

ANDRZEJ CIOŁKOSZ
ELŻBIETA BIELECKA

POWÓDŹ W DOLINIE ODRY W 1997 R. W ŚWIETLE INTERPRETACJI ZDJĘĆ SATELITARNYCH

ZARYS TREŚCI: Wraz z rozwojem techniki satelitarnej i permanentnego obrazowania globu ziemskiego z wysokości orbitalnych pojawiło się nowe źródło informacji o obiektach, zjawiskach i procesach zachodzących na powierzchni Ziemi. Zdjęcia satelitarne, dzięki synoptycznemu przedstawieniu dużych obszarów, dostarczają wielu informacji o zjawiskach wielkopowierzchniowych, do których zalicza się także katastrofalne powodzie. Zdjęcia wykonywane przez satelitę Landsat były wykorzystywane do dokumentowania zjawiska powodzi w różnych krajach, w tym także i w Polsce. Często jednak warunki atmosferyczne w czasie powodzi uniemożliwiają wykonywanie zdjęć w optycznym zakresie widma. Z pomocą przychodzą wówczas zdjęcia mikrofalowe. Tego rodzaju zdjęcia zostały wykonane nad zachodnią Polską w lipcu 1997 r przez satelitę ERS należącego do Europejskiej Agencji Kosmicznej. Posłużyły one do określenia maksymalnego zasięgu fali powodziowej. Zgromadzone w systemie informacji geograficznej wielotematyczne dane przestrzenne umożliwiły określenie form użytkowania ziemi zalanych falą powodziową, a także obliczenie ich powierzchni w poszczególnych jednostkach administracyjnego podziału kraju.

1. WSTĘP

Powodzie są zaliczane do jednych z większych klęsk żywiołowych cechujących się dość znaczną częstotliwością występowania. Co roku około 100 większych powodzi nawiedza różne obszary kuli ziemskiej, wyrządzając ogromne straty przede wszystkim w gospodarce człowieka. Na ogół znane są obszary występowania wezbrań w większości dużych rzek oraz prawdopodobieństwo ich pojawienia się. Trudniej natomiast przewidzieć termin powodzi, wielkość i kierunki przemieszczania się fali powodziowej, określić prawdopodobieństwo zalania terenów i oszacować straty. Stąd też obszary często nawiedzane przez tego rodzaju katastrofy powinny być szczegółowo skartowane, a także monitorowane w trakcie powodzi i po jej ustąpieniu. Zebrane dane powinny być wprowadzone do modeli symulacyjnych w celu określenia prawdopodobieństwa za-

lania terenów i kierunków przemieszczania się fali powodziowej oraz wyrządzonych przez nią skutków. Pozyskiwanie informacji jest więc sprawą pierwszorzędnej wagi. Z pomocą w tym przypadku przychodzi fotogrametria, teledetekcja i systemy informacji geograficznej. Dwie pierwsze techniki są w stanie dostarczyć zarówno bardzo dokładne mapy rzeźby terenu nawiedzanego przez powódź, informacje o aktualnym jego zagospodarowaniu, zasięgu fali powodziowej, wystąpieniu podmokłości gruntów oraz zniszczeń wyrządzonych przez powódź. System informacji geograficznej z kolei umożliwia gromadzenie wielotematycznych i wieloźródłowych danych przestrzennych (geometrycznych i opisowych) oraz wykorzystanie modeli symulacyjnych do prognozowania wystąpienia kataklizmu, określenia jego prawdopodobnego zasięgu oraz spodziewanych skutków.

Określanie zasięgu powodzi, zwłaszcza na dużym obszarze, nie jest zadaniem łatwym. Wydaje się, że najlepsze do tego celu byłyby zdjęcia lotnicze wykonane w momencie wystąpienia maksymalnej fali powodziowej. Problem jednak w tym, że wówczas najczęściej warunki atmosferyczne nie sprzyjają wykonywaniu zdjęć lotniczych. Wiąże się to przede wszystkim z niską podstawą chmur, co sprawia, że zdjęcia można wykonywać z niewysokich pułapów, a więc w dużej skali i obejmując niewielkie fragmenty terenu. Przydatność takich zdjęć do określania zasięgu fali powodziowej jest bardzo ograniczona, choć dostarczają one wiele informacji w skali lokalnej.

W Polsce już kilkakrotnie wykorzystano zdjęcia lotnicze do kartowania zasięgu wód powodziowych, m.in. w dorzeczu Bobru, Kwisy i Szprotawy w 1977 r. (Ciołkosz [1977]), oraz Wisły w okolicach Płocka w 1982 r. Niemal zawsze warunki pogodowe były niekorzystne z punktu widzenia wykonywania zdjęć lotniczych. Niski pułap chmur sprawiał, że w celu dokumentacji tych powodzi wykonano wielkoskalowe zdjęcia lotnicze tylko wybranych fragmentów obszarów dotkniętych klęską żywiołową. Wyjątkowa sytuacja miała miejsce w kwietniu 1979 r. w czasie wiosennej powodzi w dolinach Bugu i Narwi. Wówczas to po raz pierwszy w naszym kraju do określenia zasięgu fali powodziowej wykorzystano zdjęcia satelitarne.

