense Command* – Dowódca Komponentu Lądowego Sił Kosmicznych USA;
- DCG ARSPACE – zastępca dowódcy ds. operacyjnych;
- DCG RDA – zastępca dowódcy ds. badań i technologii;
- *Space Support* – wsparcie kosmiczne;
- *Battle Laboratory* – Laboratorium Pola Walki;
- *Technical Center* – Centrum Techniczne;
- *Test Evaluation Center* – Centrum Zaawansowanych Testów;
- ASPO – *Army Space Office* – Biuro Komponentu Lądowego;
- USAKA/RTS (*United States Army Kwajalein Atoll/Ronald Reagan Ballistic Missile Defense Test Site*) – Atol Kwajaleina/Centrum Testów Obrony Przeciwrakietowej Ronalda Reagana;
- HELSTF (*The High Energy Laser Systems Test Facility*) – Instytut Badania Systemów Laserych wysokiej energii;
- OT II – *Office of Technology II* – Biuro Zaawansowanych Technologii.

3. Komponent Morski Sił Kosmicznych

Zadaniem Dowództwa Komponentu Morskiego Sił Kosmicznych jest zapewnienie wsparcia systemów kosmicznych na potrzeby sił morskich w czasie pokoju, kryzysu oraz wojny.

Dowództwo zostało powołane w 1983 r. (miejsce dyslokacji Dahlgren – Virginia). W skład dowództwa wchodzi:

- Sztab, miejsce dyslokacji jak wyżej;
- Dowództwo Komponentu w Point Mugu (California);
- Dowództwo Komponentu w Chesapeake (Virginia).

Centrum Operacyjne Satelitów Sił Morskich (*The Naval Satellite Operations Center* – NAVSOC) jest odpowiedzialne za kontrolę i operacyjne wykorzystanie satelitów. Dowództwo początkowo działało jako Grupa Astronautyczna Sił Morskich (*The Navy Astronautics Group*) od 1962 r., zarządzając systemem nawigacji satelitarnej TRANSIT. Dowództwo wykorzystywało do tego celu naziemne stacje kontrolne w Maine (California) i Guam.

Dowództwo Wsparcia Sił Morskich (*The Fleet Surveillance Support Command*) zostało powołane w 1986 r. w celu nadzoru wykorzystania radarów ponadhoryzontalnych (ROTHR). Początkowo radary te były przeznaczone do ostrzegania dowódców szczebla taktycznego przed pociskami raketowymi dalekiego zasięgu. Radary ROTHR zostały rozmieszczone w Virginii w 1989 r. oraz w Teksasie w 1995.

Centrum Operacyjne Komponentu Morskiego Sił Kosmicznych (*Naval Space Operations Center* – NAVSPOC) znajduje się w Dahlgren (Virginia).

Około milion danych związanych z wykryciem i obserwacją jest rejestrowanych przez czujniki każdego miesiąca. Dane gromadzone są w centralnym komputerze Dowództwa Komponentu Morskiego Sił Kosmicznych w Dahlgren (Virginia). Te dane są przekazywane do jednostek sił morskich oraz Korpusu Piechoty Morskiej.

Dowództwo Komponentu Morskiego Sił Kosmicznych zapewnia całodobową pracę zmianową i stanowi Zapasowe Centrum Kontroli Przestrzeni Kosmicznej.

Systemy pracujące na potrzeby tego centrum wykrywają, identyfikują i śledzą obiekty w przestrzeni kosmicznej, przekazując dane o nich do tysiąca użytkowników.

Na szczeblach taktycznych zadania na korzyść Dowództwa Komponentu Morskiego Sił Kosmicznych są realizowane przez stacje naziemne JTACS (*Joint Tactical Ground Station*), które przy współpracy z systemem wsparcia obronnego DSP, mają możliwość wykrycia celów taktycznych. Stacje te rozmieszczone są na teatrach działań wojennych, posiadają bezpośrednią łączność z dowódcami TDW oraz systemami broni, takimi jak AEGIS, Patriot. Stacje są elementami Taktycznego Systemu Rozpoznawczo-Uderzeniowego.

Zadania w zakresie wielospektralnego rozpoznania fotograficznego realizowane są przez satelity typu LANDSAT, SPOT, IKONOS.

Do łączności wykorzystywany jest głównie system FLTSATCOM oraz LEASAT.

12 czerwca 2002 r. powołano Dowództwo Operacji Kosmicznych Komponentu Morskiego Sił Kosmicznych.

Centra i systemy wsparcia kosmicznego DSK

Na potrzeby Dowództwa Sił Kosmicznych USA utworzone zostały następujące centra:

- Centrum Obrony Przestrzeni Kosmicznej (*Space Defense Operations Center* – SPADOC);
- Centrum Śledzenia Przestrzeni Kosmicznej (*Space Surveillance Center* – SSC);
- Centrum Ostrzegania przed Pociskami Rakietowymi (*Missile Warning Center* – MWC);
- Połączone Centrum Rozpoznania Przestrzeni Kosmicznej (*Joint Space Intelligence Center* – JSIC).

W ramach prowadzenia operacji kosmicznych dowództwo nadzoruje wykorzystanie następujących systemów kosmicznych:

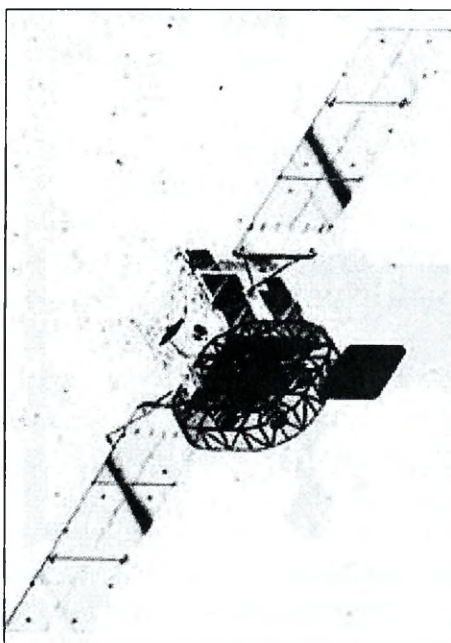
- 1) Łączności Satelitarnej Sił Powietrznych AFSATCOM (*Air Force Satellite Communications System*);
- 2) Łączności Satelitarnej Sił Morskich FLTSATCOM (*Fleet Satellite Communications System*);
- 3) Łączności Satelitarnej DSCS (*Defense Satellite Communications System*);
- 4) Łączności MILSTAR (*Military Satellite Communications System*);
- 5) Nawigacji Satelitarnej TRANSIT (*Transit Maritime Navigation System*);
- 6) Globalnego Systemu Nawigacyjnego GPS (*Global Positioning System*);
- 7) Globalnego Systemu METEO – DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*).

System Łączności Satelitarnej AFSATCOM (Air Force Satellite Communications System) zapewnia globalną łączność UKF dla Sił Powietrznych USA w czasie niemal rzeczywistym¹¹⁰.

System składa się z segmentu kosmicznego i naziemnego. W pierwszym z nich znajdują się terminale zakresu UKF umieszczone na platformach kosmicznych. W skład systemu wchodzi satelity obsługujące powyższy system (AFSATCOM) oraz:

- satelity pracujące na potrzeby systemu łączności Marynarki Wojennej USA (FLTSATCOM – *Fleet Satellite Communication System*);
- satelity wydzierżawione (LEASATCOM – *Leased Satellite Communication System*);
- satelity z urządzeniami analizy danych (SDS – *Satellite Data Systems*);
- satelity systemu DSCS III;
- satelity eksperymentalne Lincoln 8, 9 (LES – *Lincoln Experimental Satellites*).

Segment drugi obejmuje: naziemne, standardowe urządzenia łączności, terminale łączności specjalnej oraz urządzenia łączności „ziemia-samolot”.



Rys. 4.1.5. Satelita systemu AFSATCOM¹¹¹

¹¹⁰ Last FLTSATCOM Satellite Planned For Launch September 22, „Aerospace Daily”, 15 października 1989 r., s. 466; NASA to Launch Navy Communications Satellite, Release 89-145, 18 października 1989.

¹¹¹ Rysunki satelitów oraz ich opisy opracowano na podstawie strony internetowej: <http://www.fas.org/spp/military/program/nssrm/initiatives/afsatcom.htm>

System AFSATCOM wykorzystuje 12 kanałów łączności (kanały 11–22 o szerokości 5 kHz). Sygnały przekazywane w kanałach dla sił powietrznych (11–17) są przetwarzane, co oznacza, że sygnały o częstotliwości 317 MHz nadawane z szybkością 75 b/s są modulowane amplitudowo, przetwarzane, demodulowane i przekazywane na częstotliwości 243 MHz. Standardy przekazu danych (szybkość 75 b/s) wymagają specjalnych terminali. Sygnały przekazywane w kanałach 18–22 nie są przetwarzane, tak jak poprzednio. System AFSATCOM służy do przekazywania następujących danych:

- sygnałów o zagrożeniu (ostrzeżenie i powiadamianie) – EAM (*Emergency Action Message*);
- meldunków o pozycjach samolotów i okrętów;
- meldunków bojowych;
- poleceń naczelnego dowódcy (CINC – *Commander-in-Chief*).

System Łączności Satelitarnej Marynarki Wojennej USA (FLTSATCOM – Fleet Satellite Communications System) zapewnia globalną łączność UKF dla Marynarki Wojennej USA w czasie niemal rzeczywistym.

W skład systemu (segment kosmiczny i segment naziemny) wchodzi m.in.:

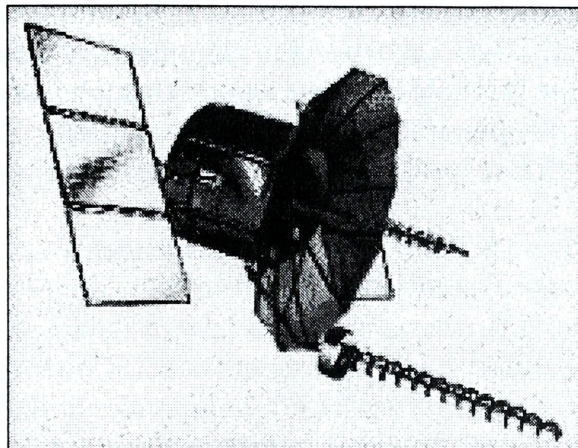
- terminale Sił Lądowych USA – AN/PSC – 5 Spitfire;
- miniaturowe terminale Sił Powietrznych (*Air Force Miniature Air Terminals*);
- miniaturowe terminale Marynarki Wojennej USA (*Navy mini-DAMA Terminals*);
- terminale pracujące w zintegrowanym systemie kontroli wojskowej łączności satelitarnej (JMINI – *The Joint MILSATCOM Network Integrated Control System*);
- terminale do łączności z grupami okrętów bojowych (*Navy Battlegroup*);
- terminale do łączności i rozpoznania specjalnego (*Special Intelligence and Communications*);
- terminal do łączności z prezydentem USA.

Marynarka Wojenna USA wykorzystuje dziesięć kanałów (numeracja 1–10), jeden pojedynczy kanał łączności (25 kHz) i dziewięć zapasowych kanałów (25 kHz).

System AFSATCOM (*Air Force Satellite Communications System*) wykorzystuje dwanaście kanałów (numeracja 11–22) wąskopasmowych (5 kHz) i jeden kanał szerokopasmowy (500 kHz) na potrzeby władz wojskowych (*National Command Authority*) – numer kanału 23.

System FLTSATCOM składa się z pięciu satelitów operacyjnych, które są wykorzystywane przez siły powietrzne, marynarkę wojenną i prezydenta USA.

Każdy satelita wykorzystuje 23 kanały łączności, 10 kanałów dla MW, 12 dla SP i jeden dla prezydenta USA. Żywotność satelity wynosi ok. pięć lat.



Rys. 4.1.6. Satelita systemu FLTSATCOM

Trzy satelity systemu pracują w zakresie częstotliwości UKF. Satelity oznaczone numerami 8 i 9 pracują w zakresie bardzo wysokich częstotliwości (pasmo górne – 44 GHz, dolne – 20 GHz).

Antena satelity systemu FLTSATCOM posiada średnicę 3,3 metra.

Prace nad systemem rozpoczęto w 1972 r. Pięć aktualnie pracujących satelitów zostało wyniesionych na orbitę w latach 1978–1989 przez rakietę nośną *Atlas E*, startującą z przylądka Canaveral. Satelita FLTSATCOM ma średnicę 2,5 m, jego długość wynosi 1,3 m, natomiast średnica głównej anteny wynosi 4,9 m.

Trzy pierwsze satelity systemu FLTSATCOM zostały wystrzelone z przylądka Canaveral i osiągnęły gotowość operacyjną w kolejnych latach: 1978, 1979, 1980. Następne satelity były wystrzeliwane w latach: 1986 (nr 7), 1989 (nr 8), 1998 (nr 9).

Satelita systemu FLTSATCOM posiada:

- 12 nadajników zakresu UKF/SHF;
- antenę odbiorczą zakresu UKF o średnicy 4,9 metra;
- ofsetową antenę nadawczą zakresu UHF;
- eksperymentalne nadajniki wysokich częstotliwości (EHF – *Extremaly High Frequency*) o mocy 20 W (dotyczy tylko satelitów oznaczonych numerami 6 i 7);
- terminale do łączności z Ziemią.

