

Zdalne pomiary ekosystemu Morza Bałtyckiego

Splątane barwy morza

BOGDAN WOŹNIAK, JERZY DERAInstytut Oceanologii
Polskiej Akademii Nauk, Sopot
wozniak@iopan.gda.pl, dera@iopan.gda.pl

Z orbitalnej perspektywy nasza Błękitna Planeta to planeta mórz. Ich barwy kryją w sobie informacje o ekosystemie. Odczytanie ich to trudne zadanie, wymagające pomiarów setek rozmaitych odcieni i oddzielenia zakłóceń powodowanych przez atmosferę

Mniej więcej połowę obszaru kontynentu europejskiego pokrywają wody mórz szelfowych i półzamkniętych. Dla krajów otaczających morza półzamknięte ogromnie istotne jest utrzymywanie ich w dobrym, jak najmniej zanieczyszczonym stanie. Dotyczy to również Morza Bałtyckiego i krajów nadbałtyckich. Morskie ekosystemy zmieniają się nieustannie pod wpływem działalności człowieka. Eutrofizacja i zanieczyszczenia wód, zmiany klimatu, wahania poziomu morza i temperatury wód, rozwój szkodliwych glonów, zanikanie niektórych gatunków morskich roślin i zwierząt, inwazja nowych gatunków – cała ta wieloaspektowa ewolucja tworzy

bardzo skomplikowany mechanizm. Zapewnienie niezakłóconego, zrównoważonego użytkowania Morza Bałtyckiego i jego bogactw wymaga zatem stałej obserwacji jego ekosystemów. Pomiary i analizy, dokonywane w morzu w wybranych miejscach i czasie, są podstawową metodą badań. Jednak skuteczny, systematyczny monitoring całego morza można osiągnąć jedynie za pomocą teledetekcji satelitarnej. Technika ta polega na optycznym pomiarze koloru morza, z którego można wyliczyć stężenia pigmentów fitoplanktonu w morzu, produkcję pierwotną materii organicznej w procesie fotosyntezy oraz inne parametry morskiego ekosystemu.

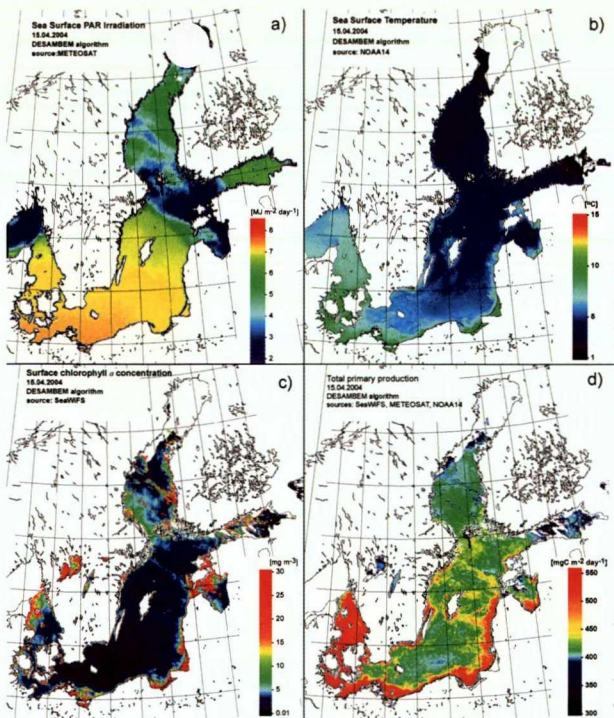
Przez zamgloną szybę

Teledetekcja stężenia chlorofilu i innych pigmentów w morzu jest dość prosta w teorii, ale wykorzystanie jej w praktyce wymaga skomplikowanych metod. Część światła słonecznego, które dociera do morza, przenika pod powierzchnię i rozprasza się we wszystkich kierunkach. Chlorofil i inne substancje znajdujące się w wodzie częściowo pochłaniają to rozproszone światło, a reszta odbija się z powrotem do atmosfery i można ją zmierzyć za pomocą spektrofotometru umieszczonego na pokładzie satelity.



Anna Drappella

Urządzenie do pomiarów w morzu z pokładu statku badawczego *Oceania*



Przykładowe mapy ekosystemu bałtyckiego, przedstawiające rozkład czterech parametrów uzyskanych metodą teledetekcji 15 kwietnia 2004 r.

Właściwości optyczne atmosfery, wyliczone z charakterystyki widmowej przechodzącego przez nią światła, pozwalają obliczyć charakterystykę światła padającego na morze i jego część wchodzącą do morza. Różnica między widmami światła wchodzącego do morza i wychodzącego z morza jest miarą jego absorpcji przez składniki środowiska wodnego. Pozwala ona wnioskować o stężeniu chlorofilu i innych pochłaniających światło substancji obecnych w wodzie morskiej. Trzeba też wziąć pod uwagę zmiany widma wynikające z przechodzenia światła przez atmosferę w obu kierunkach. Służy temu optyczny model atmosfery.