2. ZDJĘCIA SATELITARNE

Z chwilą wprowadzenia na orbity wokółziemskie satelitów cywilnych o stosunkowo dużej geometrycznej zdolności rozdzielczej powstało nowe źródło dokumentowania zasięgów i skutków wielkich powodzi. Taką rolę odegrały już wielokrotnie zdjęcia wykonane przez amerykańskiego satelitę Landsat, a także przez satelity zachodnioeuropejskie, japońskie, a ostatnio także przez satelitę indyjskiego. Pierwsze wykorzystanie zdjęć satelitarnych w dokumentowaniu zasięgu powodzi miało miejsce 31 marca 1973 r., a więc w niecały rok po wprowadzeniu na orbitę satelity Landsat. Satelita wykonał wówczas zdjęcia doliny Missisipi w pobliżu Saint Louis w trakcie wiosennej powodzi. Porównanie tego

zdjęcia ze zdjęciem wykonanym nieco wcześniej pozwoliło określić rodzaj użytków zalanych w wyniku wystąpienia z koryt trzech rzek, a mianowicie Missisipi, Missouri i Illinois (Short i in.[1976]).

Z początkiem następnego roku Landsat udokumentował powódź niemal w samym sercu pustynnej Australii, wykonując bardzo spektakularne zdjęcie rozlewisk w dolinie okresowej rzeki Barcco w stanie Queensland (Short i in.[1976]).

Na początku kwietnia 1979 r. satelita Landsat przechodził nad wschodnią Polską. W tym czasie w dolinach Bugu, Narwi i Biebrzy wystąpiła wiosenna powódź. W momencie maksymalnego rozlewu wód powodziowych, przy niemal bezchmurnej pogodzie, Landsat wykonał doskonałej jakości zdjęcia. Zdjęcia te zostały dostarczone specjalną przesyłką ze stacji odbiorczej we Włoszech do Instytutu Geodezji i Kartografii, w którym już w trzy dni po wykonaniu zdjęć zostały opracowane mapy dokumentujące zasięg fali powodziowej, co umożliwiło określenie rodzaju zalanych użytków (Ciołkosz [1982]).

Landsat, podobnie jak większość innych satelitów teledetekcyjnych, wykonuje zdjęcia w tzw. widmie optycznym¹. Wykonanie zdjęć jest więc uzależnione od zachmurzenia. Stąd też bardzo często nie można zobrazować terenów powodziowych, gdyż rzadko zdarza się, aby w momencie powodzi wystąpiły warunki pogodowe umożliwiające wykonanie dobrej jakości zdjęć satelitarnych.

Uzależnienie wykonywania zdjęć satelitarnych od warunków pogodowych było jednym z poważniejszych ograniczeń operacyjnego zastosowania teledetekcji. Stąd też od dłuższego czasu trwały prace nad skonstruowaniem urządzeń zdolnych do pozyskiwania informacji obrazowej bez względu na warunki atmosferyczne. Uwieńczeniem tych prac było wprowadzenie na orbitę w 1978 r. przez amerykańską Agencję ds. Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA) pierwszego satelity wyposażonego w radiolokator obrazowy pracujący w mikrofalowym zakresie promieniowania elektromagnetycznego. Ten zakres promieniowania przechodzi bez przeszkód nawet przez grubą pokrywą chmur, umożliwiając wykonywanie zdjęć w każdych warunkach pogodowych.

Niemal trzynaście lat później Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) wystrzeliła satelitę ERS-1, na którego pokładzie znajdował się nowej generacji radiolokator obrazowy o nazwie SAR. Radiolokator ten pracuje w zakresie fal o długości około 5 cm, pozyskując z wysokości 785 km zdjęcia powierzchni globu ziemskiego, bez względu na warunki atmosferyczne i oświetlenie terenu. Nominalna rozdzielczość przestrzenna wykonywanych przez niego zdjęć wynosi 20 m (CEOS [1997]).

Już od początku swej misji ERS-1 dostarczył wiele zdjęć dokumentujących występowanie powodzi na różnych obszarach globu ziemskiego. Jednymi z pierwszych były zdjęcia wykonane w lecie 1993 r. obejmujące obszar środkowego zachodu Stanów Zjednoczonych. Padające prawie przez dziewięć miesięcy

¹ Są to zdjęcia wykonane w widmie widzialnym oraz bliskiej, środkowej i dalekiej podczerwieni.