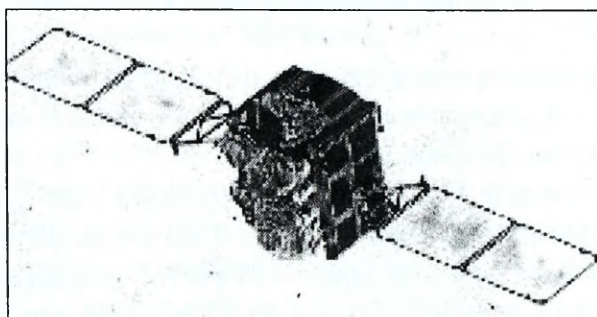
System łączności satelitarnej – DSCS (*Defense Satellite Communications System*) zapewnia łączność odporną na zakłócenia na potrzeby prezydenta, Departamentu Obrony, Sił Lądowych, Sił Powietrznych i Marynarki Wojennej USA, Wielkiej Brytanii, a także niektórych państw NATO. W skład systemu wchodzi:

- segment satelitarny (satelity na orbicie geostacjonarnej na wysokości 22 000 mil);
- segment terminali (635 ruchomych terminali, transpondery pokładowe wyposażone w anteny o średnicy 84 cm, transpondery naziemne – anteny o średnicy 18 m);

– segment kontrolny (pięć centrów kontroli)¹¹².

Segment terminali składa się z dwóch podsystemów. Pierwszy z nich ma osiem anten, które utrzymują łączność na różne sposoby z sześcioma niezależnymi transponderami. Każdy transponder posiada swój ogranicznik, mikser oraz nadajnik, które mogą być konfigurowane, aby zapewnić specyficzny typ przekazu danych dla użytkownika.

W skład drugiego podsystemu wchodzi transponder, który pracuje także na korzyść systemu sił powietrznych (AFSATCOM SCT – *single channel transponder*). Transponder SCT posiada własną antenę nadawczo-odbiorczą zakresu UKF, która może utrzymywać łączność w paśmie częstotliwości X oraz wielowiązkową antenę odbiorczą (*Multi-beam antenna* – MBA). Transponder posiada urządzenie pamięciowe, modulator i demodulator oraz urządzenie przeciwzakłóceńowe.



Rys. 4.1.7. Satelita systemu DSCS III

Osiem satelitów pierwszej generacji (DSCS I) zostało umieszczonych na orbicie w roku 1966. Umieszczanie satelitów DSCS II rozpoczęło się w 1971 r. Od 1983 r. umieszczane są satelity trzeciej generacji – DSCS III¹¹³.

System zapewnia przekazywanie danych (dalekopis, telefon, faks, zdjęcie) w zakresie UKF oraz w paśmie bardzo wysokich częstotliwości (SHF – *Super High Frequency*).

Aktualnie na orbicie znajduje się dziewięć satelitów, z których pięć jest aktywnych, cztery zapasowe. Satelita dokonuje korekcji swojej pozycji na orbicie z dokładnością do 0,1 stopnia. Moc baterii słonecznych wynosi 1240 W. System wyposażony jest także w urządzenia wczesnego wykrywania i powiadamiania.

¹¹² Kostas Liopiros, Edward Lam, *Extremely High Frequency Satellites Offer Flexibility*, „Signal”, wolumen 44, nr 11, July 1990, s. 79. Jack Cushman, „Defense Week”, 19 September 1983. „Defense Daily”, 28 December 1984, s. 284. Space and Missile Systems Center, *Defense Satellite Communications System (DSCS III) Orbital Operations Support Sol F04701-95-R-0013*, „Commerce Business Daily”, Issue No. PSA-1257, 6 January 1995.

¹¹³ *Air Force Magazine*, Air Force Almanac 1997, s. 148.

System DSCS i MILSTAR należą do systemów nowej generacji o zaawansowanych technologiach przekazu danych. Satelity DSCS III posiadają większe możliwości techniczne oraz są odporne na zakłócenia.

System jest zarządzany przez Dowództwo Kosmiczne SP (*Air Force Space Division*) w Los Angeles.

Tabela 4.1.1

Aktualne położenie satelitów

Rejon satelity	DSCS III model	Długość geograficzna (stopnie)
Wschodni Pacyfik (główny)	B-14	135 W
Wschodni Pacyfik (zapasowy)	A-1	130 W
Zachodni Atlantyk (główny)	B-7	52,5 W
Zachodni Atlantyk (zapasowy)	B-4	42,5 W
Wschodni Atlantyk (główny)	B-12	12 W
Ocean Indyjski (główny)	B-10	60 E
Ocean Indyjski (zapasowy)	A-2	57 E
Zachodni Pacyfik (główny)	B-9	175 E
Zachodni Pacyfik (zapasowy)	B-5	180 E

System DSCS III pracuje w zakresie pasma X (pasmo górne 7900–8400 MHz, pasmo dolne 7250–7750 MHz). Ze względu na możliwości transponderów pasmo częstotliwości jest podzielone na sześć zakresów.

Łączność utrzymywana jest za pomocą transponderów, które mogą przekazywać i odbierać dane przy wykorzystaniu różnych typów anten. Sygnały nie są przekazywane dotąd, dopóki nie zostaną zmodulowane lub zdemodulowane.

Cztery kanały mają szerokość pasma częstotliwości wynoszącą 60 MHz, kanał trzeci 85 MHz, a kanał szósty 50 MHz. Użyteczna szerokość pasma częstotliwości wynosi 375 MHz. Pomiędzy tymi kanałami zachowano pasmo kontrolne 25 MHz. W każdym kanale częstotliwość górna transmisji wynosi 725 MHz, a częstotliwość dolna, za wyjątkiem kanału szóstego, 200 MHz. Satelity DSCS III (B-9, B-10, B-12, B-14) oraz A-3, B-6, B-8, B-11 i B-13 posiadają ulepszone możliwości, a ich użyteczne pasmo częstotliwości wynosi 405 MHz.

Tabela 4.1.2

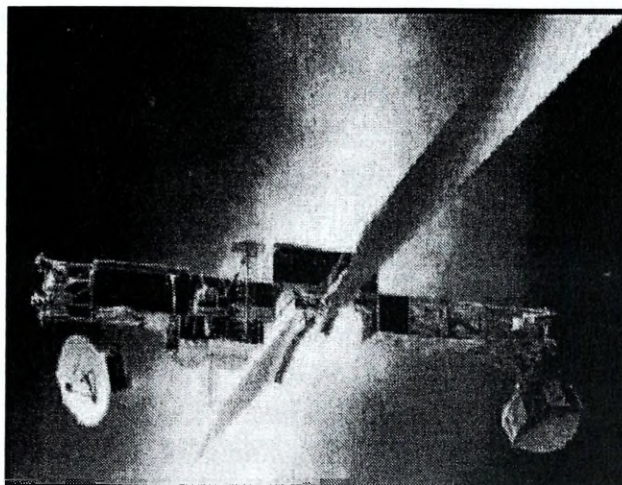
Dane satelitów DSCS III

Wyszczególnienie	DSCS III	DSCS III SLEP
Moc użyteczna	Przekaz analogowy – 27 dBW cyfrowy – 40 dBW	–
Moc wyjściowa	40 W, kanały 1–2 10 W, kanały 3–6	50 W, Kanały 1–6
Pierwsza częstotliwość (przekaz analogowy)	7600 MHz	7600 MHz
Druga częstotliwość (przekaz cyfrowy – Beacon)	7604 MHz	7604,70 MHz
Waga satelity	1950 funtów (2550 funtów z paliwem)	–
Rozmiar	Główna konstrukcja Długość z panelami – 9,2 stopy, Szerokość – 6,3 stopy Wysokość – 6,4 stopy (bez wierzchołków anteny) Baterie słoneczne (jarzmo – 15,9 stopy, maksym. wymiar – 38,1 stopy)	Główna konstrukcja Długość z panelami – 9,2 stopy Szerokość – 6,3 stopy Wysokość – 6,4 stopy (bez wierzchoł- ków anteny) Baterie słoneczne (jarzmo – 15,9 stopy, maks. wymiar – 38,1 stopy)
Okres używalności	10 lat	10 lat

Szerokość pasma częstotliwości kanału pierwszego będzie wynosić 50 MHz, drugiego 75 MHz, czwartego 85 MHz. Pasmo kontrolne wynosi 15 MHz dla kanału 1, 2, 3 i 4 oraz 25 MHz dla kanału 4, 5 i 6.

System łączności satelitarnej MILSTAR (Military Satellite Communications System) zapewnia łączność globalną oraz bezpieczeństwo przekazu danych w czasie pokoju oraz wojny. Jest odporny na zakłócenia. Konstelacja satelitów gwarantuje łączność prezydentowi, naczelnemu dowódcy (CINC), dowództwom rodzajów sił zbrojnych oraz pojedynczym użytkownikom, takim jak: okręt, samolot, stacja naziemna.

System MILSTAR jest systemem łączności o zaawansowanych technologiach, który będzie spełniał standardy łączności w przyszłości. System składa się z czterech satelitów operacyjnych, umiejscowionych na orbitach geostacjonarnych. Satelita waży około 4,8 ton, a jego okres używalności wynosi około 19 lat. Pierwszy satelita MILSTAR został umieszczony na orbicie 7 lutego 1994 r. przez rakietę nośną *Titan IV*. Kolejny był wystrzelony 5 listopada 1995 r. Z chwilą wystrzelenia trzeciego satelity w 1999 r. system zwiększył swoje możliwości w zakresie łączności, ze względu na dodatkowe terminale o szybszym przekazie danych.



Rys. 4.1.8. Satelita systemu MILSTAR

Każdy satelita systemu ma możliwość przekazu danych do wszystkich terminali na kuli ziemskiej. Terminale zapewniają cyfrową, kodowaną łączność za pomocą telefonów, dalekopisów i faksów.

System składa się z trzech segmentów:

- segmentu kosmicznego (cztery satelity łączności);
- segmentu użytkowników (terminale);
- segmentu kontrolnego.

Dowództwo Kosmiczne Sił Powietrznych oraz Centrum Międzykontynentalnych Pocisków Balistycznych w Los Angeles (Kalifornia) są odpowiedzialne za segment kosmiczny i kontrolny. Centrum Systemów Elektronicznych w Hanscom (Massachusetts) jest odpowiedzialne za segment wykorzystywany przez siły powietrzne USA.

4 Eskadra Operacji Kosmicznych w Schriever (Kolorado) jest odpowiedzialna za przekaz danych w czasie niemal rzeczywistym.

Tabela 4.1.3

Dane satelity MILSTAR

Waga satelity:	4,8 tony (10 000 funtów)
Wysokość orbity	22 250 mil
Moc	8000 W
Sposób przekazu	Głos, dane, tekst dalekopisowy, fax
Przekaz standardowy	75–2400 b/s
Przekaz szybki	4800 – 1 544 000 b/s
Rakieta nośna	Titan IVB/Centaur

System Nawigacji Satelitarnej TRANSIT (znany także pod nazwą *Navy Navigation Satellite System – NNSS*) został zbudowany w latach 1958–1962 przez Laboratorium Fizyki Stosowanej (*Applied Physics Laboratory – APL*) Uniwersytetu Johna Hopkinsa.

TRANSIT był przez 35 lat (do 31 grudnia 1996 r.) używany do dokładnej nawigacji satelitarnej, przede wszystkim na potrzeby sił morskich USA. W roku 1967 został udostępniony użytkownikom cywilnym. Oprócz zastosowań nawigacyjnych służył także jako pomoc geodezyjna i źródło częstotliwości wzorcowej. Do nawigacji lotniczej się nie nadawał ze względu na długi czas pomiaru danych (od 6 do 18 minut). Oprócz tego przelicznik wymagał wprowadzenia danych o prędkości i wysokości anteny odbiorczej nad poziomem morza.

Dla systemu TRANSIT opracowano wiele nowych technologii, m.in. stabilizacji częstotliwości, synchronizacji odbiornika z zegarem satelity za pomocą danych efemerycznych, czy kontroli i korekcy działania układów nawigacyjnych satelity przez naziemne stacje kontrolne (sieć NAVSOC – *Naval Satellite Operations Center*). Segment satelitarny składał się z sześciu satelitów. Najpierw był to satelita typu *Oscar*, później *Nova* i ulepszony *Oscar* – SOOS (*Stacked Oscars on Scout*), czyli dwa satelity Oscar wynoszone jedną rakieta *Scout*. Ostatnie dwa satelity konstelacji TRANSIT, SOOS-4, zostały wysłane w kosmos w sierpniu 1988 r. Satelity emitowały sygnały na częstotliwościach 150 MHz i 400 MHz. Ich dane były uaktualniane dwa razy dziennie, przy okazji odbioru danych telemetrycznych przez stacje kontrolne. Dokładność systemu była stopniowo polepszana od 900 m w roku 1962, 185 m w 1969, do 36 metrów w roku 1971. Ocenia się, że wyprodukowano około 80 000 odbiorników nawigacyjnych i geodezyjnych systemu TRANSIT.

Ogółem zostało wystrzelonych trzynaście satelitów systemu TRANSIT. W maju 1969 r. Marynarka Wojenna USA umieściła na orbicie pierwszego satelitę serii TIMATION. Projekt TIMATION od 1973 roku połączony został z projektem systemu USAF 621B, co dało początek projektowi Systemu Globalnej Nawigacji, początkowo jako DNSS (*Defense Navigation Satellite System*), a następnie GPS (*Global Positioning System*).

Globalny System Nawigacji Satelitarnej GPS NAVSTAR (*Global Positioning System, Navigational Satellite Time and Ranging*) początkowo podlegał Dowództwu Sił Powietrznych USA, które rozpoczęło jego projektowanie w 1964 r. W grudniu 1973 roku rozpoczęto pierwszą fazę realizacji projektu oraz próby technologiczne. Pierwsze satelity systemu GPS NAVSTAR zostały umieszczone na orbitach w 1981 roku.

W chwili obecnej system GPS NAVSTAR jest utrzymywany przez wiele służb, ale kieruje nim Departament Obrony USA (DOD¹¹⁴).

Do prowadzenia badań nad rozwojem tego systemu zostały wyznaczone Siły Powietrzne USA. W związku z tym cały system GPS NAVSTAR jest zarządzany

¹¹⁴ DOD – ang. *Department of Defense*.

przez Dowództwo Systemów Sił Powietrznych (AFSC¹¹⁵) poprzez Połączone Biuro Programu GPS (JPO), zlokalizowane w Kwaterze Głównej Oddziału Systemów Kosmicznych¹¹⁶ w bazie w Los Angeles. W skład Połączonego Biura Programu wchodzi przedstawiciele: Sił Powietrznych, Marynarki Wojennej, Sił Lądowych, Korpusu Piechoty Morskiej, Straży Wybrzeża¹¹⁷, Agencji Kartograficznej Departamentu Obrony¹¹⁸, państw NATO i Australii.

