

JAN R. OLEŹDKI
Instytut Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski, Warszawa

TELEDETEKCJA A ZMIANY ŚRODOWISKA

ZARYS TREŚCI: Jednym z zadań współczesnych nauk o Ziemi jest śledzenie zmian zachodzących w środowisku naszej planety. Nieocenione usługi oddaje tu teledetekcja – systemy satelitarne, które potrafią rejestrować dane o różnych komponentach środowiska w skali globalnej i regionalnej oraz systemy lotnicze, bardziej przydatne do badań w skali lokalnej. Umożliwia to uzyskiwanie obrazów i innych danych o przekształceniach środowiska ziemskiego zarówno dokonujących się pod wpływem procesów naturalnych, jak i tych spowodowanych działalnością człowieka, będącą obecnie najbardziej dynamicznym czynnikiem przekształcającym środowisko. Na podstawie wielu opracowań można wyróżnić kilka kierunków badań środowiska ziemskiego, które bez danych satelitarnych byłyby trudne lub wręcz niemożliwe do realizacji. Specyfika tych badań zależy od wysokości orbitalnej satelitów, rozdzielczości dostarczanych przez nich danych (przestrzennych i czasowych) oraz od zakresu i rozdzielczości radiometrycznej rejestrowanych danych. W artykule przedstawiono kilka dziedzin z zakresu nauk o środowisku, w których rola danych satelitarnych była szczególnie doniosła. Na koniec przedstawiono dwa przykłady wykorzystania zdjęć lotniczych do monitorowania zmian struktury przestrzennej terenów podlegających ustawowej ochronie środowiska.

Jednym z zadań współczesnych nauk o Ziemi jest śledzenie zmian zachodzących w środowisku naszej planety. Od swego powstania przed 4 miliardami lat środowisko Ziemi podlega nieustannej ewolucji. O większości tych zmian możemy wnioskować z badań prowadzonych przez specjalistów z zakresu astronomii, geofizyki, biologii i geologii. Dzieje Ziemi są jednak na ogół słabo udokumentowane. Dopiero o ostatnich około 580 milionach lat, a więc od czasu wykształcenia się bardziej skomplikowanych żywych organizmów, wiemy stosunkowo dużo. Na podstawie badań geologicznych odtworzono wiele procesów, które przeobrażały środowisko na Ziemi, w różnych aspektach. Dla życia i gospodarowania człowieka na Ziemi najbardziej interesujące są zjawiska aktualnie zachodzące. Stąd między

innymi w ostatnich latach powstało wiele międzynarodowych programów badawczych ukierunkowanych na obserwację zmian zachodzących na Ziemi. Nieocenione usługi oddaje tu teledetekcja – zarówno systemy satelitarne, które potrafią zarejestrować dane o różnych komponentach środowiska w skali globalnej i regionalnej, jak i systemy lotnicze, bardziej przydatne do szczegółowego śledzenia zmian zachodzących w skali lokalnej.

Poszczególne systemy satelitarne pozwalają na uzyskiwanie obrazów i innych danych o przekształceniach środowiska ziemskiego zarówno pod wpływem procesów naturalnych, jak i tych powodowanych przez działalność człowieka. Ten ostatni czynnik jest bardzo istotny, zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę, że w ciągu ostatnich 100 lat liczba ludności świata wzrosła z 1,5 mld do ponad 6 mld. Działalność ta jest obecnie najbardziej dynamicznym czynnikiem przekształcającym środowisko w wyniku zajmowania nowych terenów na potrzeby wyżywienia ludności, pozyskiwania surowców odnawialnych i nieodnawialnych. Powoduje to często niekontrolowane zmniejszanie się powierzchni lasów, przyrost terenów nieużytecznych. W wyniku tego następuje zachwianie równowagi procesów przyrodniczych, przyczyniające się do nasilenia występowania zjawisk o charakterze klęsk żywiołowych (Ciołkosz A., Olędzki J.R. 2001). Dynamizacja procesów przekształcających środowisko Ziemi stymuluje konstruowanie planów strategicznych obserwacji Ziemi. Ostatnio taką strategię, o nazwie „*Żyjąca planeta*”, opracowuje się w Europejskiej Agencji Kosmicznej (Bonnet R., Mastracci C., Soutwood D. 1999; Megie G., Readings C.J. 1999; Rummel R., Johannessen J.A. 1999; Hollingsworth A., Ingmann P. 1999; Rott H., Rast M. 1999; Carli B., Langen J. 1999; Wingham D.W. 1999).