cy ulewne deszcze spowodowały jedną z największych powodzi w historii Stanów Zjednoczonych. Złe warunki atmosferyczne uniemożliwiały wykonanie zdjęć lotniczych dokumentujących rozmiary tego kataklizmu. Dopiero 14 lipca 1993 r. Landsat mógł wykonać pierwsze udane zdjęcie rozległych obszarów w dolinie Missisipi koło Saint Louis. Cztery dni wcześniej nad tym obszarem przechodził ERS-1 wykonując zdjęcia, które w ciągu 24 godzin zostały przeanalizowane przez firmę RadarSat International, a wyniki tej analizy przekazano do instytucji zajmujących się monitorowaniem powodzi i spowodowanych przez nią skutków. Z kolei firma EarthSat wykorzystwała przetworzone i zinterpretowane zdjęcia mikrofalowe do nałożenia na archiwalne zdjęcia satelitarne wykonane wcześniej przez satelity Landsat i SPOT. Wprowadzenie zebranych informacji do systemu informacji geograficznej umożliwiło określenie rodzaju użytków zalanych falą powodziową, a także stwierdzenie, że na wielu odcinkach poziom wody w Missisipi przekroczył nie tylko falę stuletnią, ale nawet pięćsetletnią (Reflections [1993], Sujkowska [1993]).

W drugiej połowie lipca 1996 r. wielka powódź nawiedziła region Saguenay-Lac Saint Jean w Québec (Kanada). Tym razem do określenia jej zasięgu i skutków wykorzystano zdjęcia wykonane przez nowo wprowadzonego na orbitę kanadyjskiego satelitę mikrofalowego - RADARSAT. Ta powódź była wyjątkowo bogato zobrazowana na zdjęciach satelitarnych, gdyż sfotografowały ją satelity pracujące w widmie optycznym (Landsat i SPOT), a także mikrofalowym (oprócz wspomnianego już RADARSAT-u także ERS-1 i ERS-2). Łączenie zdjęć wykonanych w różnych zakresach widma pozwoliło na dokumentację osadzonych namulów i materiału zawieszzonego w wodzie (CCRS Newsletter, [1996]).

Na wiosnę 1997 r. rekordowa powódź wystąpiła w kanadyjskiej prowincji Manitoba. Na tym płaskim obszarze prerii kanadyjskiej woda rozlała się w wielu miejscach na szerokość ponad 30 km. Po raz pierwszy monitorowanie powodzi było od początku możliwe dzięki zdjęciom satelitarnym wykonywanym przez satelitę RADARSAT. Zdjęcia umożliwiły śledzenie przesuwania się fali powodziowej wzdłuż Rzeki Czerwonej z terenów Dakoty Południowej i Minneapolis w USA, tak że z chwilą pojawienia się powodzi w Manitobie można było przedsięwziąć akcję ratunkową z wyprzedzeniem, przewidując zasięg powodzi i prawdopodobne skutki (CCRS Newsletter [1997]).

3. ZDJĘCIA SATELITARNE POWODZI W DOLINIE ODRY

W trakcie powodzi, która w lipcu 1997 r. nawiedziła obszar Polski południowo-zachodniej, warunki meteorologiczne też nie sprzyjały wykonywaniu zdjęć lotniczych ani satelitarnych w widmie optycznym. Wprawdzie tym razem wykonano wiele doskonałej jakości zdjęć lotniczych w celu dokumentowania zasięgu fali w skali lokalnej, wykorzystywanych do podejmowania decyzji operacyjnych, lecz zobrazowanie całego obszaru powodzi okazało się zadaniem

niemożliwym przede wszystkim ze względów technicznych. Warunki meteorologiczne utrudniły także wykorzystanie helikoptera i obrazów wideo do dokumentacji zasięgu maksymalnej fali powodziowej.

Mimo starań podejmowanych przez trzy organizacje będące operatorami satelitów cywilnych serii Landsat, SPOT i IRS, nie udało się również wykonać w pełni udanych zdjęć satelitarnych obszaru powodzi. Wprawdzie satelita indyjski IRS wykonał 12 lipca 1997 r. zdjęcie okolic Wrocławia, na którym wyraźnie można dostrzec powódź w centrum miasta i na jego południowo-wschodnich obrzeżach oraz podtopioną dolinę Widawki otaczającą Wrocław od północy, lecz pozostała część zobrazowanego terenu jest, niestety, zachmurzona.

W dniu 22 lipca 1997 r. amerykański satelita Landsat, w warunkach niemal bezchmurnych, wykonał zdjęcie dolnego odcinka Odry od Krosna Odrzańskiego po ujście Odry do Zalewu Szczecińskiego. Natomiast 23 i 24 lipca 1997 r. przechodził nad zachodnią Polską japoński satelita JERS-1 i wykonał zdjęcia w widmie widzialnym. Obejmują one dolinę Odry między Nową Solą a ujściem Warty. Znaczna część zobrazowanego obszaru była wtedy zachmurzona, choć w wielu miejscach rozlewiska w dolinach Odry i Warty są dobrze widoczne. Są to jedyne zdjęcia Polski zachodniej wykonane przez satelity pracujące w widmie optycznym w ciągu niemal dwóch tygodni, a więc w okresie maksymalnego rozlewu wód powodziowych w dolinie Odry. Stąd też ich przydatność w analizie zakresu i skutków powodzi jest wielce ograniczona.