Globalny system nawigacyjny składa się z trzech zasadniczych komponentów: zespołu satelitarnego, zespołu nadzoru oraz zespołu wyposażenia indywidualnego użytkowników.

Zespół satelitarny (rys. 4.1.9) obejmuje 24 satelity (21 czynnych i 3 rezerwowe), umieszczone na kołowych orbitach o wysokości 20 183 km nad powierzchnią ziemi, nachylonych pod kątem 63° do płaszczyzny równika. Satelity rozmieszczone są na sześciu orbitach kołowych, po cztery na każdej. Czas obiegu orbity wynosi około 12 godzin. Obserwator na Ziemi zaobserwuje tę samą konstelację satelitów codziennie, prawie o tej samej porze. Każdego dnia konstelacja powtarza się o cztery minuty wcześniej z powodu różnicy pomiędzy okresem obiegu satelitów a długością doby słonecznej. Satelity umieszczone są tak, że co najmniej 5 będzie widocznych z każdego punktu Ziemi z prawdopodobieństwem 0,9996. Taka konfiguracja umożliwia, z małymi wyjątkami, wyznaczenie pozycji dowolnego miejsca na powierzchni Ziemi w dowolnym momencie doby. Na nielicznych i niewielkich obszarach wyznaczenie pozycji trójwymiarowej jest niemożliwe w okresie nie dłuższym niż około 20 minut w ciągu doby. Na rysunku 4.1.10 przedstawiono wygląd pojedynczego satelity.

Zespół nadzoru składa się z Głównej Stacji Nadzoru (MCS¹¹⁹) w Bazie Sił Powietrznych Falcon w Colorado Springs i stacji monitorujących na Hawajach, w Kwajalein, Diego Garcia i Ascesion. Wszystkie stacje monitorujące wyposażone są w anteny do łączności dwustronnej z satelitami. Stacje monitorujące biernie śledzą wszystkie widoczne satelity. Dane ze stacji monitorujących przesyłane są do MCS, gdzie wyznaczane są efemerydy satelitów i parametry ich zegarów. MCS okresowo przesyła satelitom efemerydy i poprawki zegara w celu ich retransmisji w depeszy nawigacyjnej.

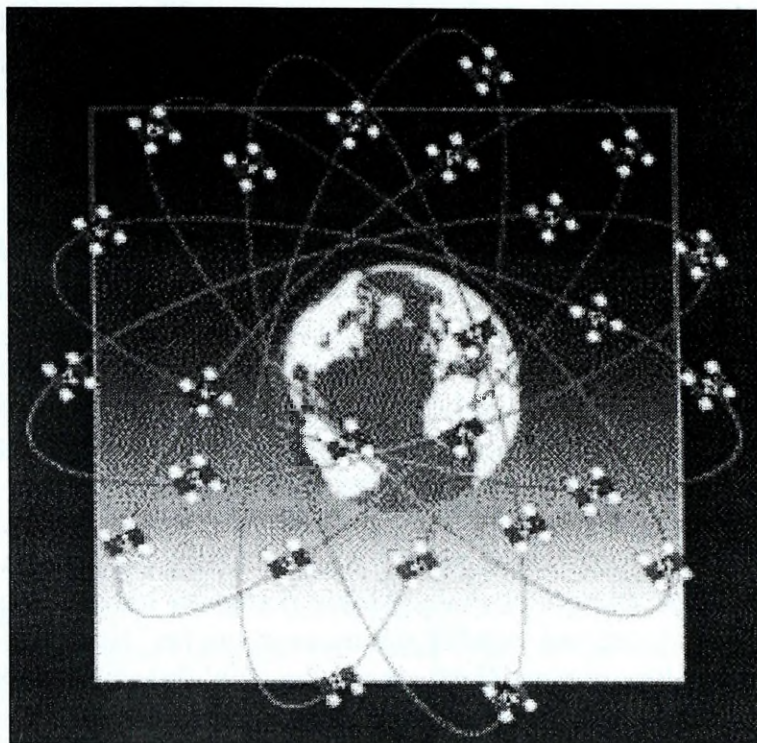
¹¹⁵ AFSC – ang. *Air Force System Command*.

¹¹⁶ USAF, SSD – ang. *US Air Force, Space Systems Division*.

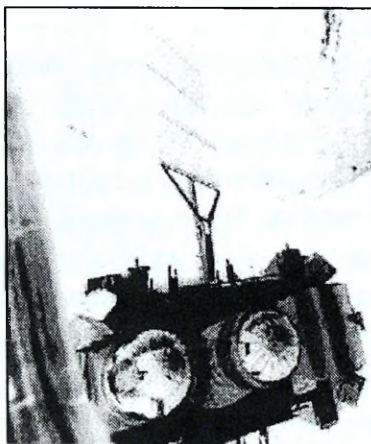
¹¹⁷ *US Coast Guard*.

¹¹⁸ US DMA – ang. *US Defence Mapping Agency*.

¹¹⁹ MCS – ang. *Master Control Station*.



Rys. 4.1.9. Zespół satelitarny



Rys. 4.1.10. Satelita systemu GPS NAVSTAR

Zespół użytkowników składa się z różnorodnych wojskowych i cywilnych¹²⁰ odbiorników GPS zaprojektowanych w taki sposób, aby była możliwość odbierania, dekodowania i przetwarzania sygnałów GPS. Są to odbiorniki samodzielnie

¹²⁰ Decyzją Kongresu Stanów Zjednoczonych, GPS NAVSTAR został dopuszczony do powszechnego użytku w zastosowaniach cywilnych bez potrzeby uzyskiwania indywidualnych zezwoleń i wnoszenia opłat związanych z korzystaniem z systemu.

funkcjonujące lub wbudowane w inne systemy. Zastosowania obejmują nawigację (powietrzną, morską, lądową), wyznaczanie pozycji, transfer czasu, pomiary geodezyjne i wiele innych. Ze względu na wielorakie zastosowania odbiorniki różnią się funkcjami i konstrukcją. Struktura sygnału satelitarnego umożliwia odbiornikowi wyznaczenie czasu, jaki upłynął od momentu wysłania do momentu odbioru i określenie w ten sposób odległości pomiędzy użytkownikiem a satelitą. Dane nawigacyjne służą odbiornikowi do określenia położenia satelity w momencie nadawania sygnału. Odległości do satelitów i ich współrzędne są wystarczającymi danymi do wyznaczenia położenia odbiornika. Dla trójwymiarowego określenia położenia odbiornika potrzebne są dane z czterech satelitów, ponieważ oprócz trzech współrzędnych należy wyznaczyć również poprawkę zegara odbiornika.

Burzliwy rozwój techniki GPS stał się możliwy dzięki rozwojowi mikroelektroniki i elektronicznej techniki obliczeniowej. Na początku lat osiemdziesiątych urządzenia odbiorcze systemu ważyły kilkanaście kilogramów, zajmowały objętość rzędu kilkuset litrów. Przełom nastąpił w momencie, gdy postęp w wytwarzaniu układów scalonych umożliwił wykorzystanie cyfrowych technik przetwarzania sygnału. We współczesnych odbiornikach układy analogowe wykorzystywane są jedynie w celu wzmocnienia sygnału. Na potrzeby cyfrowego przetwarzania sygnału wykorzystuje się specjalizowane mikroukłady próbujące sygnał z częstotliwością do kilkudziesięciu MHz. Pracę tych mikroukładów nadzorują procesory o bardzo dużej szybkości przetwarzania danych. Regułą jest implementowanie w odbiornikach GPS oprogramowania wielozadaniowego pracującego w czasie rzeczywistym. Przełączanie zadań odbywa się z częstotliwością rzędu 1 kHz. Współczesne najmniejsze i najprostsze odbiorniki, przeznaczone dla potrzeb nawigacyjnych, ważą nie więcej niż kilkaset gramów i mogą być trzymane w dłoni.

Nastąpił zatem gwałtowny rozwój urządzeń współpracujących z systemem GPS NAVSTAR. Najtańsze urządzenia współpracujące z systemem, które wykorzystywane są w nawigacji, kosztują zaledwie kilkaset dolarów. Natomiast urządzenia przeznaczone dla pomiarów geodezyjnych należą do najdroższych, a ich ceny sięgają kilkudziesięciu tysięcy dolarów. Oprócz samodzielnych urządzeń producenci oferują również karty (np. IBM PC lub PCMCIA), przeznaczone do integracji z komputerem¹²¹.

System Globalnej Nawigacji GPS NAVSTAR umożliwia¹²²:

- wyznaczanie w czasie rzeczywistym pozycji obiektów sił lądowych, morskich, lotniczych, kosmicznych (określenie pozycji z dokładnością do 1 metra; pomiar prędkości z dokładnością do 0,1 m/s, pomiar czasu z dokładnością do 100 ns);

¹²¹ P. Frączyk, G. Modliński, *Opis systemu GPS, NAVI*, 1996.

¹²² J. Janczak, G. Nowacki, W. Scheffs, *Możliwości wykorzystania Systemu Globalnej Nawigacji Satelitarnej GPS NAVSTAR w Wojskach Lądowych RP*, praca naukowo-badawcza, AON, Warszawa 1999.

– tworzenie bazy informacji geograficznej oraz dokonywanie szybkich pomiarów kartograficznych¹²³. Odbiorniki wyposażone w odpowiednie oprogramowanie umożliwiają rejestrację informacji o terenie pola walki, która jest skojarzona z aktualną pozycją. Opracowanie danych z odbiornika GPS ma miejsce zazwyczaj po sesji pomiarowej, z wykorzystaniem danych zarejestrowanych przez odbiornik i stację referencyjną. Pojedynczy pomiar trwa od kilku do kilkudziesięciu sekund, a uzyskiwana dokładność wyznaczenia pozycji jest rzędu metra lub lepsza;

– dokonywanie pomiarów geodezyjnych statycznych¹²⁴. Na potrzeby geodezyjne wyznacza się wektory o długościach do kilkuset kilometrów, przy dokładności pomiaru długości wektora rzędu kilku milimetrów. Pomiar taki wykonuje się przy użyciu pary odbiorników. Czas wykonania pomiaru jest zależny od odległości pomiędzy odbiornikami oraz od warunków widoczności satelitów. Pomiaru wykonywane techniką GPS stanowią istotną konkurencję dla pomiarów geodezyjnych wykonywanych metodami tradycyjnymi, a przy tworzeniu sieci wyższego rzędu są regułą ze względu na dokładność i niskie koszty;

– wykonywanie pomiarów geodezyjnych kinematycznych¹²⁵. W pomiarach tego typu wykorzystuje się fakt, iż przemieszczenia anteny odbiornika GPS, nie tracącej kontaktu z sygnałami satelitarnymi, mogą być natychmiast wyznaczone z dużą dokładnością. Rozpoczynając pomiar od punktu o znanych współrzędnych można wyznaczać pozycje kolejnych punktów z dokładnością centymetrową, z czasem pobytu na punkcie rzędu kilku sekund. Zasadniczą różnicą, istotną dla użytkownika przy wyborze odpowiedniego typu urządzenia, jest sposób rozpoczęcia pomiarów kinematycznych. Proces odbioru w odbiornikach dwuczęstotliwościowych może być inicjowany w locie, co w praktyce oznacza, iż odbiornik może rozpoczynać i kontynuować pracę w trybie kinematycznym bez potrzeby umieszczania anteny na punkcie o znanych współrzędnych. Dla inicjacji odbiornika jednoczęstotliwościowego niezbędne jest umieszczenie anteny na punkcie o znanych współrzędnych. W przypadku braku takiego punktu niezbędne jest wykonanie pomiaru metodą Static lub Fast Static;

– wyznaczanie orientacji. Odbiornik GPS wykorzystujący sygnały dochodzące z kilku anten umożliwia wyznaczanie orientacji obiektu, np. przechylenia bocznego i wzdłużnego samolotu, okrętu lub innego obiektu;

– wykonywanie innych pomiarów. Często, specyficzne warunki pola walki wymagają dokładnych danych związanych z przemieszczaniem stanowisk dowodzenia, obiektów wojskowych, konstrukcji inżynieryjno-saperskich z dużą dokładnością.

Odpowiednie rozmieszczenie satelitów na orbitach zapewnia jednoczesny odbiór sygnałów z czterech satelitów z dowolnego miejsca na kuli ziemskiej. Do

¹²³ GIS – ang. *Geographic Information System*.

¹²⁴ *Static, Fast Static*.

¹²⁵ *Kinematic, Stop & Go*.

określenia położenia własnego przy pomocy trzech współrzędnych oraz prędkości konieczny jest jednocześnie odbiór sygnałów z trzech różnych satelitów, a do precyzyjnego pomiaru czasu i korekcji zegara synchronizującego odbiornika – z czterech satelitów.

Każdy satelita systemu GPS nieprzerwanie emituje sygnały nawigacyjne na dwóch częstotliwościach nośnych. Są to sygnały pseudolosowe, modulowane fazowo w postaci dwóch ciągów kodowych:

- kod precyzyjny PPS (*Precise Positioning Service*), który służy do dokładnego wyznaczenia pozycji i jest dostępny dla użytkowników wojskowych, błąd w określaniu położenia wynosi 1 m;

- kod standardowy SPS (*Standard Positioning Service*), który służy do wyznaczenia pozycji i jest dostępny dla użytkowników cywilnych, błąd w określaniu położenia wynosi 100 m.

