

Edward Tomaszewski  
/Wrocław/

### WIELOSPEKTRALNA ANALIZA WÓD MORSKICH I STREFY PRZYBRZEŻNEJ

Wielką ambicją teledetekcji jest osiągnięcie izolowanych oznaczeń spektralnych dla głównych zasobów naturalnych Ziemi jako funkcji miejsca i czasu. Według opinii pedagogów francuskich 2/3 wiadomości, które dziś przekazuje się studentom geofizyki do magisterium na temat środowiska Ziemi, nie było ogólnie znane w 1960 roku!

Obecnie uznaje się za kanon, że: energia, informacja i ład są ściśle z sobą związane, nawet z punktu widzenia ekonomii. Istnieją tutaj dwa czynniki wzrostu:

- 1/ wzrost operacji przetwarzania danych - informatyka,
- 2/ wzrost czynności przepływu danych - telekomunikacja.

Na tym tle zaczyna się rozwój informacji o zdalnym rozpoznawaniu zasobów Ziemi. Takie sformułowanie zadań oznaczałoby zajmowanie się jedynie strefą lądową, a nie morską. Tymczasem sprawa nie wygląda tak jednostronnie. Choć początkowo, w okresie wstępnych badań i w okresie przystosowywania teledetekcji dla celów wojskowych /wojna w Wietnamie/ położono istotnie nacisk na środowisko lądowe /roślinne, surowcowe, ludnościowe, wód słodkich itd./, to jednak około 1970 roku rozpoczęto badania nad analizą obrazów wód przybrzeżnych, morskich i oceanicznych. Badania bowiem "lądowe" miały umożliwić łatwą kontrolę otrzymywanych wyników i jednocześnie służyły jako testy dla późniejszych programów.

Jednym z obszarów testowych była laguna Méjean na zachód od Marsylii /Francja/, gdzie kontrolowano sezonowe zmiany wód przybrzeżnych /w lutym kanały są czynne, w lipcu bezwodne/. Innym rejonem testowym było ujście rzeki Hérault /zachodnia część zatoki Liońskiej/. Badano tutaj zrzuty wody słodkiej do słonej wody Morza Śródziemnego, rozchodzenie się i rozwój osadów rzecznych, formowanie się delty prądowej i wpływ falochronów na działanie prądów w odstępach 15 minutowych. Można było wyraźnie zaobserwować, że zawiesina rzeczna nie miesza się z wodą morską i utrzymuje

się na głębokości około 50<sup>o</sup> cm. Wreszcie podwodna hodowla ostrzyg kontrolowana jest na podstawie zdjęć multispektralnych w zależności od tempa zamulenia strefy przybrzeżnej w różnych porach roku, co z kolei zależne jest od turbulencji wód głębszych, dobrze widocznej na zdjęciach. To samo dotyczy rejestracji i wpływów podziemnych źródeł, uchodzących poniżej poziomu morza.

Badania te prowadzili Francuzi w 1970 roku, posługując się zdjęciami multispektralnymi, wykonywanymi z pokładów samolotów wysokiego pułapu i to zarówno przy pomocy fotografii jak i aparatury omiatającej /scanner I.R.Cyclope/.

Teledetekcja w zastosowaniu do badań mórz i oceanów zaczyna nabierać coraz większego rozmachu, dzięki gospodarczemu ich znaczeniu i konieczności rozpoznania 2/3 powierzchni naszego globu, zajętej przez wody oceaniczne. Toteż wstępne badania dotyczyły konieczności poznania bezmiarów oceanicznych różnymi metodami, takimi jak: akustyczna, elektromagnetyczna, grawimetryczna i magnetyczna. Najcenniejsze i najszybsze okazały się badania elektromagnetyczne, gdyż dały szybką odpowiedź na 4 zasadnicze tematy:

1. Zidentyfikowanie, sprawdzenie i ocenę technik, które mogą pracować na pokładach satelitów Ziemi, celem dostarczania ważnych danych oceanograficznych dla celów synoptyki morskiej.
2. Ustalenie poprawności danych oceanograficznych uzyskiwanych przez satelity przez porównanie z powierzchniowymi danymi teledetekcyjnymi /naziemnymi/ i połączenie tych danych ze zjawiskami na powierzchni i pod powierzchnią oceanu.
3. Rozwinięcie i sprawdzenie technik zdobywania danych satelitarnych ze zgodnością danych uzyskiwanych tradycyjnymi metodami synoptycznymi.
4. Rozwinięcie techniki prognozowania środowiska dla dynamicznych zjawisk oceanicznych /przy użyciu satelitów/.

Dla wyjaśnienia należy dodać, że dwie właściwości oceanu są podstawowe:

- nierówne urzeźbienie powierzchni oceanu,
- przenikliwość energii elektromagnetycznej w głąb wody.

Nierówną właściwość cechuje: zmienność falowania, szybkość fali, jej amplituda, co w rezultacie powoduje dodatkowe trudności gdy chodzi o precyzję pomiarów powierzchni.

Natomiast drugi punkt zakłada, że najbardziej przenikliwy dla promieniowania elektromagnetycznego jest w zakresie fal widzialnych, zakres nie-

niebiesko-zielony, czyli 0,4 - 0,6 mikrona. Sprawdzono ten fakt podczas zanurzenia batyskafu "Ben Franklin" z dr J. Piccardem w roku 1969 w środku prądu Zatokowego /Golfstrom/. Najgłębszą widoczność, wynoszącą 25 m osiągnięto przy długości fali niebiesko-zielonej. Pasmo czerwieni nie dawało żadnego obrazu już przy głębokości 10 m. Na podobnej zasadzie oparte są pomiary bioluminescencji, pomocne przy poszukiwaniach ławic ryb.

Najciekawsze są jednak dane termiczne, których dostarcza teledetekcja w paśmie 10,5-12,5 mikrona. Na tym systemie opiera się program "NAVOCEANO" /Naval Oceanographic Office/ używany na Oceanie Atlantyckim w okolicach Islandii. Dane termiczne różniące się o 1°C, mają olbrzymie znaczenie praktyczne /żeglugowe, łowieckie, meteorologiczne/. Stwierdzono np., że pola lodowe Arktyki poruszają się z prędkością 75 km na dobę.

Barwa oceanu jest zmienna i zależna od wielu czynników, jak: wysokość słońca, ilość substancji odżywczych, plankton, od ładunku zawiesiny, zanieczyszczeń, od charakteru dna i głębokości wody. Procesy asymilacyjne i fotosynteza są podstawą cyklu życia w morzu i świadczą o produktywności oceanu. Dla tych celów badawczych służy w teledetekcji pasmo 0,7-0,8 mikrona, czyli żywa czerwień dla warstw przypowierzchniowych. Dla badania głębszych warstw oceanicznych służy pasmo 0,42 - 0,46 mikrona, czyli niebieskie; przy jego pomocy można obliczyć ilość chlorofilu w miligramach na 1 m<sup>3</sup> wody.

Kartowanie strefy przybrzeżnej według metod lądowych jest zawodne i błędne, wobec codziennych zmian linii brzegowej, oraz znacznej dynamiki dna podczas wysokich stanów wody i sztormów. Poza tym zmiany sezonowe sięgające 20 - 30 m głębokości uniemożliwiają klasyczne kartowanie. Echo-sonda nie działa tutaj dokładnie i nie zawsze można polegać na jej wskazaniach.