Na początku drugiej dekady lipca 1997 r. orbita satelity ERS przechodziła nad obszarem górnego fragmentu doliny Odry. Satelita wykonał pierwsze zdjęcie odcinka Odry między Raciborzem a Brzegiem w dniu 12 lipca 1997 r., a więc w momencie, w którym fala powodziowa osiągała już stolicę Dolnego Śląska. Kolejne zdjęcie doliny Odry satelita wykonał trzy dni po pierwszym zdjęciu z orbity przesuniętej nieco ku zachodowi. Została na nim zobrazowana część doliny między Wrocławiem a Głogowem, czyli ta część, do której akurat doszła kulminacyjna fala powodziowa. Podobna sytuacja powtórzyła się jeszcze dwukrotnie, kiedy to satelita ERS obrazował kolejne odcinki doliny Odry, mianowicie: 18 lipca został zobrazowany odcinek między Głogowem a Krosnem Odrzańskim i 21 lipca - ujściowy odcinek rzeki. Tak więc satelita ERS zobrazował niemal całą dolinę Odry w okresie maksymalnej fali powodziowej (tab.1). W dniu 28 lipca ERS-2 znalazł się nad górnym odcinkiem doliny Odry w okolicach Raciborza, dokumentując skutki wyrządzone przez falę powodziową w tym rejonie.

Zwizualizowany zapis magnetyczny mikrofalowego obrazu satelitarnego ma postać czarno-białego zdjęcia. Natężenie tonów na takim zdjęciu zależy głównie od kilku czynników, mianowicie: długości fali, jej polaryzacji i kąta padania wiązki radarowej, rzeźby terenu, właściwości powierzchni terenu, orientacji obiektów w stosunku do kierunku lotu satelity. W przypadku doliny Odry, a więc terenu względnie płaskiego, zbędna była korekcja wielkości sygnału radarowego uwzględniająca deniwelację i orientację obiektów w stosunku do kie-

runku padania wiązki radarowej. Na odwzorowanie terenu na mikrofalowym zdjęciu satelitarnym największy wpływ miała szorstkość terenu związana ze sposobem użytkowania ziemi oraz wilgotność gleby. Te dwa czynniki sprawiają, że powierzchnia terenu, zależnie od rodzaju pokrycia (roślinność niska, drzewa, zabudowania) ma na ogół tony jasne lub bardzo jasne. Jeżeli natomiast teren pokryty niską roślinnością (np. łąki) będzie wilgotny, to jego obraz na zdjęciu mikrofalowym będzie ciemniejszy. Również ciemne będą obszary bardzo podmokłe, gdzie na skutek intensywnych opadów nastąpiło całkowite nasylenie gleb wodą.

Tabela 1. Terminy wystąpienia kulminacji fali powodziowej w dolinie Odry w lipcu 1997 r.² oraz daty wykonania mikrofalowych zdjęć satelitarnych

Miejscowości	Data	Godzina	Data wykonania zdjęcia satelitarnego
Racibórz	8. 07. 1997 r.	12	12. 07. 1997 r.
Kędzierzyn-Koźle	9. 07. 1997 r.	11-13	
Opole	11. 07. 1997 r.	10-12	
Oława	11/12. 07. 1997 r.	23-04	
Wrocław	12/13. 07. 1997 r.	15-01	15. 07. 1997 r.
Brzeg Dolny	13. 07. 1997 r.	06-07	
Głogów	16. 07. 1997 r.	01-05	
Krosno Odrzańskie	17. 07. 1997 r.	17	18. 07. 1997 r.
Słubice	19. 07. 1997 r.	19	21. 07. 1997 r.

Na mikrofalowym zdjęciu satelitarnym spokojna powierzchnia wody jest oddana w czarnym tonie ze względu na odbicie padającej na nią wiązki radarowej w kierunku przeciwnym do anteny radiolokatora. Fakt ten sprawia, że do radiolokatora nie wraca żaden sygnał. Czarny ton obrazu wody wyraźnie wyróżnia ją od innych elementów pokrycia terenu. Jeżeli jednak na powierzchni wody pojawią się fale, to przy odpowiednim kącie oświetlenia radarowego woda będzie odbijała część promieniowania w kierunku radiolokatora i zostanie przedstawiona w tonie jaśniejszym, a nawet białym. W takim przypadku zbiorniki wodne będą znacznie trudniej rozpoznawane na zdjęciach radarowych.

Zdjęcia z satelity ERS zostały udostępnione przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) Ośrodkowi Teledetekcji i Informacji Przestrzennej - OPOLIS Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie. Tu zostały one poddane przetworzeniu geometrycznemu i radiometrycznemu, a następnie interpretacji mającej na celu określenie zasięgu maksymalnej fali powodziowej.