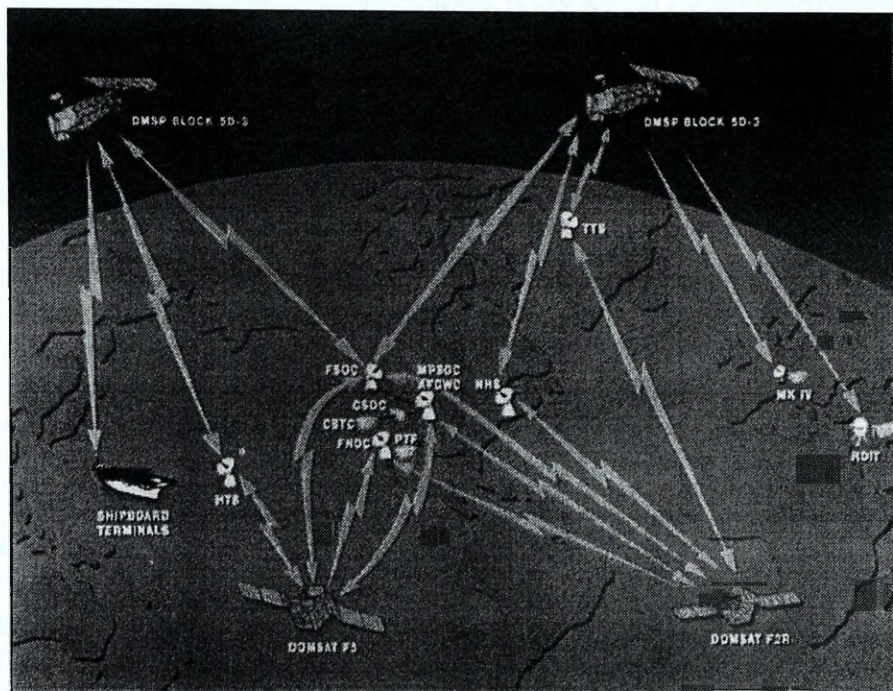
Wojskowe odbiorniki mają być uzupełnione o urządzenia do interpretacji tajnego kodu, który koryguje sztucznie narzucone błędy zegarów i pozwala w pełni wykorzystać założoną dokładność systemu. Znacznie precyzyjniejsze pomiary uzyskano dzięki korekcji błędów zegarów atomowych GPS. Technika, którą posłużyli się naukowcy z Haystack i MIT, była bardzo prosta. Polegała ona na odbiorze w pewnym dokładnie ustalonym miejscu (o znanych współrzędnych) sygnałów docierających z kilku orbitujących nadajników. Znając ich pozycje naukowcy mogli z łatwością porównać mierzone pseudoodległości z obliczonymi odległościami rzeczywistymi. Różnica między tymi dwiema wielkościami wyznaczała błąd chronometru pokładowego powiększony o niedokładność zegara stosowanego w naziemnej stacji odbiorczej. Procedura zakładała jednocześnie pomiar odległości przez kilka satelitów, dzięki czemu można było podać z osobna wszystkie potrzebne wartości błędów: zegara naziemnego i poszczególnych zegarów atomowych.

Przy wykorzystaniu różnicowego GPS precyzja dla sprzętu powszechnego użytku wynosi około 1 m, a dla specjalistycznego około 1 cm. Różnicowy GPS zabezpiecza ominięcie wprowadzonych przez twórców systemu zabezpieczeń. Nieruchoma stacja o znanej lokalizacji ustala błędy czasowe sygnałów z kosmosu (czerwony) i poprawki (niebieski) i przekazuje je przez radio do znajdujących się w pobliżu odbiorników ruchomych. Metoda ta pozwala zmniejszyć błąd lokalizacji ze 100 m (w wypadku użytkowników cywilnych) do 1 m, a nawet do 1 cm. Szeroka dostępność różnicowego GPS stała się przyczynkiem do dyskusji nad dalszym kodowaniem sygnałów nawigacyjnych. Samo szyfrowanie jest drogie i zmusza rządy różnych państw do nakładów finansowych na wydawanie poprawek i nadawanie ich przez radio. Jak wskazują ostatnie wydarzenia militarne w rejonie Zatoki Perskiej, Departament Obrony zdecydował się wyłączyć zabezpieczenia systemu GPS. Powodem wyłączenia był brak odpowiedniej liczby „utajnionych” odbiorników, podczas gdy sprzęt cywilny był ogólnodostępny.

Satelitarny system meteorologiczny DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*) zapewnia przekaz danych meteorologicznych w czasie niemal rzeczywi-

stym na potrzeby Departamentu Obrony oraz innych rządowych agencji. Składa się z następujących segmentów:

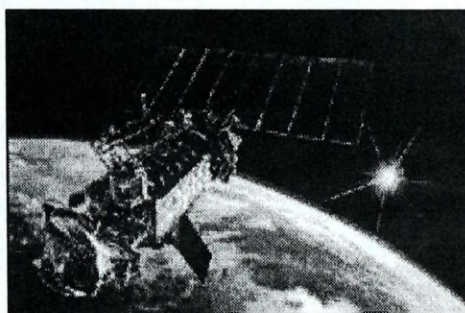
- kosmicznego;
- dowodzenia, kontroli i łączności – C3S (*Command, Control and Communications Segment*);
- użytkowników.



Rys. 4.1.11. Sieć DMSP

Program DMSP znany był wcześniej jako Program Zbierania i Przetwarzania Danych – DAPP (*Data Acquisition and Processing*) i był utajniony do marca 1973 r.

Celem tego programu jest prowadzenie globalnych obserwacji chmur i powierzchni Ziemi w paśmie wizualnym i podczerwonym.



Rys. 4.1.12. Satelita DMSP – F13 wyniesiony na orbitę w 1995 r.

Satelity systemu DMSP umieszczane są na orbitach synchronicznych. Satelita podzielony jest na 4 części:

- 1) precyzyjnie zamontowana platforma z czujnikami i sprzętem wymagającym dokładnej regulacji;
- 2) moduł zawierający stabilizator żyroskopowy oraz czujniki meteorologiczne;
- 3) człon zawierający silnik trzeciego stopnia rakiety i wyposażenie kontrolne;
- 4) panel baterii słonecznych o powierzchni 9,29 m².

Satelita dokonuje korekcy swojej pozycji na orbicie. Satelity serii *Block 5D* posiadały urządzenie korygujące pozycję z dokładnością do 0,01 stopnia, czujniki temperatury i wilgotności oraz magnetometr. Dane były nagrywane lub przesyłane w czasie rzeczywistym do ośrodków naziemnych poprzez dwa równorzędne nadajniki (pasmo S). Stacje odczytowe znajdują się w Fairchild AFB (Washington) i w Loring AFB (Maine). Dane były dalej przesyłane przez system SATCOM do centrum w bazie SP USA w Offutt (Nebraska). Dane odczytywane w trybie rzeczywistym były odbierane przez ruchome stanowiska taktyczne rozmieszczone na całym świecie.

Obecnie satelity DMSP są również częścią międzynarodowej sieci IPN3 (*Interplanetary Network 3*), zbudowanej w celu lokalizacji błysków promieniowania gamma.

Urządzenia systemu poszukiwania liniowego OLS (*Operational Linescan System*) znajdują się na statkach serii *DMSP Block 5D*. Ich zadaniem jest prowadzenie dziennych i nocnych obserwacji pokrywy chmur oraz temperatury. Do tego celu służy teleskop optyczny oraz radiometr. Radiometr pracował w dwóch podzakresach długości fal (widzialnym 0,4–1,1 um, termicznym 10,2–12,8 um). Dane, wraz z przetwarzaniem pokładowym, opracowywane były na cztery sposoby:

- 1) widzialny dokładny (LF – *light fine*);
- 2) termiczny dokładny (TF – *thermal fine*) z rozdzielczością 560 m;
- 3) widzialny ogólny (LS – *light smoothed*);
- 4) termiczny ogólny (TS – *thermal smoothed*) z rozdzielczością 2,8 km.

4.2. Wojska Kosmiczne Federacji Rosyjskiej

Wojska Kosmiczne Federacji Rosyjskiej powstały oficjalnie 10 sierpnia 1992 r., nieco ponad trzy miesiące po sformowaniu Sił Zbrojnych Federacji Rosyjskiej¹²⁶. Włączone zostały w skład Strategicznych Wojsk Raketowych. Do ich zadań należy utrzymywanie w gotowości operacyjnej trzech kosmodromów: Bajkonur, Plesieck i Swobodnyj. W podporządkowaniu tych sił znalazły się wówczas: Akademia Inżynieryjna Sił Kosmicznych w St. Petersburgu, Centralny Instytut Naukowo-Badawczy Technologii Kosmicznych, Dowództwo Sił Kosmicznych, obejmujące

¹²⁶ Wcześniej oczywiście funkcjonowały w strukturach Sił Zbrojnych Związku Radzieckiego.

Centrum Kontroli Satelitów (Główne Stanowisko Kierowania)¹²⁷ w Golicyno-2 pod Moskwą i inne obiekty na terytorium całej Rosji, jak np. Centrum Kontroli Lotów w Kaliningradzie.

W styczniu 2001 r. prezydent Putin podjął decyzję o wydzieleniu jednostek sił kosmicznych z podporządkowania Strategicznych Sił Raketowych. Wszystkie siły kosmiczne i obrony kosmicznej włączone zostały do nowo utworzonego samodzielnego rodzaju sił zbrojnych, które zaczęły funkcjonować 1 czerwca 2001 r. Na dowódcę tych sił wyznaczony został trzygwiazdkowy generał, Anatolij Perminow.

Za podstawowe zadanie samodzielnych Wojsk Kosmicznych uznano zapewnienie ciągłej pracy systemów satelitarnych, głównie wczesnego ostrzegania o napadzie raketowym.

W dyspozycji Wojsk Kosmicznych Federacji Rosyjskiej znajdują się:

- system rozpoznania obrazowego (IMINT);
- system rozpoznania sygnałów elektromagnetycznych (SIGINT);
- system wczesnego wykrywania i ostrzegania (WARNING);
- system przeciwraketowy (ASAT).

System rozpoznania obrazowego. Od 1962 do 1994 r. ZSRR, a następnie FR umieściła więcej niż 800 satelitów rozpoznania fotograficznego na orbitach wokół Ziemi (25 satelitów zostało straconych). Satelity te wykonywały zadania od kilku do 400 i więcej dni. W latach 1993–1994 tylko kilka satelitów rozpoznawczych (wojskowych) zostało umieszczonych na orbicie. Jakkolwiek więcej niż dwa satelity były w tym okresie cały czas aktywne.

Pierwszym satelitą rozpoznania fotograficznego był *Kosmos 4* wystrzelony w 1962 r. Aktualnie aktywnych jest 6–7 satelitów rozpoznania fotograficznego. Wszystkie te satelity są umieszczane na orbicie za pomocą statku-rakiety nośnej *Sojuz U/U2* z kosmodromu Bajkonur lub Plesieck.

Rosyjskie satelity znajdują się na orbitach ziemskich pod kątem 63–83 stopnie. Wysokość satelitów jest średnio zmieniana co 7–10 dni. Były to satelity czwartej generacji „Yantar”. Satelity piątej generacji mają ustalone perygeum między 80 a 110 stopni.

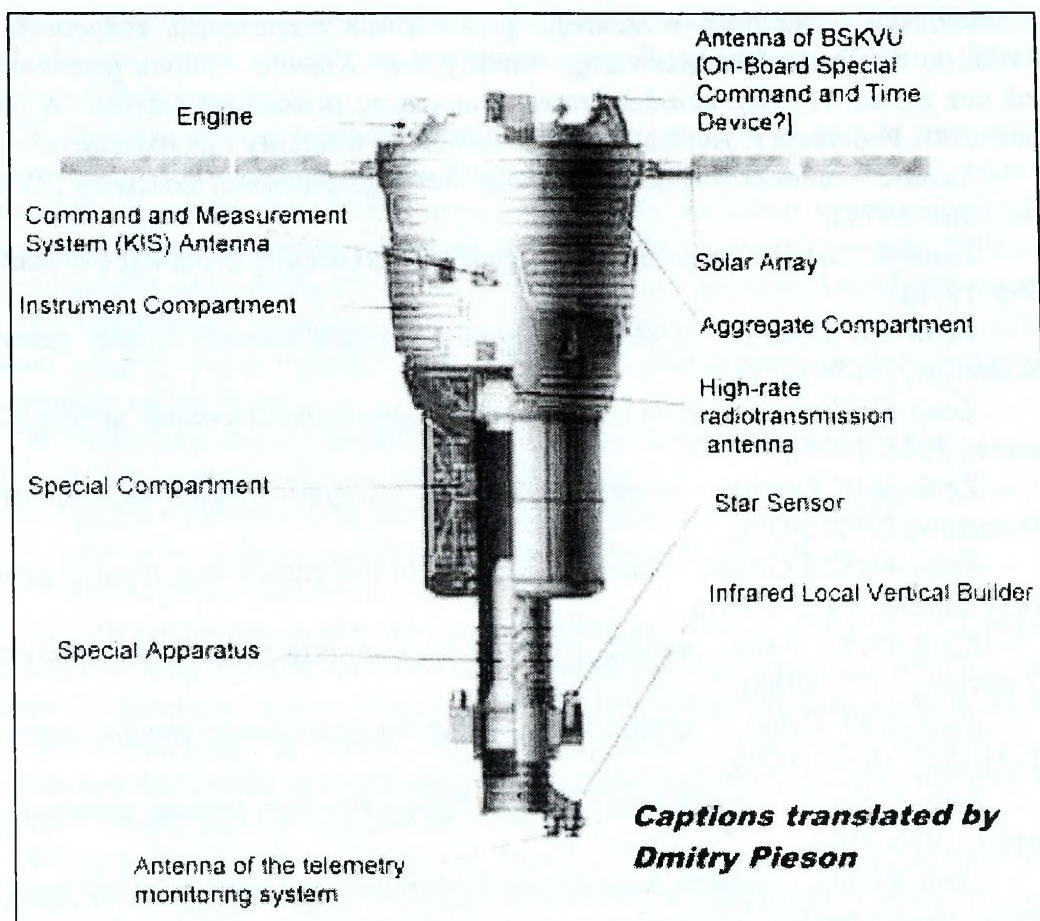
Satelity szóstej generacji rozpoczęły działalność jako „Kosmos 2031” w 1989 r. Nachylenie satelity tej generacji wynosiło 50,5 stopnia. Satelity piątej generacji były wykorzystywane w latach 1982–1988. Satelity szóstej generacji wykorzystywane były w latach 1989–1993. W ich wyposażeniu znajdowały się urządzenia transmisji cyfrowej oraz kapsuła powrotna z filmem. Wystrzeliwane były z kosmodromu Bajkonur i umieszczane za pomocą rakiety *Sojuz-U2*. Każdy z satelitów był umieszczany na orbicie o nachyleniu 64,8–64,9 stopni na wysokości 240–260 km.