Ukazało się już wiele opracowań prezentujących w sposób bądź to naukowy (Szekielda K-H., 1988; Gurney R.J., Foster J.L., Parkinson C.L., 1993), bądź popularny (Beckel L. 1996) niektóre z uzyskanych w tym względzie wyników.

Większość danych, pozyskanych w latach 1973–1995, dotyczących różnych zjawisk zachodzących na powierzchni Ziemi dostarczona została za pośrednictwem satelitów serii LANDSAT, SPOT, ERS, NOAA, METEOSAT i NIMBUS.

Na podstawie wspomnianego opracowania Lothara Beckela, pt. „*Geo Global Change, Satellitenbilder dokumentieren wie sich die Welt verändert*” można wyróżnić kilka kierunków badań środowiska ziemskiego, które bez danych satelitarnych byłyby trudne lub wręcz niemożliwe do realizacji. Specyfika tych badań zależy od wysokości orbitalnej satelitów rozdzielczości dostarczanych przez nich danych (przestrzennych i czasowych) oraz od zakresu i rozdzielczości radiometrycznej rejestrowanych danych.

Satelity geostacjonarne umożliwiają jednoczesną obserwację całej Ziemi. Obrazy pozyskiwane za ich pośrednictwem z odległej przestrzeni kosmicznej ukazują zmienność oblicza Ziemi w ciągu doby i roku.

Szczególnie przydatne okazały się satelity do badań atmosfery. Poza rutynową obserwacją pogody stwarzają one możliwość badania procesów zachodzących w atmosferze. Dzięki satelitom możliwe było przestrzenne i czasowe pokazanie zmienności zawartości w atmosferze ozonu, tak zwanej dziury ozonowej. Porównanie obrazów wykonanych w latach 1979 i 1990 we wrześniu i październiku dla półkuli południowej oraz w marcu i kwietniu dla półkuli północnej wskazuje na znaczne obniżenie wskaźnika Dobsona. Dzięki wykorzystywaniu zakresów promieniowania elektromagnetycznego z zakresów jego pochłaniania przez różne domieszki gazowe możliwe jest śledzenie zwiększającej się w atmosferze zawartości CO₂. Dane te nie tylko ukazują aktualną sytuację, ale w połączeniu z systemami informacji geograficznej umożliwiają symulację efektów zwiększania się zawartości w atmosferze CO₂ na wzrost temperatury na Ziemi (efekt cieplarniany) i rozwój roślinności oraz podniesienia się poziomu wód oceanicznych.

Poczynając od pierwszego satelity do badań mórz i oceanów SEAST'a, umieszczonego na orbicie okołoziemskiej w roku 1978 dane satelitarne wzbogaciły w olbrzymim stopniu wiedzę o tych obszarach. Dzięki zastosowaniu aktywnego systemu rejestracji danych mikrofalowych możliwe było pokazanie wielu zjawisk dotychczas nierejestrowalnych przestrzennie. Umożliwiły one uzyskanie dokładnych obrazów przestrzennego rozkładu prędkości wiatrów nad oceanami, wysokości fal, rozkładu temperatury powierzchni wód w poszczególnych porach roku, a zwłaszcza latem i zimą. Szczególnym zainteresowaniem oceanologów teledetekcyjnych cieszy się rejestracja za pośrednictwem termalnego zakresu AVHR, satelitów NOAA, często wspomnianego w ostatnich latach fenomenu El Niño. Z innych zagadnień oceanologicznych obrazy satelitarne są wykorzystywane do śledzenia rozmieszczenia fitoplanktonu w różnych porach roku. W skali lokalnej można na podstawie obrazów satelitarnych zapoznać się z procesami kształtującymi wybrzeże w strefie pływów oraz z rozprzestrzenianiem się alg. Wielokrotnie zagadnienie to pokazywano na przykładzie wybrzeży północnej części Adriatyku. Teledetekcja oceanologiczna umożliwiła nie tylko pokazanie układu prądów morskich, wzbogaciła także informację o nich, ocenę prędkości przemieszczania się wód oceanicznych. Szybkości te są dość zmienne i wynoszą od około 6 do ponad 24 mil morskich na dobę. Interesujące jest przy tym to, że prądy ciepłe są szybsze niż prądy zimne. Najszybszymi prądami są: Prąd Południoworównikowy w rejonie Karaibów, południowa część Prądu Zatokowego u wybrzeży Stanów Zjednoczonych oraz Prąd Przeciwny Równikowy u wybrzeży Afryki. Szybkim prądem jest również Kuro-siwo u wybrzeży Japonii. Z prądów zimnych najszybsza jest północna odnoga Prądu Równikowego na Oceanie Indyjskim, opływająca wschodnie wybrzeże Afryki. Obrazy satelitarne wykonywane w zakresie promieniowania mikrofalowego są doskonałym narzędziem do monitorowania zanieczyszczenia mórz i oceanów ropą naftową. Wykorzystuje się w tym przypadku jedną z cech rejestrowanych na obrazach radarowych,