Interpretacja zdjęć w większości przypadków nie nastroczała trudności, jako że czarny obraz wody był stosunkowo wyraźnie widoczny. Zaburzenie jego tonu spowodowane falowaniem powierzchni wodnej wskutek wiejącego wiatru

² Według informacji przekazanej przez IMGW do Komitetu Przeciwpowodziowego.

nie zwiększyło trudności rozpoznania obrazu wody. Pojawił się natomiast inny problem przy wyznaczaniu zasięgu fali powodziowej. Występując z koryta rzeka często zalewała tereny gęsto zadrzewione lub lasy. Zwarcie koron drzew na ogół uniemożliwiało promieniowaniu radarowemu dotarcie do powierzchni wody. Powracający do radiolokatora sygnał odbijał się od drzew, co powodowało jego duże natężenie dające w efekcie jasny ton obrazu tego fragmentu terenu. W takim przypadku rozpoznanie na mikrofalowym zdjęciu satelitarnym wody pod koronami drzew, nawet przy niepełnym zwarcu ich koron, było praktycznie niemożliwe. Z pomocą przyszły tu archiwalne zdjęcia satelitarne wykonane w widmie optycznym, a także mapy topograficzne z zaznaczonym rysunkiem rzeźby terenu. Analiza wymienionych materiałów umożliwiła wnioskowanie o przebiegu granicy powodzi w terenach zadrzewionych i w lasach.

4. SYSTEM INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ I JEGO BAZA DANYCH

Po przeprowadzeniu interpretacji mikrofalowych zdjęć satelitarnych i wyznaczeniu maksymalnego zasięgu fali powodziowej wprowadzono otrzymaną informację do systemu informacji geograficznej, w którym to systemie znajdowały się już inne warstwy tematyczne, m.in. geomorfologia, aktualne użytkowanie terenu - opracowane również na podstawie wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych, według jednolitej metodyki przyjętej przez kraje Unii Europejskiej (Baranowski [1997]), szczegółowy podział administracyjny kraju, infrastruktura komunikacyjna oraz numeryczny model rzeźby terenu. Szczegółowość tego modelu, a zwłaszcza mała dokładność wyznaczenia wysokości terenu, okazała się niewystarczająca w przypadku analizy rozprzestrzeniania się fali powodziowej na nieznacznie urzeźbionym obszarze doliny Odry. Numeryczny model rzeźby terenu powstał bowiem na podstawie odczytu wartości wysokości terenu w punktach węzłowych siatki o boku 5 mm nałożonej na mapy topograficzne w skali 1:50 000. Orientacyjna dokładność wyznaczenia wysokości terenu wynosi około 20 m (Baranowski [1998])

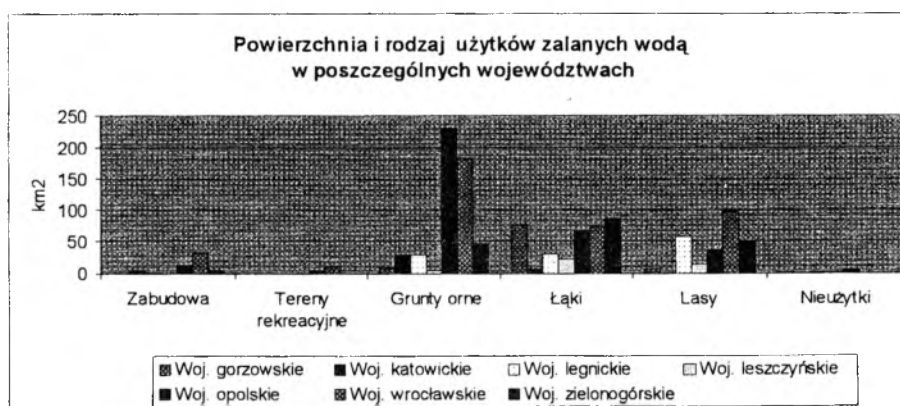
Przecięcie wymienionych warstw tematycznych pozwoliło na otrzymanie nowej informacji określającej rodzaj użytków zalanych w wyniku powodzi oraz obliczenie ich powierzchni w obrębie poszczególnych gmin i województw (tab. 2). Należy zaznaczyć, że przebieg granicy obszaru pokrytego wodą określono na podstawie mikrofalowych zdjęć satelitarnych z dokładnością około jednego piksela, to jest około 12 m. Natomiast kartowanie użytkowania ziemi przeprowadzono z dokładnością, jaką narzucała jednolita metodyka określona przez twórców projektu CORINE. Metodyka ta wymagała, aby najmniejszy kartowany obszar miał wielkość 25 ha. Tak więc dane zgromadzone w bazie danych systemu informacji geograficznej zezwoliły na określenie wielkości poszczególnych form użytkowania ziemi zalanych przez powódź z dokładnością około 25 ha. Dysponując tymi danymi, Instytut Geodezji i Kartografii opra-

cował mapę w skali 1:300 000 przedstawiającą zasięg fali powodziowej na tle użytkowania terenu uzupełnionego siecią komunikacyjną. Na mapę naniesiono również granice podziału administracyjnego oraz nazewnictwo miejscowości i większych rzek. Cztery arkusze tej mapy pokrywają całą dolinę Odry w granicach Polski.