W sierpniu 1994 r. został wystrzelony satelita siódmej generacji „Kosmos 2290”. Rakieta *Zenit-2* wyniosła go na orbitę o nachyleniu 64,8 stopni na wysokości 212–292 km. Satelita był aktywny przez 221 dni i jego działalność nie odbiegała od poprzednich satelitów.

¹²⁷ Wykorzystywane także do kierowania misjami satelitów cywilnych.

Radziecka działalność w zakresie prowadzenia rozpoznania rozpoczęła się w 1962 r. wystrzeleniem pierwszego satelity serii *Kosmos*. Nazwa pozostała do dziś bez zmian, chociaż zmodernizowano aparaturę pokładową satelity. W latach 1961–2001 Federacja Rosyjska posiadała następujące satelity rozpoznawcze:

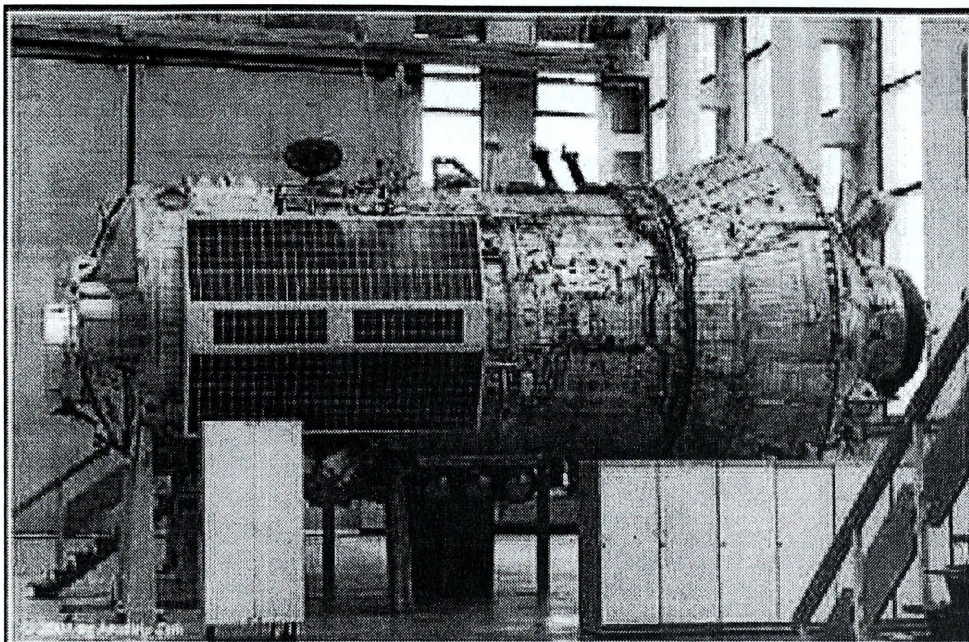
- Zenit-2 – satelita rozpoznania fotograficznego pierwszej generacji (81 startów, 1961–1971);
- Zenit-4 – satelita rozpoznania fotograficznego drugiej generacji (76 startów, 1963–1970);
- Zenit-2M Gektor – satelita rozpoznania fotograficznego drugiej generacji (96 startów, 1968–1979);
- Zenit-4M Rotor – satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (61 startów, 1968–1974);
- Zenit-4MK Germes – satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (80 startów, 1969–1977);
- Zenit-4MKM Gerakl – Satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (39 startów, 1977–1980);
- Zenit-4MKT Fram – satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (27 startów, 1975–1985);
- Zenit-4MT Orion – satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (61 startów, 1968–1974);
- Zenit-6 Argon – satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (91 startów, 1976–1984);
- Zenit-8 Oblik – satelita rozpoznania fotograficznego trzeciej generacji (101 startów, 1984–1994);
- Yantar-1KFT – satelita rozpoznania fotograficznego czwartej generacji (20 startów, 1981–2000);
- Yantar-2K Fenix – satelita rozpoznania fotograficznego czwartej generacji (30 startów, 1974–1983);
- Yantar-4K1 Oktan – satelita rozpoznania fotograficznego czwartej generacji (12 startów, 1979–1983);
- Yantar-4K2 Kobalt – satelita rozpoznania fotograficznego czwartej generacji (81 startów, 1981–2001);
- Yantar-4KS1 Terilen – satelita rozpoznania fotograficznego piątej generacji (15 startów, 1982–1990);
- Don – satelita rozpoznania fotograficznego szóstej generacji (6 startów, 1989–1997);
- Arkon – satelita rozpoznania fotograficznego siódmej (nowej) generacji (1 start, 1997);
- Neuman – satelita rozpoznania fotograficznego (9 startów, 1991–2000) – rys. 4.2.1;



Rys. 4.2.1. Satelita rozpoznania fotograficznego Neuman

- Orlets 2 – satelita rozpoznania fotograficznego (5 startów, 1986–1994) – rys. 4.2.2;
- Yenisey – satelita rozpoznania fotograficznego (1 start, 2000);
- US-PU – satelita rozpoznania fotograficznego, wyniesiony przez raketę Cyklon-2 (1 start, 2001);
- Kosmos 2387 – satelita rozpoznania fotograficznego, wyniesiony przez raketę Sojuz (1 start, 2002).

Satelita *Zenit-4MT* został wyprodukowany w celu prowadzenia rozpoznania obrazowego (fotografowania topograficznego) w celu wykonywania map. Badania nad tym satelitą prowadzone były na bazie *Zenit-4*. Został on wyposażony w wysokościomierz laserowy, radar dopplerowski oraz kamerę topograficzną SA-106, która była produkowana w fabryce w Krasnogorsku.



Rys. 4.2.2. Satelita rozpoznania fotograficznego Orlets

Projekt został zakończony w 1968 r. Próby oblotowe rozpoczęły się w 1971 r. przy wykorzystaniu rakiety nośnej *Sojuz 11A511M* z przylądka Plesieck. Próby zakończono w 1975 r., system osiągnął gotowość operacyjną w 1976 r. Poszczególne orbity miały profile:

- inklinacja 81,3 stopnia, wysokość 215–245 km;
- inklinacja 72,8 stopnia, wysokość 200–325 km;
- inklinacja 62,8 stopnia, wysokość 230–275 km.

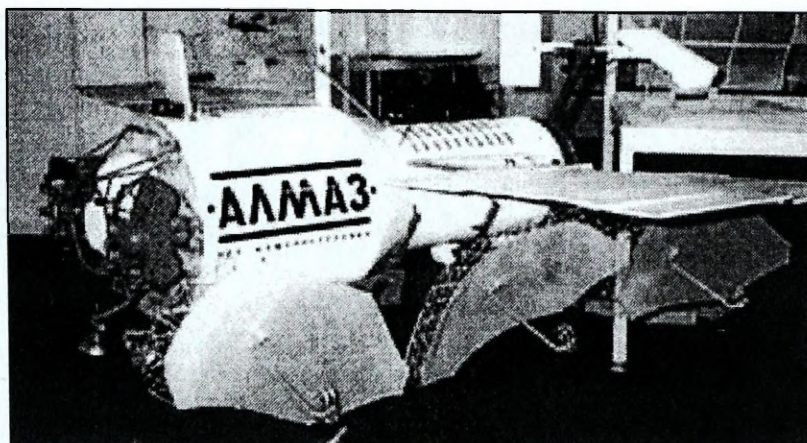
Satelita *Zenit-6U*. Uniwersalny satelita Zenit zwykle był umieszczany na dwóch orbitach:

- inklinacja 72,8 stopnia, wysokość 200–380 km;
- inklinacja 70,4 stopnia, wysokość 360–415 km.

24 listopada 1976 r. satelita *Zenit-6U* (Kosmos 867) został umieszczony na orbicie przez rakietę nośną *Sojuz 11A511U*. Ciężar satelity wynosił 6300 kg, perygeum 250 km, apogeum 402 km, inklinacja 62,8 stopnia. Zmiana orbit następowała co 12 dni. Film dostarczany był przez kapsułę ratunkową.

Satelita *Almaz-T/K* prowadził rozpoznanie sygnałów elektromagnetycznych. Jest on odpowiednikiem satelity LACROSS. *Almaz-T* posiada radar z syntezą obrazu SAR (*Synthetic Aperture Radar*), którego dokładność wynosi od 10 do 15 m. Pierwszy satelita został wystrzelony w 1981 r., a następne w latach 1986–1987.

Satelita drugiej generacji *Almaz-T1* został wyniesiony na orbitę w 1991 r. Satelita ten w znaczny sposób przyczynił się do prowadzenia akcji ratunkowej zaginionego okrętu „Michaił Somow” na Antarktyce. Żadne inne czujniki nie były w stanie zlokalizować okrętu podczas nocy polarnej.



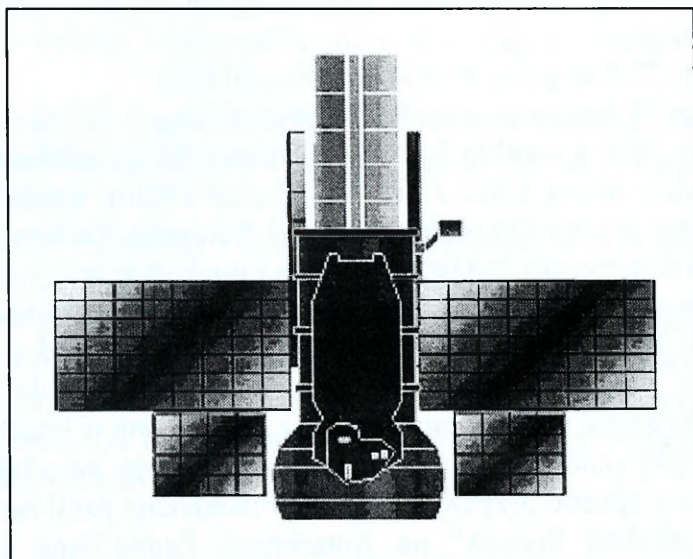
Rys. 4.2.3. Almaz T1/K

W 1992 r. firma Machine Building NPO rozpoczęła badania nad nowym satelitą *Almaz-T* wyposażonym w trzy radary SAR i optyczne teleskopy.

Badania nad satelitą rozpoznania obrazowego *Arkon-1* rozpoczęto w 1980 r. na podstawie satelity *Kozłow Yantar-4KS2* w celu sprostania wymaganiom, jakie posiadał amerykański satelita rozpoznania obrazowego *KH-11*.

W czerwcu 1983 r. rząd byłego ZSRR zatwierdził projekt budowy optyczno-elektrycznego systemu satelitarnego trzeciej generacji *Arkon-1*. System miał się składać z dwóch grup satelitów (po 10 sztuk każda) na różnych orbitach. System miał zapewnić całkowitą obserwację powierzchni Ziemi. Próby wyniesienia satelity na orbitę rozpoczęto w latach 1986–1987.

Kolejne próby wyniesienia miały miejsce w roku 1991 oraz w latach 1996–1997. W końcu rozpoczęła się produkcja nowego satelity *Yantar-4KS1*.



Rys. 4.2.4. Satelita Arkon-1

6 czerwca 1997 r. nowy satelita *Arkon-1* (Kosmos 2344) został wyniesiony na orbitę przez rakietę nośną *Proton 8K82K/17S40* w celu prowadzenia rozpoznania fotograficznego. Jego ciężar wynosił 6000 kg, perygeum 1502 km, apogeum 2739 km, inklinacja 63,4 stopnia.

Satelita *Arkon* posiadał dokładność lokalizacji obiektów od 2 do 5 m, w zależności od wysokości na orbicie. Posiadał teleskop optyczny o bardzo długiej ogniskowej (27 m). Czujniki satelity pracowały w ośmiu zakresach częstotliwości, w paśmie od optycznego do podczerwieni (od 0,4 do 1,1 mikronów; $1\mu = 10^{-6}$ m). Pas obserwacji (30 km) odpowiada polu widzenia 0,5 stopnia.

System rozpoznania elektromagnetycznego (SIGINT). W ramach programu SIGINT głównie wystrzeliwane były satelity *ELINT*. Od 1967 r. 200 satelitów *ELINT* zostało umieszczonych na orbitach. Niektóre satelity rozpoznania obrazowego także posiadały urządzenia *ELINT*. W latach 1993–1994 11 satelitów *ELINT* trzech różnych klas zostało wyniesionych na orbitę. W końcu 1995 r. system rozpoznania elektronicznego Rosji liczył 11 satelitów.

Satelity *ELINT* są przeznaczone do przechwytywania sygnałów promieniowania elektromagnetycznego zarówno urządzeń naziemnych, jak i morskich.

Historycznie systemy *ELINT* odgrywały jedną z głównych ról w doktrynie wojennej ZSRR. W związku ze znacznym wzrostem wykorzystywania urządzeń łączności radiowej oraz radarów na polu walki w ciągu ostatnich 30 lat, znacznie wzrosła wartość systemu satelitarnego *ELINT*.

W byłym ZSRR odpowiedzialność za system rozpoznania satelitarnego *ELINT* ponosił szef Zarządu Rozpoznania (GRU) Sztabu Generalnego ZSRR.