a mianowicie szorstkość powierzchni. Rozlana na powierzchni wody ropa naftowa, zwiększając napięcie powierzchniowe, wygładza sfalowaną powierzchnię wodną. Wygładzona powierzchnia, odbijając w lustrzany sposób wysyłane z satelity promieniowanie radarowe, jest rejestrowana jako powierzchnia wyraźnie ciemniejsza niż wody pokryte drobnymi falami. Dzięki temu można wykryć nawet niewielkie zanieczyszczenia ropopochodnymi. Obrazy satelitarne umożliwiają więc śledzenie zarówno przypadków płukania, na redach portów, zbiorników tankowców przewożących ropę naftową, jak i śledzenie rozmiarów wielkich katastrof zbiornikowców. Spektakularnym przykładem może tu być katastrofa, która wydarzyła się w grudniu 1992 roku u wybrzeży atlantyckich Hiszpanii nieopodal Coruny, kiedy to w wyniku rozbicia się zbiornikowca Aegean Sea do morza wyciekło około 70 000 t ropy, niszcząc ponad 100 km wód przybrzeżnych. Obraz radarowy pokazał dokładnie w jaki sposób ropa rozprzestrzeniła się na wodach przybrzeżnych.

Innym nieco zagadnieniem, ale również związanym z wodą, są obrazy zmienności pokrywy śnieżnej – jej grubości w skali globalnej oraz roczna rytmika morskiej pokrywy lodowej wokół Antarktydy.

Obrazy satelitarne o różnej rozdzielczości przestrzennej były i są wykorzystywane do badania różnych zagadnień na obszarach lądowych. Zestawienie obrazów o mniejszej rozdzielczości pozwoliło sporządzić mapę globalną głównych stref krajobrazowych Ziemi. Wyróżniono na niej 23 strefy krajobrazowe. Zwraca uwagę dwudzielność złożoności struktury krajobrazowej Ziemi. Do obszarów o największej zmienności należą południowa część Azji, Afryka, Ameryka Południowa i Australia. Najmniej zróżnicowane, w skali globalnej, pod względem krajobrazowym są Ameryka Północna, północna część Azji i Europa. W obrębie tej ostatniej wyróżniono zaledwie 6 stref krajobrazowych. W skali kontynentalnej i krajowej opracowanie tego typu na podstawie obrazu satelitarnego z NOAA i obrazów MSS z satelity LANDSAT zostało wykonane przez autora dla Europy i Polski (Olędzki J.R., 1986; 1992). Pokrewnym zagadnieniem, mającym istotny wpływ na fizjonomię krajobrazu, jest roślinność. Zdjęcia satelitarne pozwoliły pokazać pulsacyjny charakter rozwoju roślinności, wyrażony poprzez zmienność wskaźnika wegetacji (NDVI), obliczanym na podstawie stosunku promieniowania widzialnego (czerwonego) i podczerwonego. Zmienność tego wskaźnika ukazanego w cyklach dwumiesięcznych pozwala uwidocznic obszary ze stale wysokim wskaźnikiem zieleni (głównie Ameryka Południowa) i stale niskim wskaźnikiem (północna część Afryki, środkowa część Azji i Australia). Pozostałe tereny cechują się znaczną zmiennością tego wskaźnika. Nie jest to oczywiście jakieś odkrycie nieznanych faktów, ale ukazanie przestrzennego precyzyjnego obrazu tych zmienności, które umożliwiły dopiero dane satelitarne. Warto odnotować również fakt znacznego zróżnicowania wskaźnika zieleni w ciągu roku dla Środkowej Afryki, gdzie strefa stabilności tego wskaźnika ogranicza się jedynie do

stosunkowo niewielkiego obszaru objętego Wyżynami Adamaua i Azande, w północnej części Kotliny Konga.