5. ANALIZA SKUTKÓW POWODZI

Powodzią, która w lipcu 1997 r. nawiedziła dolinę Odry zostało dotkniętych siedem województw: katowickie, opolskie, wrocławskie, legnickie, leszczyńskie, zielonogórskie i gorzowskie, zaś w ich obrębie 93 gminy. W tabeli 2 przedstawiono wyniki określenia powierzchni różnych form użytkowania ziemi zalanych wodą w czasie lipcowej powodzi w poszczególnych województwach. Z analizy tej tabeli wynika, że największy obszar został dotknięty powodzią w woj. opolskim, gdzie pod wodą znalazło się ponad 358 km² powierzchni terenu, co stanowi 4,2% ogólnej powierzchni województwa. Nieco mniejszy teren pokryła woda w woj. wrocławskim - ponad 325 km² (4,79% województwa), najmniejszy teren został zalany w woj. katowickim (nieco ponad 42 km² i leszczyńskim - 42 km²).

Analizując z kolei formy użytkowania terenu warto podkreślić, że najwięcej gruntów ornych znalazło się pod wodą w woj. opolskim (w sumie ponad 230 km²)³ i woj. wrocławskim (około 110 km²), zaś łąk - ponad 74 km² w woj. wrocławskim i około 68 km² w woj. opolskim. Powódź zalała ponad 89 km² lasów w woj. wrocławskim i ponad 50 km² w woj. leszczyńskim. W woj. wrocławskim znalazło się pod wodą ponad 20 km² terenów zabudowanych, w tym 18,5 km² terenów o zwartej zabudowie.



³ Należy zwrócić uwagę, że w tym przypadku sumę 230 km² gruntów ornych tworzą wymienione w tabeli jako: grunty orne, sady i plantacje, złożone systemy upraw i działek oraz tereny rolnicze z dużym udziałem roślinności naturalnej.

Dane zgromadzone w systemie informacji geograficznej ujawniły fakt, że zasięg fali powodziowej ograniczył się w zasadzie do obszaru holocenińskiej równiny zalewowej i nadzalewowej, a katastrofalne skutki tej powodzi wynikły przede wszystkim z nadmiernych inwestycji na tym właśnie obszarze.

Warto podkreślić, że wobec zgromadzenia danych charakteryzujących środowisko w Polsce w systemie informacji geograficznej czas opracowania nowych informacji o zasięgu fali powodziowej i jej skutkach w postaci zalania różnych form użytkowania ziemi został sprowadzony do okresu potrzebnego do nadesłania zdjęć satelitarnych i ich kilkudniowej interpretacji.

Opracowany i funkcjonujący w Instytucie Geodezji i Kartografii system informacji geograficznej jest systemem obejmującym swym zasięgiem obszar całego kraju. Stąd też wynika szczegółowość informacji zgromadzonych w jego bazie danych. System powstał w rezultacie prac nad technologią samego systemu, jak również w wyniku prac nad gromadzeniem i przetwarzaniem informacji pozyskiwanych ze zdjęć lotniczych i satelitarnych. Nie jest on dedykowany żadnemu konkretnemu celowi praktycznemu, toteż jego rola w określaniu zasięgu i skutków powodzi ma raczej charakter demonstracyjny niż praktyczny. Wydaje się jednak, że osiągnięte wyniki jednoznacznie wskazują na konieczność opracowania takiego systemu dla obszarów zagrożonych klęskami żywiołowymi, np. powodzią w dolinie górnej i środkowej Odry czy górnej Wisły. Baza danych takiego systemu powinna zawierać znacznie dokładniejsze dane odnoszące się przede wszystkim do szczegółowego modelu rzeźby terenu oraz form pokrycia i zagospodarowania obszaru. Te dane można pozyskać z odpowiednio wykonanych wielkoskalowych zdjęć lotniczych. Wiele innych informacji charakteryzujących środowisko geograficzne wymienionych obszarów istnieje w postaci map tematycznych i opracowań specjalistycznych. W bazie danych powinny znaleźć się też archiwalne i aktualne dane o wielkości opadów atmosferycznych, a także dane na temat własności poszczególnych działek i budynków oraz ich wartości. Wszystkie te dane powinny być zamienione na postać numeryczną i wprowadzone do bazy danych regionalnych lub branżowych systemów informacji geograficznej dedykowanych konkretnemu zastosowaniu.

Rola systemu informacji geograficznej nie powinna się ograniczać tylko do gromadzenia danych lub ich prostego przetwarzania. Wprowadzenie do systemu modułu symulującego przebieg danego zjawiska i wykorzystanie ogromnej liczby danych zebranych w bazie danych umożliwi prognozowanie wystąpienia powodzi i szacowanie jej skutków. Rola zdjęć satelitarnych, w tym także mikrofalowych, ograniczy się przede wszystkim do weryfikacji modelu prognostycznego.