Aktualnie system satelitarny *ELINT* został znacznie zredukowany i w jego skład wchodzi:

- trzy lub dwa satelity *Celina-D* (nachylenie 30 stopni, wysokość 635–665 km);
- cztery satelity *Celina 2* (nachylenie 40 stopni, wysokość 850 km).

Satelita *Celina-D* został wyniesiony przez rakietę nośną *Cyklon-3* w 1983 r. Jest podobny do satelity *Ocean*. Ma możliwość określenia położenia urządzeń emitujących energię elektromagnetyczną z dokładnością do 10 km.

Na początku system składał się z sześciu satelitów, a następnie pod koniec 1992 r. został zredukowany do trzech satelitów. Od tamtej pory tylko jeden raz w 1993 r. został wyniesiony na orbitę satelita *ELINT* przez Kosmos 2242 (pomiedzy Kosmos 2221 a Kosmos 2228), tworząc nowy system trzech satelitów *ELINT*.

Satelita *Celina-2* został wyniesiony na orbitę w 1984 r. przez rakietę nośną *Zenit-2* startującą z kosmodromu Bajkonur. Badania nad satelitami pierwszej generacji rozpoczęto na początku lat siedemdziesiątych. Autoryzacja programu nastąpiła w marcu 1973 r.

Pierwszy satelita został umieszczony na orbicie w grudniu 1980 r., a kolejne starty miały miejsce w 1984 i 1985 r. W 1987 r. system osiągnął gotowość operacyjną.

System Celina-2 obejmował dwa programy: Celina-O oraz Celina-D.

Pierwszy satelita *Celina-O* został umieszczony na orbicie przez *Kosmos-3M* w 1970 r. Ze względu na koszty i opóźnienia system osiągnął gotowość operacyjną w 1976 r. W 1981 roku umieszczono satelitę *Celina-D*. Program Celina-O w 1984 r. został zamieniony na Celina-D. Wszystkie satelity Celina-O, jak i D, działały wspólnie przyczyniając się do uzyskania większej efektywności całego systemu.

Satelita rozpoznania elektronicznego *EORSAT* (*ELINT Ocean Reconnaissance Satellite*) o wysokim standardzie został wyniesiony na orbitę w 1974 r. *EORSAT* był wykorzystywany do śledzenia okrętów. Zapewniał dane o ruchu okrętów w czasie niemal rzeczywistym. Dane przekazywane były do Moskwy za pośrednictwem satelitów *Molnija* i *Raduga*.

System składał się z sześciu satelitów, po trzy na dwóch orbitach. Satelity mogły wykrywać okręty poruszające się z dużą szybkością z dokładnością do 2 km.

Aktualnie satelita *EORSAT* znajduje się na wysokości 404 km–417 km, nachylenie wynosi 65 stopni.

System *EORSAT* podlega pod GRU, chociaż jego działalność jest prowadzona na korzyść Zarządu Rozpoznania SM.

Organizacyjnie system jest zarządzany przez Centralne Towarzystwo Naukowe Kometa (*Kometa Central Scientific Production Association*) kierowane przez członka akademii, Generalnego Dyrektora Anatolija I. Savina. Towarzystwo jest także odpowiedzialne za Satelitarny System Rozpoznania Oceanicznego (*Radar Ocean Reconnaissance Satellite* – *RORSAT*).

Satelita *EORSAT* waży 3000 kg, ma średnicę 1,3 m oraz długość 17,0 m. Jest wynoszony na orbitę za pomocą rakiety *Cyklon-2*, na wysokość 120–415 km.

Na początku lat dziewięćdziesiątych było aktywnych sześć satelitów *EORSAT*. Aktualnie aktywne są cztery satelity (po dwa na każdej orbicie).

Program *RORSAT* zaczął się rozwijać w październiku 1970 r. Satelita *RORSAT* jest podobny do *EORSAT*, waży 3800 kg, ma średnicę 1,3 m oraz długość 10 m.

System wczesnego wykrywania i ostrzegania. System ten zaczęto budować na początku lat siedemdziesiątych. Głównym jego projektantem był Anatolij Savin. Satelity pracujące w systemie posiadały trzy typy czujników przechwytyjących sygnały elektromagnetyczne, które mogły wykryć rakiety balistyczne. Pierwsze satelity posiadały urządzenia do wykrywania źródeł promieniowania między podczerwienią a ultrafioletem. Satelity drugiej generacji posiadały dodatkowo mechaniczne skanery do poszukiwania źródeł promieniowania pracujących w podczerwieni. Wykrywały one amerykańskie oraz chińskie rakiety balistyczne (ICBM) oraz silosy.

Satelity pracujące w tym systemie umieszczane były na orbitach geostacjonarnych. Aktualnie w skład systemu wczesnego ostrzegania wchodzi cztery systemy:

1) System OKO;

2) System wczesnego ostrzegania przed rakietami balistycznymi (*Missile Attack Warning System*);

3) System PROGNOZ – geostacjonarny system wczesnego ostrzegania (*GEO Early Warning System*);

4) Zintegrowany projekt amerykańsko-rosyjski (*Joint U.S./Russian Federation project*).

System OKO. Pierwszy satelita tego systemu Kosmos 520 został wyniesiony na orbitę w 1972 r., jednak działalność operacyjną rozpoczął w 1976 r. Satelita posiadał teleskop z czujnikami o średnicy 0,3–0,5 m, z czterostopniowym polem widzenia w zakresie podczerwieni (0,9–2,2 mm). Ważył 1250 kg, perygeum 4134 km, apogeum 36 091 km, inklinacja 68,8 stopnia.

Satelita wystrzelony 8 lipca 1983 r. (Kosmos 1481) z przylądka Plesieck przez raketę nośną *Molnia 8K78M* ważył 1250 kg, perygeum 2912 km, apogeum 36 924 km, inklinacja 67,3 stopnia.

Ostatnie trzy satelity Oko zostały wystrzelone w latach 1997–1999:

- Kosmos 2342, 14 maja 1997 r., perygeum 925 km, apogeum 39 426 km, inklinacja 63,0 stopnie;

- Kosmos 2351, 07 maja 1998 r., perygeum 620 km, apogeum 39 720 km, inklinacja 63,0 stopnie;

- Kosmos 2368, perygeum 551 km, apogeum 39 138 km, inklinacja 62,9 stopnia.

System wczesnego ostrzegania przed rakietami balistycznymi (*Missile Attack Warning System* – rosyjska terminologia SPRN) rozpoczął działalność w roku 1976, wyniesieniem satelity Kosmos 862. Satelita ważył 1250 kg, posiadał średnicę 2,0 m oraz długość 1,7 m. W 1980 roku system składał się z 9 satelitów. System podlegał dowództwu OP.

Satelita wczesnego wykrywania i ostrzegania SPRN jest przeznaczony do wykrywania pocisków balistycznych (rys. 4.2.5) w zakresie podczerwieni.

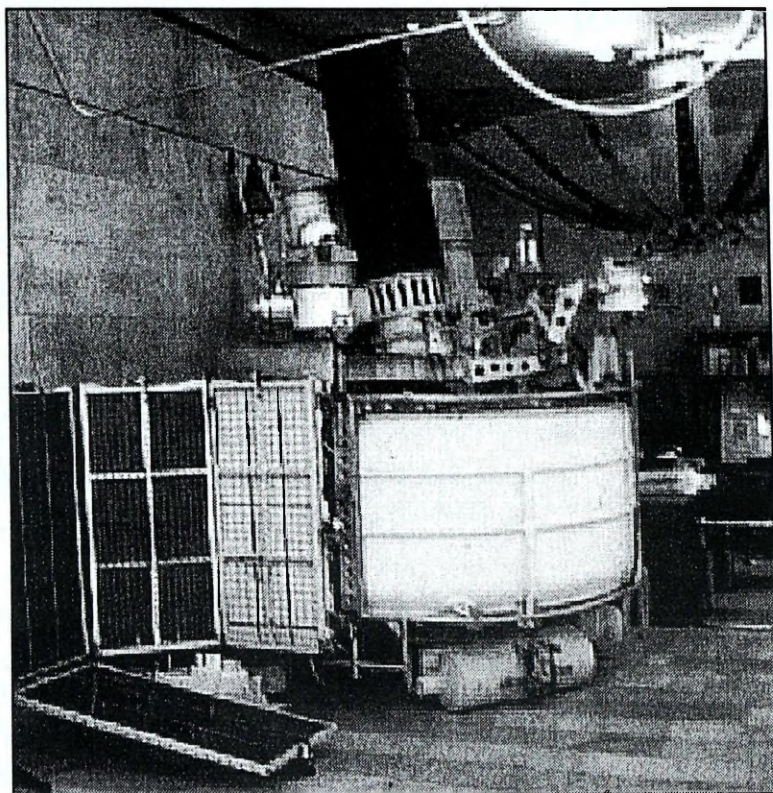
Pierwszy satelita (Kosmos 775) został wystrzelony 8 października 1975 r. z przylądka Bajkonur przez raketę nośną *Proton 8K82K/11S86*. Jego ciężar wynosił 2000 kg, perygeum 35 721 km, apogeum 35 812 km, inklinacja 13,6 stopnia.

Kolejne wyniesienia na orbitę miały miejsce w latach: 1984, 1985, 1987, 1988, 1991, 1992 (dwukrotnie), 1994 r.

Ostatni satelita (Kosmos 23450) został wystrzelony w 1997 r. jego ciężar wynosił 2500 kg, perygeum satelity wynosi około 600 km, natomiast apogeum prawie 40 000 km, nachylenie 63 stopnie.

W latach 1993–1994 cztery z dziewięciu satelitów zostały zamienione. Były to: Kosmos 2232, Kosmos 2241, Kosmos 2261 w 1993; Kosmos 2286 w 1994.

W 1994 r. cały system był w pełni operacyjny, włącznie z satelitą starszej generacji Kosmos 2063.



Rys. 4.2.5. Satelita wczesnego wykrywania i ostrzegania SPRN

GEO Early Warning Systems (PROGNOZ). Satelita wczesnego wykrywania i ostrzegania Prognoz-2 jest przeznaczony do wykrywania okrętów oraz kontroli mórz i oceanów, a także procesów zachodzących w atmosferze Ziemi. Pierwsze próby z satelitą geostacjonarnym systemu wczesnego ostrzegania rozpoczęto w 1975 r., ale dopiero w 1984 r. działalność prowadził Kosmos 1546. Aktualnie 3–4 satelity są w gotowości operacyjnej (znajdują się na 2–3 pozycjach i wchodzi w skład systemu PROGNOZ).

Pierwsze trzy satelity tego systemu (Kosmos 1546, 1629, 1894) przypominały całkowicie satelity OKO. Kolejny satelita, Kosmos 1940, był eksperymentalny i miał możliwość wykrycia wybuchów nuklearnych. Satelita drugiej generacji otrzymał nazwę PROGNOZ (był to Kosmos 2133 wystrzelony w 1990 r.). Satelita posiadał czujnik podczerwieni o średnicy 1 m.

Na początku 1993 r. trzy satelity systemu PROGNOZ były aktywne: Kosmos 2133, 2209, 2224.

Kolejnym satelitą był Kosmos 2282 na pozycji 336 stopni E. Wszystkie satelity systemu PROGNOZ są wystrzeliwane przez rakietę *Proton-K* z kosmodromu Bajkonur.

Zintegrowany projekt amerykańsko-rosyjski (Joint U.S./Russian Federation project). Przez długie lata USA i Rosja prowadziły rozmowy odnośnie wspólnego

programu dotyczącego międzynarodowego systemu wczesnego ostrzegania przed pociskami raketowymi. W 1994 r. FR zaproponowała USA budowę systemu na małych wysokościach, składającego się z 18 satelitów wczesnego ostrzegania. Program RAMOS i SKIPPER są w trakcie realizacji. Program RAMOS (*Russian-American Observation Satellite*) przewiduje umieszczenie na wysokości 425 km satelitów wyposażonych w czujniki podczerwieni.

Program SKIPPER jest bardziej skomplikowany. Satelita o wadze 230 kg został zbudowany przez FR (Moscow Aviation Institute) i został wyniesiony na orbitę przez raketę *Molnia-M*. Posiada on czujniki UV i VUV. Znajduje się na orbicie na wysokości 820 km, perygeum 120–150 km.

System obrony przeciwraketowej. W latach 1963–1964 powołano dwa nowe dowództwa SZ ZSRR: dowództwo wojsk antyraketowych PRO (*Protiv Rakietnaja Oborona*) odpowiedzialne za wykrywanie, przechwytywanie i niszczenie rakiet balistycznych oraz dowództwo wojsk przeciwraketowych PKO (*Protiv Kosmiczieskaja Oborona*) odpowiedzialne za niszczenie środków znajdujących się w przestrzeni kosmicznej. W 1992 r. PRO i PKO oraz jednostki wojsk kosmicznych zostały podporządkowane Naczelnemu Dowództwu SZ FR.

W celu przejęcia kontroli nad programem kosmicznym PKO zaczął prowadzić prace w ramach ASAT. Dzisiaj Federacja Rosyjska posiada cztery systemy w ramach ASAT:

- 1) orbitalny (*co-Orbital ASAT*);
- 2) antyraketowy (*Gorgon ABM*);
- 3) walki radioelektronicznej;
- 4) laserowy.

System orbitalny (co-Orbital ASAT) zapoczątkowany przez pracownika naukowego Sawina, powstał na bazie programu Kometa TNPO. Aktualnie działa w oparciu o rakiety Cyklon-2. Został sprawdzony 20-krotnie w przestrzeni kosmicznej w okresie od października 1968 do czerwca 1982 roku.