Stabilność obszarów „zieloności” Ameryki Południowej, którymi są głównie lasy, zwłaszcza Wyżyny Brazylijskiej i Niziny Amazonki (a są to „płuca Ziemi”), zagrożona jest kolonizacją rolniczą obejmującą znaczne tereny, choć jeszcze w obrazie globalnym tego nie widać. Ekspansja pól uprawnych, na obszarach lasów równikowych, ukazywana jest na obrazach o wyższej rozdzielczości, zwłaszcza za pośrednictwem obrazów TM z satelity LANDSAT. Na obrazie satelitarnym Stanu Rondônia (w zachodniej Brazylii) można obserwować poszczególne stadia ekspansji deforestacji na rzecz obszarów rolniczych. Często taka strategia rozwoju kończy się tragicznie, zwłaszcza gdy pod uprawę brane są ziemie szczególnie podatne na erozję. Przykładem skutków takiego „rozwoju” jest zdjęcie z Dakoty Południowej, na którym widoczne są rozmiary erozji gleb, która zamieniła rozległe przestrzenie w tak zwane *bad landy*. Zdjęcia satelitarne odsłaniają również przedsięwzięcia związane z nadmierną eksploatacją lasów w warunkach surowego klimatu, nie sprzyjającego szybkiemu odnowieniu zasobów naturalnych. Przykładem uwidaczniającym skutki takiej gospodarki, na obszarach niedostępnych dawniej dla obserwacji ze względów politycznych, jest zdjęcie fragmentu Autonomicznej Republiki Komi w Rosji. Zagrożeniem dla lasów są również pożary. Teledetekcja jest tu szczególnie pomocna (Mycke-Dominko M. 1998). Zdjęcia satelitarne mogą pokazać skutki olbrzymich pożarów lasów obejmujących swym zasięgiem tysiące km². Przykładem może być zdjęcie landsatowskie z Mandżurii, gdzie w wyniku pożaru w roku 1987 spłonęło ponad 10 000 km² lasu.

Obrazy satelitarne przedstawiające szatę roślinną są świadectwem oczywistej prawdy, że łatwiej jest niszczyć niż tworzyć. Jak znikome są osiągnięcia gospodarki człowieka, usiłującego zamienić pustynię na pola uprawne, pokazują zdjęcia z Arabii Saudyjskiej, z okolic Ar-Rjadu, gdzie wśród piasków pustyni na stosunkowo niewielkiej powierzchni występują sztucznie urządzone pola uprawne, na których wzrost roślinności uwarunkowany jest sprawnym funkcjonowaniem wielkich deszczowni o średnicy liczącej kilkaset metrów, poruszających się w kółko. Tworzą one doskonale widoczne na obrazach satelitarnych charakterystyczne zbiorowiska kolistych pól, z roślinnością znajdującą się w różnych fazach wzrostu.

Obrazy satelitarne mogą pokazywać zagospodarowanie przestrzenne w otoczeniu dużych przedsięwzięć inżynierskich budownictwa wodnego, takich jak największa elektrownia wodna na świecie, zbudowana na rzece Paranie, nieopodal słynnych wodospadów Iguaçu, czy też kompleks hydroenergetyczny na Dunaju – Gabczikowo, który na tle sporów o naturze ekologicznej wywołał jeden z większych kryzysów politycznych w Europie Środkowej.

Obrazy satelitarne są w zasadzie jedynym materiałem ukazującym w sposób spektakularny, a jednocześnie mającym duże walory faktograficzne,

zmiany zachodzące w środowisku w takich sytuacjach, jak na przykład dramatycznie zmniejszająca się powierzchnia Morza Aralskiego czy też zanik Jeziora Czad w Afryce.

Niektóre z satelitów wyposażane były w rejestratory sztucznych źródeł światła. Dzięki temu możliwe było pokazanie w skali kontynentalnej i globalnej rozmieszczenia szczególnie gęsto zasiedlonych obszarów o zaawansowanym rozwoju technologicznym.

Tak więc obrazy satelitarne umożliwiają szybkie dostarczanie danych o zmieniających się warunkach środowiska na Ziemi. Przykładem z terenu Polski są zdjęcia: LANDSAT MSS i LANDSAT TM, z okolic Lubina i Polkowic, które ukazują zmiany w środowisku w wyniku powstawania wielkiego kombinatu miedziowego KGHM, składającego się z kopalń, zakładów przetwórczych i zbiorników poflotacyjnych. Dane te są bardzo precyzyjne, dokładne pod względem kartograficznym i przysparzają wiele nowych informacji o zjawiskach zachodzących na powierzchni Ziemi.

Jest wiele opracowań dotyczących wykorzystania zdjęć lotniczych w śledzeniu przekształcania i zmian w środowisku w skali lokalnej. W Zakładzie Teledetekcji Środowiska Uniwersytetu Warszawskiego od szeregu lat prowadzone są badania zmian w strukturze przestrzennej terenów podlegających ustawowej ochronie środowiska.