Tabela 2. Obszary zalane falą powodziową w województwach nadodrzańskich (km²)

Forma użytkowania ⁴	Województwo													
	gorzowskie		katowickie		legnickie		leszczyńskie		opolskie		wrocławskie		zielonogórskie	
	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków
Zabudowa zwarta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	29,7	0,0	0,0
Zabudowa luźna	0,5	0,4	4,4	0,6	1,3	1,5	0,1	0,1	11,0	3,4	12,5	5,7	3,8	2,2
Tereny przemysłowe	0,0	0,1	0,7	0,4	0,4	2,3	0,0	0,0	2,2	6,8	0,4	3,1	0,1	1,3
Tereny komunikacyjne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,3	0,0	0,0
Porty, lotniska	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	42,5	0,1	34,8	0,0	0,0
Odkrytki, zwałowiska, hałdy	0,0	0,0	0,4	0,7	1,4	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Miejskie tereny zielone	0,1	0,5	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	2,9	15,5	4,2	15,2	0,3	3,3
Tereny sportowe i wypoczynkowe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	21,0	7,2	15,3	0,0	0,0
Grunty orne	6,8	0,2	21,9	1,1	27,5	1,2	3,3	0,1	199,5	4,2	81,2	2,2	36,7	1,2
Sady i plantacje	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	14,6

⁴ Klasyfikacja form według metodyki obowiązującej w projekcie CORINE Land Cover (EUR 12585, 1994)

Forma użytkowania	Województwo													
	gorzowskie		katowickie		legnickie		leszczyńskie		opolskie		wrocławskie		zielenogórskie	
	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków	Pow. zalana	% ogólnej pow. użytków
Łąki	75,4	9,3	7,3	1,9	31,4	11,0	22,9	4,7	68,1	11,3	74,2	14,6	86,5	12,6
Złożone systemy upraw i działek	1,8	1,5	5,6	0,8	1,2	0,9	0,2	0,3	18,9	6,9	5,0	2,9	0,4	0,3
Tereny rolnicze z roślinnością naturalną	1,1	0,5	1,8	0,8	1,1	1,6	0,7	2,5	11,7	7,6	23,2	15,6	6,5	6,2
Lasy liściaste	6,0	1,3	0,3	0,1	25,9	14,2	6,1	4,5	24,0	6,4	64,9	16,9	39,7	10,5
Lasy iglaste	0,7	0,1	0,0	0,0	1,3	0,2	5,0	1,0	8,0	0,6	17,6	2,6	9,3	0,2
Lasy mieszane	0,6	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	2,3	1,1	4,7	1,1	15,5	4,4	1,6	0,3
Murawy i pastwiska naturalne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	37,2	1,4	38,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wrzosowiska. i zakrzaczenia	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,1	3,2	0,0	0,0
Plaże, wydmy, piaski	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Roślinność rozproszona	0,1	0,1	0,0	0,0	0,8	8,9	0,0	0,0	0,9	27,0	0,1	0,9	0,0	0,0
Bagna	1,1	5,8	0,3	2,0	0,3	1,6	0,0	0,0	5,0	54,4	0,0	0,0	0,3	1,5
Razem	94,2		43,0		93,7		42,0		358,4		325,2		187,4	

LITERATURA

1. Baranowski M. [1998]: *Aspekty tworzenia numerycznego modelu rzeźby terenu dla obszaru Polski*. Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej". Warszawa: 19-21 maja 1998r. str. 35 -44.
2. Barbieri M., Basutti R., Calabresi G. [1997]: *Monitoring the Summer 1997 Floods in North-Eastern Europe through "Earth Watching"*. ESA. Earth Observation Quarterly Nr 56-57.
3. Baranowski M., Ciołkosz A. [1997]: *Opracowanie bazy danych "pokrycie terenu Polski"*. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii t. 44 z. 95, s. 7-25.
4. Canadian Centre for Remote Sensing Newsletter. Vol. 24, nr. 1, December 1996
5. Canadian Centre for Remote Sensing Newsletter. Vol. 25, nr. 2, October 1997.
6. CEOS - (Committee on Earth Observation Satellites) Yearbook [1997]: *Towards an Integrated Global Observing Strategy*.
7. EUR 12585 - CORINE Land Cover Project - Technical Guide, [1994]. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
8. Ciołkosz A. [1977]: *Określenie zasięgu fali powodziowej w Polsce południowo-zachodniej za pomocą zdjęć lotniczych*. Przegląd Geodezyjny nr 12 s. 432-433.
9. Ciołkosz A., Gronet R. [1982]: *Rozwój sytuacji powodziowej w dolinie Bugu i Narwi wiosną 1979 r. zarejestrowanej na landsatowskich zdjęciach satelitarnych*. Fotointerpretacja w Geografii t. 6 (16) s. 9-21.
10. ESA: ERS User Handbook [1993]. ESA SP-1148.
11. Short N. M., Lowman P. D., Freden S. C., Finch W. A. [1976]: *Mission to Earth: Landsat Views the World*. Washington: NASA.
12. Sujkowska W. [1993]: *Powódź w rejonie St. Louis-lipiec 1993-operacyjne zastosowanie zdjęć satelitarnych*. Fotointerpretacja w geografii t. 23, str. 161-165.
13. Reflections. A RADARSAT International Newsletter. Vol. 2, nr 2. Fall 1993.
14. Reflections. A RADARSAT International Newsletter. Vol. 6, nr.1. Winter 1997/1998.