Do każdego testu odpowiedni obiekt-cel był wynoszony na orbitę okołoziemską (dwa pierwsze cele za pomocą rakiety Cyklon-2 startujące z kosmodromu Bajkonur, następne cele przez Kosmos-3M z kosmodromu Plesieck). Obiekty przechwytyjące (1–2) były wystrzelone z kosmodromu Bajkonur. Obiekt przechwytyjący ważył 1400 kg, średnica 1,8 m, długość 4,2 m, podczas gdy obiekt-cel był wielościanem o ciężarze 650 kg i średnicy 1,4 m.

W latach 1968–1971 przeprowadzono siedem prób zestrzelenia celu, z czego pięć zakończyło się powodzeniem.

W latach 1976–1982 udanych było 13 prób. Podczas gdy w poprzednich testach trzeba było użyć dwa obiekty przechwytyjące do każdego celu, to w tych próbach wykorzystywano tylko jeden obiekt przechwytyjący.

System antyraketowy (Gorgon ABM). Drugi element jest aktualnie starszy niż system orbitalny ASAT. W 1960 r. Rosja posiadała system ABM wokół Moskwy,

w składzie którego występowały trójgłowicowe pociski przechwytyjące *Galosz*. Teraz w skład systemu wchodzi pociski raketowe *Gazela* i *Gorgon*. *Gorgon* jest w stanie przechwytywać satelity poruszające się nad Moskwą na mniejszych wysokościach (kilkaset km).

Walka radioelektroniczna. Podczas gdy system orbitalny i ABB są ograniczone tylko do satelitów LEO, walka radioelektroniczna może być prowadzona na znacznych wysokościach, łącznie z satelitami GEO.

Lasery. Od 1970 roku ZSRR rozwijał program dotyczący wykorzystania laserów oraz broni mikrofalowej.

Centrum aktywności tej broni znajdowało się w pobliżu Moskwy (Sarysagan, Troick). W Sarysagan skonstruowano dwa systemy laserowe: jeden o długości fali 0,7 μm , drugi 10,6 μm . Laser gazowy (1 MW) został zbudowany w Troick w latach siedemdziesiątych. Możliwości zniszczeń tych laserów obejmowały m.in. całkowite zniszczenie (fragmentację) oraz zniszczenie częściowe. Do całkowitego zniszczenia wymagana była bardzo duża energia, dlatego możliwe to było na niskich orbitach na wysokości kilkuset km. Zniszczenie częściowe możliwe było na wysokości powyżej 1000 km.

Od 1962 do 1994 r. Rosja wynosiła na orbitę średnio pięć satelitów rozpoznawczych rocznie. Od tamtej pory ilość wynoszonych na orbity satelitów znacznie zmalała.

Do wynoszenia satelitów wykorzystywano rakiety nośne: Kosmos-2, Kosmos-3M, Cyklon-3, Zenit-2. Satelity były wynoszone na orbitę kołową na wysokość 350–550 km lub na orbitę eliptyczną na wysokość od 200 km do 2600 km. Nachylenie wynosiło 50,7 stopnia, 65,8 stopnia, 74 stopnie i 2,9 stopnia.

Rosyjska flota satelitarna w czasie ostatniej dekady zmniejszyła się o połowę, z braku możliwości sfinansowania nowych satelitów.

Szef Wojsk Kosmicznych FR, gen. Anatolij Perminow, powiedział, że obecne satelity są wyjątkowo niewydajne. Jak donosi agencja Intrefax, w najbliższej przyszłości ma powstać program intensywnej odbudowy floty satelitów rozpoznawczych. Do tej pory z braku funduszy nie modernizowano satelitów w związku z czym 80% z około setki satelitów wojskowych i cywilnych przesłużyło już zakładany czas pracy.

Pomimo trudności finansowych Federacja Rosyjska stara się utrzymać swój potencjał rozpoznania satelitarnego wynosząc na orbitę kolejne satelity.

25 października 2001 r. rakietę nośną *Molnia-M* wyniosła na orbitę satelitę wczesnego wykrywania i ostrzegania *OKO-2* (Kosmos 2380).

1 grudnia 2001 r. rakietę nośną *Proton-K* wyniosła na orbitę kołową zespół trzech satelitów. Parametry orbit nie zostały podane. Wystrzelone satelity wejdą w skład systemu globalnej nawigacji GLONASS, który będzie składał się z 24 satelitów. Po wystrzeleniu trzech satelitów grupa ta liczy dziewięć sprawnych

obiektów. Ma ona obejmować swoim zasięgiem cały świat i będzie służyć głównie celom wojskowym.

System GLONASS (*Global Navigation System* – globalny system nawigacyjny) wykorzystuje satelity do radiowej transmisji sygnałów nawigacyjnych. Pozwala na określenie położenia dowolnego obiektu, czy to wojskowego czy cywilnego, z dokładnością do 1 metra.

GLONASS powstał w wyniku inicjatywy rosyjskiego ministra obrony we wrześniu 1993 roku. Jest odpowiednikiem amerykańskiego GPS (*Global Positioning System*).

W wyniku ostatniego startu wyniesione zostały dwa urządzenia typu *Urgan* i jedno typu *Urgan-M*. Satelity *Urgan-M* mają w przyszłości zastąpić satelity starszego typu – *Urgan*.

Czas życia satelity *Urgan* wynosi około 3 lata. Pierwszy satelita systemu został wystrzelony w 1982 roku.

21 grudnia 2001 r. o godzinie 4.00 z kosmodromu Bajkonur wystartowała rakieta Cyklon-2. Wyniosła ona na orbitę 48 satelitę rozpoznawczego typu *US-PU*, który posłuży do rozpoznawania okrętów na wszystkich morzach i oceanach.

27 lutego 2002 r. został wyniesiony na orbitę wojskowy satelita rozpoznawczy (Kosmos 2387) przez ракетę nośną *Sojuz*. Start nastąpił z kosmodromu w Plesiecku. Jest to pierwsza misja *Sojuza* w 2002 roku oraz siedemdziesiąta w historii lotów tej rakiety. Wystrzelony satelita należy do klasy typu *Kobalt*, a jego powrót na Ziemię nastąpi już po 130 dniach.

2 kwietnia 2002 r. kolejny satelita (Kosmos 2388) systemu wczesnego wykrywania i ostrzegania *OKO-2* został wyniesiony na orbitę przez ракетę nośną *Mołnia-M* startującą z kosmodromu Plesieck.

4.3. Wojska Kosmiczne Ukrainy

Wojska Kosmiczne Ukrainy stanowią samodzielny rodzaj sił zbrojnych, będący pozostałością części radzieckich, a później – do lipca 1992 roku – rosyjskich sił kosmicznych stacjonujących na terytorium Republiki Ukrainy¹²⁸. Podporządkowane są organizacyjnie Narodowej Agencji Kosmonautyki Ukrainy (NAKU).

Ich podstawowe przeznaczenie związane jest z zapewnieniem realizacji różnorodnych zadań w tzw. *strategicznej strefie kosmicznej*, podzielonej na trzy *operacyjne strefy kosmiczne*:

- bliższą, położoną w granicach 100–2000 km od powierzchni Ziemi;

¹²⁸ Rozmieszczone na terytorium Ukrainy rosyjskie SSDiN miały znaczenie szczególne; na stosunkowo niewielkim obszarze ześrodkowano znaczną część zasadniczych środków naziemnego zautomatyzowanego systemu dowodzenia (NZSD), będących w uzbrojeniu WKosm FR. Ponadto w skład WKosm Ukrainy weszły czasowo (do momentu ich ostatecznej likwidacji) pozostałości 43 Armii Raketowej strategicznych wojsk raketowych.

– średnią, leżącą bezpośrednio ponad strefą bliższą aż do odległości 20 000 km od powierzchni Ziemi;

– dalszą, znajdującą się ponad 20 000 km od powierzchni Ziemi.

Zabezpieczenie dowodzenia zgrupowaniami aparatów kosmicznych różnego przeznaczenia, położonymi w tych trzech strefach operacyjnych, realizowane jest przy pomocy rozbudowanego systemu kierowania obejmującego:

– 1272 Główny Ośrodek Punktów Namierzania Wojsk Kosmicznych;

– 50 Punkt Przyjmowania Informacji Specjalnych (m. Dragowicz), wyposażony w zestaw *Most* przeznaczony do odbioru danych z rozpoznania kosmicznego;

– 2 Centrum Kierowania Lotami;

– 6 Centrum Kierowania Śledzeniem;

– 9 samodzielny batalion obsługi;

– pięć (43, 73, 79, 88 i 98) samodzielnych stanowisk dowodzenia i namierzania¹²⁹;

– system *Wypieł*, zabezpieczający powrót z orbity wokółziemskiej i lądowanie wahadłowca kosmicznego *Buran*;

– system łączności radioliniowej, przeznaczony do utrzymywania łączności między poszczególnymi stanowiskami dowodzenia i ze statkami kosmicznymi znajdującymi się na orbitach;

– systemy odbioru danych telemetrycznych;

– środki NAKU, umieszczone na dwóch statkach naukowo-badawczych: *J. Gagarin* i *S. Korolew* (port macierzysty Odessa);

W celu pełnego wykorzystania potencjalnych możliwości zbudowanego systemu Ukraina opracowała długofalowy plan rozwoju programów kosmicznych, w tym unowocześniania i wymiany naziemnych zestawów dowodzenia aparatami kosmicznymi. Program nakreśla szczegółowe perspektywy rozwoju nie tylko każdego stanowiska, lecz przede wszystkim kompleksowego wykorzystania możliwości sił i środków GOPN i NAKU. Koncepcja ta zakłada stworzenie własnych ze-

¹²⁹ Sformowane one zostały na bazie trzech samodzielnych stanowisk dowodzenia i namierzania, przejętych od Rosji w lipcu 1992 r.: 10 SSDiN w Symferopolu, odpowiedzialnego za dowodzenie aparatami kosmicznymi w bliższej strefie operacyjnej, wyposażonego w cztery systemy kierowania (*Kub Kontur* – do dowodzenia satelitami rozpoznania kosmicznego, *Kalina* – do dowodzenia dowolnymi wojskowymi i cywilnymi aparatami kosmicznymi, telemetryczny *Kub-U* – do dowodzenia satelitami rozpoznania radiotechnicznego i *Podśnieżnik* – do dowodzenia satelitami rozpoznania obrazowego); 16 SSDiN w Jewpatorji, odpowiedzialnego za dowodzenie aparatami kosmicznymi w dalszej strefie operacyjnej, dysponującego dwoma systemami telemetrycznymi *Kwant-D* i *Pluton* (przeznaczonymi do dowodzenia naukowo-badawczymi aparatami kosmicznymi w średniej i dalszej strefie operacyjnej) oraz systemem *Kwant-P* (do dowodzenia lotem rakiet nośnych i załogową stacją orbitalną *Mir*); 19 SSDiN w Dunajewcach, odpowiedzialnego za dowodzenie i kontrolę lotu aparatów kosmicznych w średniej strefie operacyjnej, wyposażonego w dwa systemy telemetryczne (*Tamań* i *Tamań Baza-M* – do dowodzenia aparatami kosmicznymi zgrupowań orbitalnych), jednolity system łączności kosmicznej, jednolity system nawigacji kosmicznej, system telemetryczny *Baza* (do dowodzenia satelitami nawigacyjnymi i zapewniającymi łączność między okrętami) oraz system telemetryczny *Kub-Kontur*.

stawów radiotechnicznych, które będą służyć nie tylko do kierowania lotem aparatów kosmicznych, lecz zapewnią:

- przyjmowanie i opracowywanie informacji specjalnych;
- śledzenie przestrzeni kosmicznej;
- prowadzenie prac naukowo-badawczych w strefach operacyjnych (bliższej, średniej i dalszej);
- prowadzenie badań astrofizycznych.

W pierwszym etapie wdrażania planu zostały przeprowadzone kompleksowe treningi dyżurnych zmian i środków NAKU w dowodzeniu lotem aparatów kosmicznych. Na każdym stanowisku rozbudowano infrastrukturę techniczną, umożliwiającą ciągłą pracę systemu. Systemy łączności stanowisk (*Koral*, *Osiert*, *Kuczier*) zapewniają wielokanałowy odbiór i transmisję wszystkich rodzajów informacji niezbędnych do dowodzenia aparatami kosmicznymi. W instytucie naukowo-badawczym w Charkowie prowadzone są prace zmierzające do zapewnienia całkowitej autonomiczności pracy naziemnych środków dowodzenia aparatami kosmicznymi. W ich ramach modernizowane lub konstruowane są systemy telemetryczne (*Kalina*, *Kub* i *Kontur*), stacje odbiorcze (*Fobos*), stacje radiolokacyjne (*MA-9MKTМ-4*), elektroniczne ośrodki obliczeniowe (serii *ES*, *M222*, *STI-90* i *PWM*), aparatura sprowadzania z orbity i lądowania (*Siew*), środki łączności i aparatura transmisji danych.

W związku z prowadzoną modernizacją środków kierowania satelitami część przejętych od Rosji elementów systemu nie jest obecnie wykorzystywana. Zdecydowano więc, że zostaną one trwale zakonserwowane. Koncepcji tej sprzeciwiło się kierownictwo resortu obrony. Ukraińscy specjaliści wojskowi zasugerowali natomiast rozbudowę istniejącego zestawu środków naziemnych o kolejne systemy i rozszerzenie współpracy wojskowej z Rosją w dziedzinie wspólnych programów kosmicznych¹³⁰.