Do ustalenia całkowitej produkcji pierwotnej trzeba znać trzy parametry środowiska rejestrowane przez satelitę: stężenie chlorofilu oraz oznaczone w tym samym czasie natężenie promieniowania słonecznego i temperaturę wody morskiej. Obliczeń dokonuje złożony, biooptyczny model, opisujący absorpcję światła przez fitoplankton i wydajność kwantową procesu fotosyntezy w morzu. Znając wielkość produkcji pierwotnej można oszacować charakterystykę ilościową pierwszego ogniwa łańcucha pokarmowego organizmów morskich, które dostarcza energię do ekosystemu.

Wiarygodna ocena produkcji pierwotnej wymaga zastosowania złożonego algorytmu, uwzględniającego wiele różnych czynników. Próby rozwiązania tego problemu podejmują liczne zespoły badawcze w Stanach Zjednoczonych, w Europie i na całym świecie. Istnieją już algorytmy dotyczące otwartych oceanów, w których optyczne właściwości wody są mniej skomplikowane niż na szelfach i w morzach półzamkniętych. Niestety wody Bałtyku różnią się znacznie od wód oceanicznych. Metodami teledetekcji barw nie da się wyznaczyć ich parametrów równie łatwo jak w przypadku oceanu. Właściwości optyczne otwartych wód oceanu (tzw. wód typu I) dobrze korelują ze stężeniem chlorofilu, a co za tym idzie – z biomasą fitoplanktonu, ponieważ większość optycznie czynnej materii w wodzie powstaje w procesie fotosyntezy. Natomiast wody morskich, takich, jak Bałtyk (tzw.

wody typu II) zawierają oprócz chlorofilu duże ilości zawiesiny lub rozpuszczonych substancji organicznych pochodzących z rzek, wybrzeży, atmosfery itp., które w znacznym stopniu modyfikują pochłanianie światła i kolor wody.

Kolorowe problemy

Latem 2000 roku rozpoczęto realizację szeroko zakrojonego, krajowego programu, który ma na celu rozwiązanie problemów dotyczących teledetekcji ekosystemu bałtyckiego. Projekt ten, zatytułowany *Opracowanie satelitarnej metody monitoringu ekosystemu Morza Bałtyckiego*, zmierza do uzyskania właściwego modelu matematycznego i algorytmu dla obserwacji barw Morza Bałtyckiego. Zasadniczym celem projektu jest wypracowanie znormalizowanej metodologii określania właściwości bałtyckiego ekosystemu. Umożliwiłoby to prowadzenie rutynowych satelitarnych rejestracji i generowanie map obrazujących rozkład różnych parametrów na obszarze całego Bałtyku. Chodzi tu o takie parametry, jak: temperatura powierzchni wody, prądy wstępujące, zakwity planktonu, bilans radiacyjny górnych warstw atmosfery i powierzchni morza, fotosyntetycznie aktywna radiacja słoneczna (FAR), stężenia chlorofilu i innych pigmentów, produkcja pierwotna materii organicznej, uwalnianie tlenu oraz wiele innych.

W wyniku wieloletnich badań biooptycznych, eksperymentów i teoretycznego modelowania, udało nam się opracować wstępne wersje algorytmów i uzyskać przybliżone mapy satelitarne mierzonej temperatury, radiacji FAR, stężenia chlorofilu i produkcji pierwotnej w Morzu Bałtyckim. Niestety poziom dokładności tych obliczeń nie spełnia jeszcze naszych oczekiwań. Różnica między wartościami produkcji pierwotnej określonymi metodą teledetekcji a pomiarami *in situ* sięga 30%. Błędy te wynikają przede wszystkim z rozpraszania światła w atmosferze (aerozole, chmury) i ze zróżnicowania zawartości materii organicznej w różnych rejonach Bałtyku.

Ostatnie wyniki uzyskane metodą teledetekcji wskazują, że w Morzu Bałtyckim wielkość produkcji pierwotnej zmienia się w zakresie dwóch rzędów wielkości, zależnie od rejonu i pory roku. Ponieważ algorytm nie jest jeszcze wystarczająco precyzyjny, wszystkie pomiary Bałtyku metodą teledetekcji będą weryfikowane przez porównanie z pomiarami *in situ*, uzyskanymi z aparatury na radiopławach rozmieszczonych w wybranych punktach. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Woźniak B., Krężel A., Dera J. (2004). *Development of a satellite method for Baltic ecosystem monitoring (DESAMBEM) – an ongoing project in Poland*, *Oceanologia*, 46 (3), 445–455.
- Woźniak B., Dera J., Ficek D., Majchrowski R., Ostrowska M., Kaczmarek S. (2003). *Modeling light and photosynthesis in the marine environment*, *Oceanologia*, 45 (2), 171–245.
- Darecki M., Weeks A., Sagan S., Kowalczyk P., Kaczmarek S. (2003). *Optical characteristics of two contrasting Case 2 waters and their influence on remote sensing algorithms*, *Cont. Shelf Res.*, 23 (3)–(4), 237–250.