Poniżej przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na terenie Rezerwatu Białe Ługi w województwie świętokrzyskim oraz na terenie Wigierskiego Parku Narodowego w województwie podlaskim.

Dominującą formą użytkowania ziemi na terenie Rezerwatu Białe Ługi są lasy. Ich wiek i struktura drzewostanu jest zróżnicowana. W trakcie analizy fotointerpretacyjnej wyróżniono drzewostany w różnym wieku, obszary zajęte przez młodniki, świeże formy zalesień tak zwane nasadzenia, oraz zręby zupełne. Struktura tej kategorii użytkowania ziemi dla roku 1969 przedstawiała się następująco: drzewostany w różnym wieku zajmowały 92% powierzchni. Na pozostałe użytki przypadało: młodniki – 3%, świeże nasadzenia – 4%, a zrębami objęte było 1% powierzchni.

W roku 1997, w porównaniu z rokiem 1969, drzewostany w różnym wieku zwiększyły swoją powierzchnię o 4%, powierzchnia młodników i świeżych nasadzeń zmniejszyła się odpowiednio po 2%. Powierzchnia zrębów zupełnych pozostała na niezmiennym poziomie.

Tak więc w ciągu 27 lat (1969–1997) powierzchnia obszarów leśnych o dojrzałych drzewostanach wzrosła o 4%. Zmalała ogólnie o 4% powierzchnia młodników i terenów zalesianych. Powierzchnia objęta zrębami zupełnymi utrzymała się na poziomie 1%.

Do tej grupy użytków można dodatkowo zaliczyć powierzchnie zajęte przez skupiska drzew wzdłuż dróg, rowów, rzek i miedz. Powierzchnie takie wyróżniono jedynie w roku 1969. Stanowiły one w stosunku do całego badanego terenu 0,02% powierzchni.

W obrębie użytków zielonych wyodrębniono pięć kategorii. W roku 1969 łąki zajmowały 41% powierzchni, łąki ze znacznym udziałem pojedynczych drzew, grupy drzew i krzewów zajmowały 36% powierzchni, a łąki wilgotne i mokradła zajmowały 23% powierzchni.

W roku 1997 wyróżniono dodatkowo dwie kategorie użytków tego typu. Strukturę użytków zielonych w roku 1997 tworzyły łąki, zajmując 10% powierzchni, łąki z udziałem drzew i krzewów – 2%, a mokradła – 43%. Dwie dodatkowe kategorie, których dla roku 1969 nie wyróżniono, to trzcinowiska z krzewami i sporadycznymi drzewami, zajmujące 6% powierzchni i obszary występujące w wyraźnym obniżeniu Rezerwatu Białe Ługi porośnięte krzewami i drzewami – 39%.

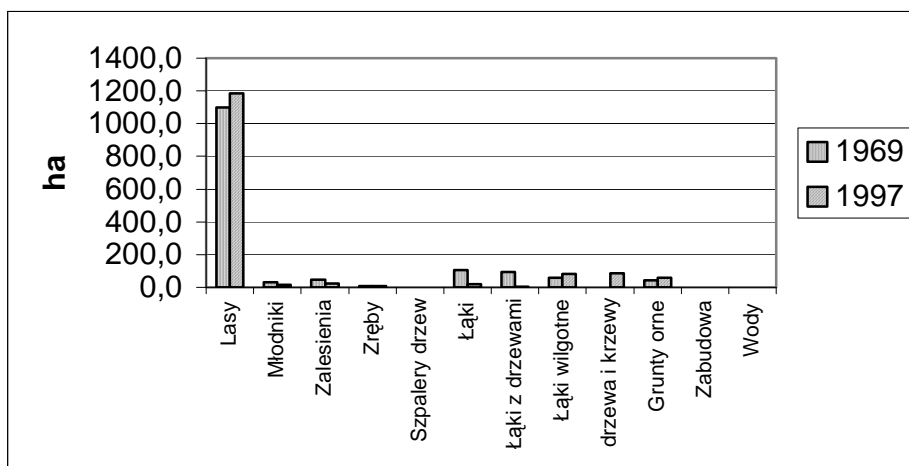
W wyniku analizy fotointerpretacyjnej zaobserwowano wyraźny proces zarastania obszaru użytków zielonych przez formacje krzewów i drzew.

Kolejną kategorią użytków wyróżnionych na badanym terenie były grunty orne. W roku 1969 zajmowały one 2,8% analizowanej powierzchni. Udział ten w roku 1997 zwiększył się do 3,9%. Ogólnie kierunek zmian w tej kategorii użytków wyraża się w wycofywaniu gruntów ornym z terenów, zapewne niekorzystnych dla rolnictwa, o czym świadczy fakt, że część gruntów ornym z roku 1969 została zastąpiona przez las. Natomiast przyrost gruntów ornym nastąpił kosztem łąk.