Recenzował: prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski

*ELŻBIETA BIELECKA
ANDRZEJ CIOŁKOSZ*

FLOOD IN ODRA VALLEY IN 1997
AS INTERPRETED ON THE BASIS OF SATELLITE IMAGES

S u m m a r y

Development of satellite techniques and methods of permanent earth imaging resulted in new information about objects and phenomena existing on Earth surface. Satellite images, owing to synoptic presentation of extensive areas, give a lot of information about large-area phenomena, including catastrophic floods. Such images were applied many times for documenting flood extent in different countries, also in Poland. For the first time they were used for determining extent of flood wave during spring flood in Bug and Narew valley in 1979.

Atmospheric conditions at a period of flood often cause, that application of images collected in optical bands is not possible. In such a case microwave images can be helpful. Since several years satellites equipped with radar imaging sensors operate on the Earth's orbit. One of them is ERS satellite, launched by European Space Agency.

At the second decade of July 1997, i.e. during maximum flood wave, ERS satellite collected series of images of Odra river between Raciborz and its estuary to Szczecin Bay. Thanks to the European Space Agency these images were quickly made accessible to the Remote Sensing and Spatial Information Centre - OPOLIS of the Institute of Geodesy and Cartography. They were first processed geometrically and radiometrically in the Centre and next interpreted in order to determine flood extent.

Interpretation of images in most cases was not difficult, as black tone of water was quite well distinguishable. In some cases additional materials were used for delineating boundary of flood, for instance archival aerial and satellite photographs, as well as topographic maps. Result of interpretation - maximum extent of flood - was converted to digital form and entered to the geographic information system.

Multi-thematic spatial data stored in the geographic information system enabled to determine types of land use covered by water, as well as to calculate their acreages in particular administrative units. Seven voivodships were affected with flood: katowickie, opolskie, wroclawskie, legnickie, leszczynskie, zielonogorskie, gorzowskie and 93 communes within these voivodships. Water covered over 1143 km², mainly arable land, meadows and forests, as well as over 50 km² of built-up land. Data gathered in the geographic information sys-

tem revealed, that extent of flood was limited in principle to the holocene flood and upper flood plain. Catastrophic effects of the flood first of all resulted from excessive investments within this area.

Translation: Zbigniew Bochenek

*АНДЖЕЙ ЦИОЛКОШ
ЭЛЬЖБЕТА БЕЛЕЦКА*

НАВОДНЕНИЕ В ДОЛИНЕ ОДЕРА В 1997 ГОДУ В СВЕТЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Резюме

Атмосферные условия в моменте наводнения часто не дают возможности проведения съёмки в оптическом диапазоне спектра. Тогда с помощью приходят микроволновые снимки. Уже несколько лет кружат по орбитам спутники, снабжённые съёмочной радиолокационной аппаратурой. Одним из таких спутников является спутник ERS, являющийся собственностью Европейского Космического Агенства.

Во второй декаде июля 1997 года, стало быть в период максимальной паводковой волны, спутник ERS выполнил серию снимков между Рацибожем и устьем Одера в Щетинский залив. Эти снимки были предоставлены Европейским Космическим Агенством (ESA) Центру дистанционного зондирования и пространственной информации- OPOLIS Института геодезии и картографии в Варшаве. Здесь были они подданы геометрической и радиометрической обработке, а затем интерпретации, имеющей целью определение охвата паводковой волны.

Интерпретация снимков в большинстве случаев не причиняла трудностей, т.к.чёрное изображение воды было сравнительно чётко видно. В некоторых случаях для определения охвата воды были использованы дополнительные материалы, такие как: архивные аэро и космические снимки, а также топографические карты. Результат интерпретации - максимальный охват паводковой волны - заменено в цифровой вид и введено в систему географической информации.

Собранные в системе географической информации многотематические пространственные данные разрешили определить формы землепользования залитые паводковой волной, а также вычислить их площади в отдельных единицах административного деления страны.

Наводнением было затронуто семь воеводств: Катовицкое, Опольское, Вроцлавское, Легницкое, Лещинское, Зелёногурское и Гожовское, а в их пределах 93 гмины. Под водой оказалось свыше 1143 км², в том , прежде всего, пахотные земли, луга и леса, а также 50 км² застроенных территорий. Данные собранные в системе географической информации выявили факт, что охват паводковой волны ограничился в основном пространством голоценовой заливной и надзаливной равнины, а катастрофические последствия этого наводнения вытекали, прежде всего, из чрезмерных капиталовложений на этой именно территории.

Перевод: Róża Tolstikowa