Niezmiernie ważną gospodarczo dziedziną są morskie procesy brzegowe, przejawiające się w fizycznej działalności między morzem, brzegiem, prądami rzek i przybrzeża, wpływami słońca i księżyca, oraz działalnością człowieka. Sprowadza się to w sumie do zależności fizyczno-biologicznych w ujęciu zespołowym cech środowiskowych oraz do ingerencji człowieka w powyższe układy. Z uwagi na zmienne w czasie i przestrzeni procesy lądowe i morskie, tylko aparaty typu ERTS-1 /od 23 VII 1972 roku na orbicie/ mogą tutaj sprostać zadaniu, dając obrazy synchroniczne, oddzielnie dla wielu zakresów promieniowania, czego nie można by uzyskać metodami konwencjonalnymi.

Z dotychczasowych badań teledetekcyjnych wynika, że środowisko oceaniczne jest ogromnie ruchliwe i szybko zmienne. Do badań mórz trzeba więc

stosować metody kombinowane z wyraźnym naciskiem położonym na teledetekcję satelitarną. Dopiero wtedy będzie można nazwać "oceanografia synoptyczna". Przy dzisiejszym stanie informacji satelitarnych można otrzymać mapę temperatur z dokładnością do  $1^{\circ}\text{C}$  całej powierzchni oceanów w ciągu 10 dni. Zlodzenie i ruchy pokrywy lodowej w wysokich szerokościach geograficznych na obu półkulach są podstawą dla synpotyki żeglugowej; dotychczas wykonywały to statki przybrzeżnej straży lodowej /International Ice Patrol/ przy wybrzeżach Ameryki Północnej, lecz były to sygnały punktowe, rzadziej liniowe.

Z całego szeregu zakresów promieniowania elektromagnetycznego należy wymienić kilka pasm, które szczególnie trafnie pracują dla potrzeb badania mórz i oceanów. I tak pasmo 0,6 - 0,7 mikrona umożliwia śledzenie wędrówki mas wodnych przy ujściach dużych rzek. Pasmo 0,5 - 0,6 mikrona sięga głębiej i bada sedymenty w strefie przybrzeżnej /deltę, ławice, kaniony/. Pasma: 0,7 - 0,8, i 0,8 - 1,1 mikrona odróżniają wodę od łądu w strefach bagiennych, umożliwiając w ogóle wytyczenie linii brzegowej tam, gdzie metody klasyczne zawodzą całkowicie. Jak dalece dokładne są uzyskane informacje świadczy fakt, że badania prądu Zatokowego w paśmie 0,6 - 0,7 mikrona pozwoliły wyznaczyć temperaturę powierzchni prądu i jego zasięg w strefie turbulencji.

Należy sądzić, że w ciągu najbliższych paru lat tak dalece ulegnie zmianie nasze wyobrażenie o charakterze dynamiki i zasobności oceanu światowego, że działalność człowieka w dziedzinie kształtowania optymalnych warunków użytkowania wód będzie świadoma, kompleksowa i zgodna z zasadą niezbędnej równowagi środowiska.

Edward Tomaszewski

#### A MULTISPECTRAL ANALYSIS OF SEA WATERS AND THE COASTAL ZONE

Very little is so far known about the geographical environment of the seas and oceans. This statement applies particularly to the coastal zones which have a considerable effect not only on the shoreline, but also on the entire hinterland. Here, teledetection represents a powerful, and so far the only, exploratory weapon capable of solving many problems. Specially privileged are certain ranges of the electromagnetic spectrum. They penetrate through the sea water and make it possible not only to investigate the bottom sediment, but also those phenomena whose recording was hitherto impossible. These include the following: the surface

distribution of sea current temperatures, biomass content, movement of sea ice, the rate of shoreline changes in peaty areas, degree of pollution etc. The most appropriate radiation ranges for the above purposes are: 0.42-0.46  $\mu$ , 0.5-0.6  $\mu$ , 0.7-0.8  $\mu$ , 0.8-1.1  $\mu$ , 10.5-12.5  $\mu$ . Since 1972 information of this type has been provided for the whole world every 18 days by the ERTS-1 Satellite. It will make it possible to control the development of the world geographic environment in a different way.