Tereny zabudowane, zarówno w roku 1969, jak i w 1997, zajmowały znikome obszary – odpowiednio 0,07% i 0,03% powierzchni. A więc obserwuje się wycofywanie osadnictwa z tego terenu.

Wody powierzchniowe w roku 1969 zajmowały niecałe 0,05% powierzchni, natomiast w roku 1997 wód powierzchniowych nie zauważono.

Podsumowaniem przytoczonej tu analizy jest rysunek 1.



Rys. 1. Białe Ługi. Porównanie powierzchni zajmowanych przez poszczególne użytki w latach 1969 i 1997

Widać na nim wyraźny wzrost powierzchni leśnych, w sumie o 6%. Młodniki i świeże nasadzenia zmniejszyły swoją powierzchnię w sumie o 2%. Powierzchnia zrębów całkowitych w obu latach była znikoma. Powierzchnia użytków zielonych zmniejszyła się z 17% do nieco powyżej 6%, czyli o 11%. W tym 6% związane jest z rozwojem obszarów zajętych przez trzcinowiska z krzewami i drzewami oraz obszary całkowicie porośnięte krzewami i drzewami.

Nieznacznie, jak wspomniano wyżej, wzrósł udział gruntów ornych, zmniejszyła się natomiast powierzchnia terenów zabudowanych i otwartych powierzchni wodnych.

Tak więc ogólną tendencją zmian przestrzennych na badanym terenie jest zwiększanie się powierzchni lasu oraz terenów zadrzewionych i zakrzewionych, a także gruntów ornych oraz zmniejszanie się powierzchni łąk.

Zmiany w użytkowaniu ziemi na terenie Wigierskiego Parku Narodowego w latach 1969–1997 opracowano na podstawie interpretacji dwóch serii zdjęć lotniczych z lat 1969–1971 w skali 1:16 670 i 1:18 700 i barwnych diapozytywów zdjęć lotniczych z roku 1997 w skali 1:21 000.

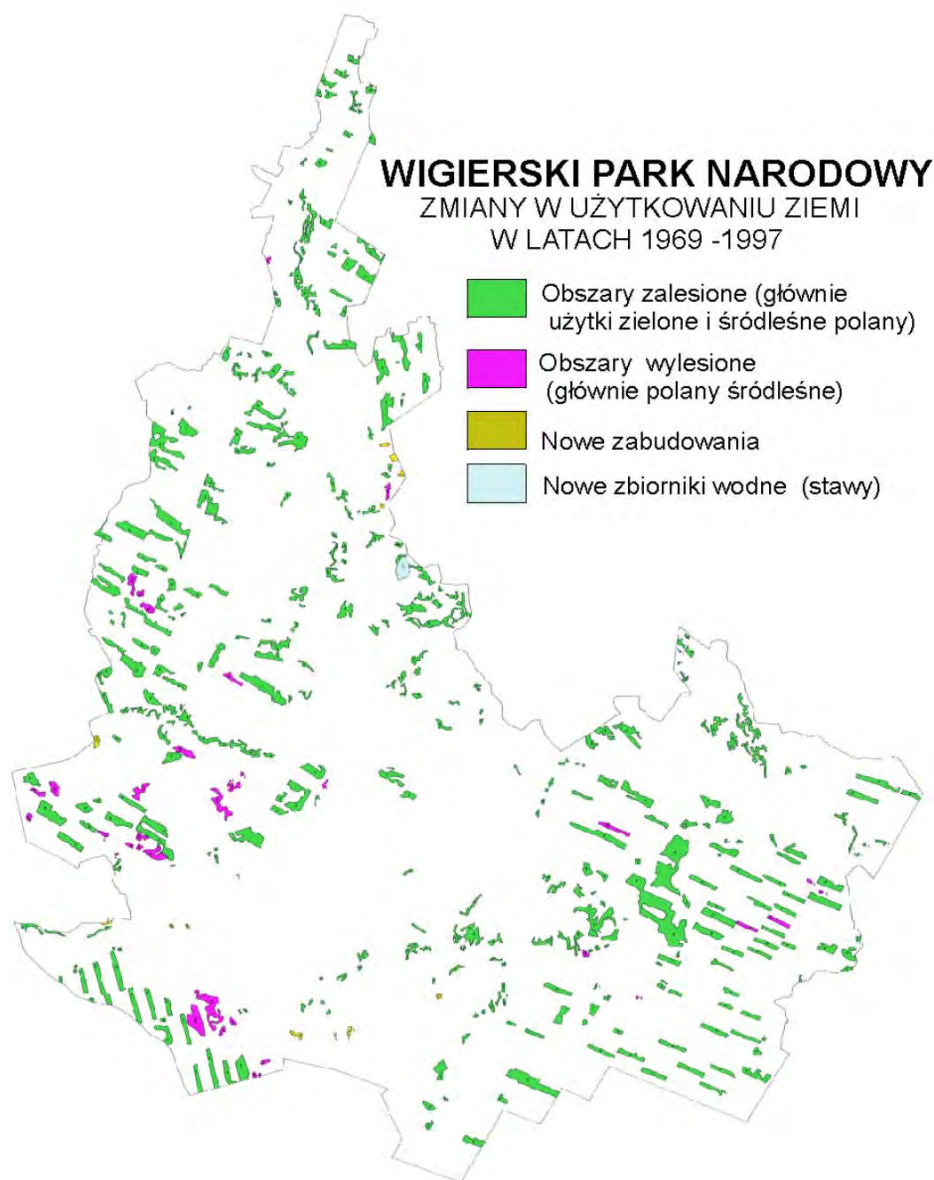
Zakres fotointerpretacji zdjęć z lat 1969–1971 obejmował wydzielenie podstawowych użytków – elementów pokrycia terenu. Rozdzielczość prac graficznych w skali zdjęcia była rzędu 5–10 mm².