Sytuacja w ukraińskich wojskach kosmicznych jest obecnie bardzo skomplikowana. Z jednej bowiem strony na terytorium Ukrainy znajdują się unikalne w skali światowej systemy i pola antenowe, które mogą w przyszłości być wykorzystywane zarówno w narodowych, jak i międzynarodowych programach kosmicznych. Istnieją jednak bardzo poważne trudności z utrzymaniem ich we właściwym stanie technicznym. Wiele z nich jest eksploatowanych jednocześnie przez

¹³⁰ Oczekuje się bowiem, że wyłączenie tych środków z bieżącej eksploatacji i ich zakonserwowanie spowoduje zwolnienie ze służby w ukraińskim wojsku wielu wykwalifikowanych specjalistów, a tym samym sparaliżowanie pracy stanowisk dowodzenia. Za kontynuowaniem współpracy z Rosją przemawia też fakt, że rosyjski program kosmiczny LYBIED wykorzystuje zestawy telemetryczne *Tamań* i *Tamań Baza-M*. Ukraina dysponuje trzema zestawami aparatury odpowiadającej założeniom programu i personelem posiadającym doświadczenie w dowodzeniu satelitami łączności. Dotyczy to także dalszych losów przyszłościowego naziemnego mobilnego zestawu *Fazan* (będącego wersją rozwojową systemu *Tamań*), przeznaczonego do dowodzenia lotem satelitów łączności i nawigacyjnych.

wojsko i agencje cywilne, co utrudnia dokonywanie bieżących konserwacji i komplikuje prowadzenie rozliczeń finansowych. Ważnym czynnikiem ograniczającym zdolność funkcjonowania wojsk kosmicznych i realizację programów kosmicznych jest też brak odpowiedniej ilości kadry, dysponującej wiedzą i przygotowaniem fachowym. Wielu wysokiej klasy specjalistów mających doświadczenie w eksploatacji środków technicznych i umiejętność posługiwania się nimi wyjechało do Rosji, względnie przeszło do innych branż. Systematycznie zwalniani są do rezerwy oficerowie i chorążowie narodowości ukraińskiej, którzy osiągnęli wiek emerytalny, ale na ich miejsce nie ma wykwalifikowanych następców.

Analogiczna sytuacja istnieje również w Narodowej Agencji Kosmonautyki Ukrainy, gdzie brakuje personelu do utrzymywania jej środków w sprawności technicznej i eksploatacyjnej. 90–95% środków technicznych NAKU wyprodukowano oraz zmontowano w rosyjskich instytutach badawczych i przedsiębiorstwach. Likwidacja scentralizowanego serwisu technicznego, niemożność wyegzekwowania od strony rosyjskiej przeprowadzania obsługi gwarancyjnej oraz zaniedbania w gospodarce częściami zapasowymi doprowadziły do tego, że nie można na bieżąco usuwać powstających usterek i niesprawności.

W tej sytuacji konieczne jest szybkie podjęcie decyzji i zacieśnienie współpracy z Rosją albo nawiązanie współpracy z USA lub innym państwem realizującym własne programy kosmiczne. Tylko w ten sposób Ukraina będzie w stanie w ciągu najbliższych kilku lat stworzyć uniwersalny system dowodzenia, przyjmowania, zbierania i opracowywania informacji pochodzących z różnego rodzaju środków kosmicznych. W przeciwnym wypadku dojdzie do tego, że Ukraina straci wartościowy system, którego już nigdy nie będzie mogła samodzielnie odtworzyć.

ZAKOŃCZENIE

Problemy badawcze rozwiązywane w pracy i uzyskane wyniki badań doprowadziły do osiągnięcia celu głównego, to jest: *określenia możliwości wykorzystania przestrzeni kosmicznej dla celów wojskowych.*

Rozwinięte technicznie kraje są już niemal całkowicie uzależnione od przestrzeni kosmicznej, w której znajdują się urządzenia zapewniające wykrycie i ustalanie położenia samolotów, okrętów, czołgów czy innych obiektów (o wielkości 10 cm). Uderzenie w te systemy oznacza nie tylko oślepienie armii, ale też paraliż całych krajów. Wojsko intensywnie pracuje nad urządzeniami, które niszczyłyby wrogie satelity rozpoznawcze i chroniły własne.

Wykorzystywanie przestrzeni kosmicznej w celach militarnych od początku budziło zdecydowany sprzeciw wielu państw. Stany Zjednoczone i ZSRR podpisały nawet porozumienia dotyczące pokojowego wykorzystania kosmosu, m.in. w 1972 r. został podpisany układ ograniczający budowę systemów antyrakietowych. Mimo to w latach 80. prezydent Ronald Reagan ogłosił Inicjatywę Obrony Strategicznej (*Strategic Defense Initiative* – SDI), którą media nazwały mianem „gwiezdnych wojen”. USA wydały na ten program 30 mld USD. Początkowo System Obrony Strategicznej miał chronić USA przed zmasowanym radzieckim atakiem nuklearnym, jednak w 1991 r. kolejny prezydent George Bush zmienił jego formułę. Odtąd system miał zapewnić także obronę przed ograniczonym atakiem raketowym (program GPALS – *Global Protection Against Limited Strikes*). W 1985 r. utworzono Dowództwo Kosmiczne USA i przeprowadzono udaną próbę zniszczenia satelity w przestrzeni kosmicznej za pomocą rakiety antysatelitarnej. Później wykonywano próby z bronią laserową i raketami. Rozmieszczenie pierwszych elementów systemu planowano na lata 1994–1995. Ostatecznie Amerykanie zrezygnowali z projektu w 1993 r. W następnych latach inicjatywa odżyła w zmodyfikowanej formie Narodowej Obrony Antyrakietowej (NMD), opierającej się na wykorzystaniu satelitów rozpoznawczych i łączności oraz rakiet bazujących na lądzie (obecnie na okrętach). Jednym z elementów programu „wojen gwiezdnych” miało być wykorzystanie broni laserowej. Już pod koniec lat 60. ubiegłego wieku została ona wykorzystana przez były ZSRR w konflikcie granicznym z Chinami.

Aktualnie prowadzone są prace nad laserami chemicznymi i rentgenowskimi.

Do efektów wykorzystania laserów chemicznych zalicza się oślepienie i poparzenie termiczne. Obecnie lasery dysponują znacznie większymi możliwościami. Wiązką promieni o odpowiednio dużej mocy można zestrzelić (spalić) satelitę krążącego po orbicie lub zniszczyć pocisk raketowy.

Istnieją dwa sposoby wykorzystania laserów chemicznych. Pierwszy z nich polega na tym, że laser umieszcza się na geostacjonarnej orbicie nad terytorium przeciwnika, co związane jest z dużymi kosztami i wielkością stacji orbitalnej. Drugi sposób opiera się wykorzystaniu laserowych stacji naziemnych, które mogłyby produkować wiązki o potrzebnej energii i wystrzeliwać je z powierzchni Ziemi w kierunku satelitarnych luster, które z kolei kierowałyby wiązkę na cel nawet spoza horyzontu. Ponadto testuje się broń wysokoenergetycznych cząstek elementarnych, które w poważny sposób mogą zakłócić działanie systemów naprowadzania pocisków raketowych, a przy użyciu większych energii mogą nawet spowodować eksplozję konwencjonalnych materiałów wybuchowych w głowicach (używanych do sprężania ładunku jądrowego) i w efekcie przedwczesny wybuch głowic.

Najbardziej obiecującą bronią jest laser rentgenowski, który umieszczony na sztucznym satelicie może zdetonować pocisk raketowy przeciwnika. Nie wymaga on potężnego źródła zasilania (wystarczy mu energia z baterii słonecznych), jest więc relatywnie lekki. Może być jednak używany do niszczenia jedynie celów lecących wyżej niż ok. 110 km (powyżej górnych warstw atmosfery, która skutecznie rozprasza promieniowanie rentgenowskie).

Stany Zjednoczone aktualnie powracają do koncepcji budowy systemu antyraketowego. Może to naruszyć układ z Rosjanami, ale amerykańscy wojskowi tłumaczą, że narastające zagrożenie ze strony takich państw jak Irak, Iran czy Korea Północna jest bardziej niebezpieczne niż złamanie układów, które przecież można renegocjować. Poza tym Amerykanie z coraz większym niepokojem spoglądają na rozwój chińskich technologii raketowych.

Wykorzystanie przestrzeni kosmicznej dla celów wojskowych staje się obecnie niezbędne w zakresie prowadzenia zarówno operacji militarnych, jak i niemilitarnych.

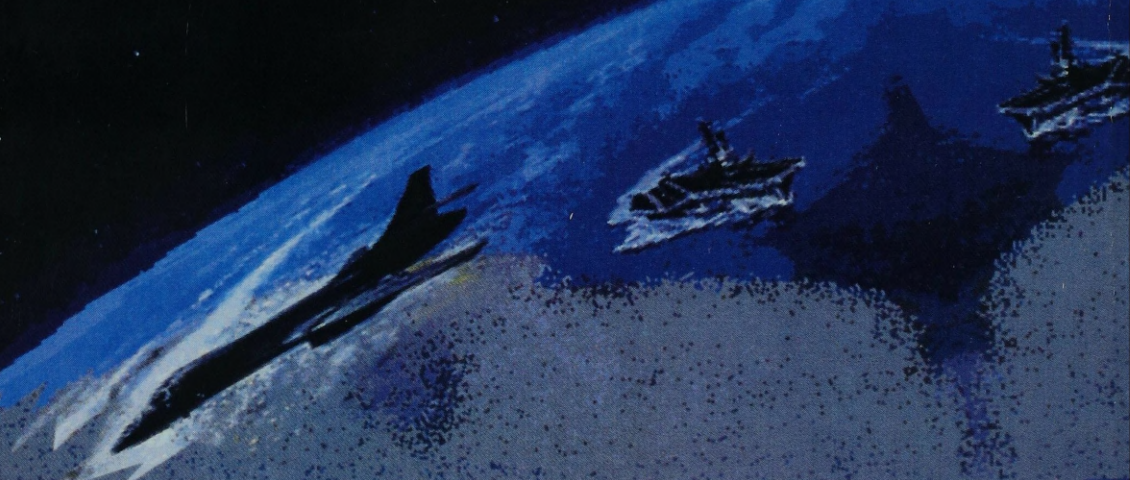
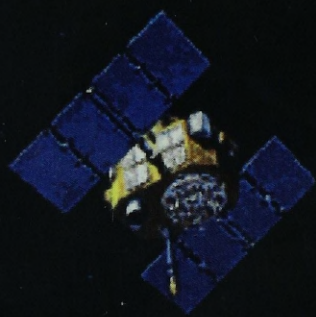
BIBLIOGRAFIA

1. Berezowski C., *Międzynarodowe Prawo Lotnicze*, Warszawa 1964.
2. Campen A. D., *The first Information War*, Virginia 1992.
3. Cocca A., *Teorio del derecho interplanetario*, Buenos Aires 1957.
4. Cheng B., *Recent Development in Air Law*, Current Legal Problems, 1956.
5. Cushman J., „Defense Week”, 19 September 1983; „Defense Daily”, 28 December 1984.
6. Gałązka R. R., *26 lat działalności człowieka w kosmosie*, „Nauka” nr 2, 14, 1994.
7. Gałązka R. R., *Glob w sieci*, „Przegląd Techniczny” 1/1998.
8. Frączyk P., Modliński G., *Opis systemu GPS*, NAVI, 1996.
9. Grzelka A., Makowski P., *Systemy nawigacyjne*, AON, Warszawa 1995.
10. Janczak J., Nowacki G., Scheffs W., *Analiza możliwości wykorzystania systemu GPS NAVSTAR w wojskach lądowych RP*, AON, Warszawa 1999.
11. Kacprzak M., Kłoczko A., *Garmin GPS 95 XL Personal Navigator*, Rzeszów 1995.
12. Korowin E., *La conquête de la stratosphère et le droit international*, Revue générale de Droit International Public, 1934.
13. Lamparski J., *System NAVSTAR GPS*, Olsztyn 1994.
14. Lamparski J., Oszczak S., *Stan obecny i perspektywy rozwoju systemu nawigacyjnego GPS NAVSTAR*, materiały II Konferencji Naukowej, Dęblin 1993.
15. Langley R. B., *The GPS Receiver, An introduction*, University of New Brunswick, 1978.
16. Leick A., *GPS Satellite Surveying*, John Wiley and Sons, New York–Chichester–Brisbane–Toronto 1994.
17. Liopiros K., Lam E., *Extremely High Frequency Satellites Offer Flexibility*, „Signal”, wolumen 44, nr 11, July 1990.
18. Mandl V., *Das Weltraumrecht: ein Problem der Raumfahrt*, Mannheim–Berlin 1932.
19. Meyer A., *Kritische Bemerkungen zu neuerem Erörterungen über die Rechtsprobleme des Weltraums*, Zeitschrift für Luftrecht, 1958.
20. Mietelski J., *Astronomia w geografii*, Warszawa 1995.
21. Nakamoto F. S., Middelstead R. W., Wolfson C. R., *Impact of time and frequency errors on processing satellites with MFSK modulation*, „ICC 81”, Conference, Denver 1981.
22. Sharpe R. T., *GPS Receivers Configuration*, Marine Electronics, lipiec–sierpień 1990.
23. Spilker J. J., *GPS signal structure and performance characteristics*, [w:] *Navigation*, V. 25 No 2, 1978.
24. Stansell T. A., *GPS Perspectives*, Papers presented at International Navigation Congress, Sydney, Australia 1988.
25. Szymoński M., *Nawigacyjne wykorzystanie sztucznych satelitów Ziemi*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.
26. Toft H., *GPS Satellite Navigation – New Perspectives in Accurate Navigation*, Shipmate, Dania 1987.
27. Urbański J., Wisła S., *Zarys teorii błędów nawigacyjnych*, Gdynia 1964.
28. Valladao H., *The Law of Res Communis Omnium and Peaceful Use of Space and of Celestial Bodies*, VII Coll. IISL, wyd. Norman, 1965.
29. Wołczek O., *Loty międzyplanetarne*, Warszawa 1973.

Sprawozdania i ekspertyzy:

1. Opracowanie Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN: *Stan badań kosmicznych w Polsce*, Nauka nr 4, 1995.
2. Raport Komitetu ONZ ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej, dokument nr A/CONF184/PC/1, 1998.
3. Raport Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN na 32 Sesję COSPAR w Nagoya: *Space Research in Poland 1996–1998*, Zespół Wydawniczy CBK PAN, 1998.
4. Sprawozdania i ekspertyzy Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN.





AON Wydział
Wydawniczy