Po wstępnym przeglądzie zdjęć wyspecyfikowano 10 kategorii użytków. Były to: grunty orne, użytki zielone, lasy, polany śródleśne, polany śródleśne z drzewami, kępy i szpalery drzew, zabudowa, sady, strefy zarastania jezior, otwarte zbiorniki wodne – wody.

Podstawową formą użytkowania ziemi na terenie Wigierskiego Parku Narodowego były lasy. Zajmowały one około 57% powierzchni. Jednak ich stan pozostawiał wiele do życzenia. Przestrzenny rozkład zrębów, w tym zrębów całkowitych, był znaczny i wynosił szacunkowo 5,5%. Drugą kategorię pod względem powierzchni zajmowały w tym okresie grunty użytkowane rolniczo – około 17%. Z tego na użytki zielone przypadało 12% powierzchni, a na grunty orne nieco ponad 5%. Obie kategorie należy traktować łącznie, gdyż rozdzielenie tych użytków na zdjęciach czarno-białych wykonanych w różnych okresach jest niepewne. Wody otwarte zajmowały blisko 14,5% powierzchni. Jednocześnie ocenia się, że znaczna część jezior podlegała procesom zarastania. Z analizy zdjęć lotniczych wynika, że około 4% powierzchni całego WPN to strefy zarastania jezior.

Znikoma część powierzchni WPN zajęta była przez zabudowę i sady, głównie przydomowe – niecałe 0,5%. Podobny procent powierzchni wyszczególniono jako kępy i szpalery drzew.

Analiza zdjęć lotniczych z roku 1997 dzięki ich dobrej jakości pozwoliła wydzielić 17 kategorii użytków – pokrycia terenu. Oprócz wyżej wymienionych wyróżniono dodatkowo: zalesienia i młodniki, krzaki, bagna i mokradła, pola namiotowe, przystanie, zwirownie i piaskownie, nieużytki o nieustalonym charakterze.



Rys. 2. Wigierski Park Narodowy. Zmiany użytkowania ziemi w latach 1969–1997.
1 – obszary zalesione (głównie użytki zielone i śródleśne polany); 2 – obszary wylesione; 3 – nowe zabudowania; 4 – nowe zbiorniki wodne (stawy)

Uzyskany obraz pozwolił na sformułowanie ogólnych wniosków odnośnie do charakteru użytkowania ziemi na terenie WPN w roku 1997. W porównaniu z okresem sprzed 26–28 lat zauważono wyraźną poprawę

w charakterze powierzchni leśnej. Znikły tak liczne poprzednio zręby, a las – choć w swej strukturze zróżnicowany – wygląda bardziej jednolicie. Przestrzenny układ pozostałych użytków nie uległ istotniejszym zmianom. Na niektórych obszarach użytkowanych poprzednio przez rolnictwo obserwuje się jednak ich pomniejszenie na korzyść powierzchni leśnych. Są to stosunkowo niewielkie powierzchnie. Nieco zwiększyła się powierzchnia terenów zabudowanych.

Rysunek 2 przedstawia przestrzenne rozmieszczenie zmian w wymienionych kategoriach pokrycia terenu. Dominuje przyrost powierzchni leśnej w obrębie zwartych kompleksów leśnych. Wiąże się to z zaprzestaniem w analizowanym okresie intensywnych wyrębów i zrębów zupełnych oraz ich zalesienia. Niewielkie powierzchnie leśne przybyły na gruntach rolnych, poprzednio będących głównie użytkami zielonymi. Na terenie lasów w kilkunastu miejscach występują nowe polany śródleśne. Stosunkowo znaczna powierzchnia w kategorii zmian wiąże się z powstaniem kompleksu stawów na wschód od zatoki Zadworze w północnej części jeziora Wigry. Stosunkowo niewielkie zmiany dotyczą obszarów zabudowanych.

Tak więc w obu ostatnich przykładach analiza fotointerpretacyjna ukazała, że zmiany zachodzące w środowisku są zgodne z celami ekologicznymi osiąganymi na terenach chronionych.

LITERATURA

- [1] Beckel L. red., 1996, *Geo Global Change, Satellitenbilder dokumentieren, wie sich die Erde verändert*. München, Stuttgart, RV Reise und Verkehrsverlag GmbH.
- [2] Bonnet R., Mastracci C., Soutwood D., 1999, *The Strategy for Earth Observation*. Earth Observation Quarterly Nr 63.
- [3] Carli B., Langen J., 1999, *Atmosphere and Marine Environment: Anthropogenic Impact*. Earth Observation Quarterly Nr 63.
- [4] Ciołkosz A., Olędzki J.R., 2001, *Rola telegoinformacji w badaniach procesów globalnych*. Ogólnopolskie Seminarium Geoinformacji – „Geoinformacja Zintegrowanym Narzędziem Badań Przestrzennych”. Mat. konf., Wysowa 3–5 października 2001.
- [5] Gurney R.J., Foster J.L., Parkinson C.L., 1993, *Atlas of satellite observations related to global change*. Cambridge University Press.
- [6] Hollingsworth A., Ingmann P., 1999, *The Physical Climate*. Earth Observation Quarterly Nr 63.
- [7] Megie G., Readings C.J., 1999, *The Science and Research Elements of the Living Planet Programme*. Earth Observation Quarterly Nr 63.
- [8] Mycke-Dominko M., 1998, *Zastosowanie metod teledetekcyjnych w badaniach pożarzystk*. Pierwsza Bałtycka Konferencja na temat pożarów lasu, 5–8 maja 1998.

-
- [9] Olędzki J.R., 1986, *Photomorphic regionalization of Poland*. Miscelanea Geographica. Warszawa, Wyd. UW.
- [10] Olędzki J.R., 1992, *Geograficzne uwarunkowania zróżnicowania obrazu satelitarnego Polski i jego podziału na jednostki fotomorficzne*. Dissertations Universitatis Varsoviensis Nr 396. Warszawa, Wyd. UW.
- [11] Rott H., Rast M., 1999, *Geosphere/Biosphere*. Earth Observation Quarterly Nr 63.
- [11] Rummel R., Johannessen J.A., 1999, *Earth Interior*. Earth Observation Quarterly Nr 63.
- [12] Szekielca K-H., 1988, *Satellite Monitoring of the Earth*. New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore, John Wiley & Sons.
- [13] Wingham D.W., 1999, *The first ESA's Opportunity Missions: Cryosat*. Earth Observation Quarterly Nr 63.

JAN R. OLEŹDZKI
Department of Geography
Warsaw University, Warsaw

REMOTE SENSING AND CHANGES OF ENVIRONMENT

S u m m a r y

Monitoring of changes in environment of our planet is one of the tasks of present-day Earth sciences. Remote sensing place here invaluable role – using satellite systems, which can record data on various components of environment in global and regional scale, as well as aerial photographs, which are more useful in local scale. It enables to acquire images and other data on transformations of earth's environment, caused by natural processes, as well as by man's activity. This activity is nowadays the most dynamic factor changing environment, both by high-frequency processes and by low-frequency geodynamic processes. On the basis of the numerous works several directions of studies of Earth's environment can be specified, in which satellite data are indispensable. These studies are specific, depending on orbital parameters of satellite, spatial and temporal resolution of data, their spectral range and radiometric resolution. Author presents in the article some disciplines related to environmental sciences, where role of satellite data was particularly significant. At the end two examples of using aerial photographs for monitoring changes of spatial structure of terrains subjected to legal protection of environment are presented.

Verification: Zbigniew Bochenek

