



prof. dr hab. Piotr Dawidowicz
Zakład Hydrobiologii
Instytut Ekologii
Wydział Biologii Uniwersytetu Warszawskiego
Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych
ul. Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa
tel.: 22 55 26 518 fax: 22 55 26 575

Warszawa, 24 .10.2024 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Marcina Wichrowskiego pt. "Problem izolacji oceanicznych gatunków pelagicznych - analiza z wykorzystaniem technologii baz danych, na przykładzie grupy Ostracoda".

Wszechocean pokrywa blisko 3/4 powierzchni Ziemi, a jego średnia głębokość sięga 4 km, jest to więc ekosystem o rozmiarach nieporównanie większych od wszystkich ekosystemów lądowych naszej planety, izolowanych w dodatku wyraźnymi i nieprzekraczalnymi dla większości gatunków barierami geograficznymi (którymi zwykle są właśnie oceany). Jeśli zgodzimy się definicja ekologii Chrlesa J. Krebsa ("nauka o zależnościach decydujących o liczebności i rozmieszczeniu organizmów"), to ekologiczne badania oceanów stanowią wzywanie już na bardzo elementarnym etapie gromadzenia danych o zmienności czynników środowiskowych i przestrzennym rozmieszczeniu organizmów w tej ogromnej domenie, a po drugie - a może przede wszystkim - na etapie opracowania już zgromadzonego w różnych źródłach materiału. O ile zastosowanie technik satelitarnych i wszelkiego rodzaju zautomatyzowanych platform pomiarowych dramatycznie zwiększyło zasoby i precyzję danych z zakresu fizycznej oceanografii, a postęp technologii instrumentalnych (w rodzaju działających *in situ* automatycznych liczników planktonu) ułatwił także pozyskiwanie danych biologicznych (choć ich taksonomiczna rozdzielczość jest niewielka), to jednak pozostaje problem analizy i interpretacji gigantycznych zbiorów danych, dostarczanych przez te wszystkie technologicznie zaawansowane źródła. Dotyczy to także rozproszonych zasobów danych biologicznych, stworzonych przez zespoły ekspertów opracowujących tradycyjnymi metodami (analiza mikroskopowa) materiał dostarczony przez statki badawcze z różnych regionów oceanu. Poważnym problemem przy próbach syntezy zgromadzonych danych wydaje się nie tylko sama ich ilość, ale także ich różnorodny "format", utrudniający ekstrakowanie i porównywanie informacji z różnych źródeł i zasobów bibliotecznych - nawet jeśli są wprost dostępne dla badaczy.

Podstawowym celem poznawczym przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr Marcina Wichorowskiego było określenie związków pomiędzy rozmieszczeniem populacji 14 gatunków pelagicznych Ostracoda a naturalnymi barierami, potencjalnie wpływającymi na rozprzestrzenianie się tych populacji w głębokich wodach wschodniego Atlantyku. Osiągnięcie tego zamierzenia postawiło Autora przed opisanymi wyżej wyzwaniami. Rozprawa jest bardzo obszernym, liczącym (wraz z załącznikami) 267 stron opracowaniem wykorzystującym częściowo opublikowane dane dotyczące rozmieszczenia małżoraczków zebrane w serii brytyjskich wypraw Discovery i dotąd niepublikowane - z rejsu niemieckiego statku badawczego Polarstern w ramach programu Census of Marine Zooplankton. Dane te pochodziły z 14 stacji rozmieszczonych we wschodnim Atlantyku mniej więcej równomiernie w długim transekcie od 60°N do ok. 25°S i obejmowały trzy warstwy głębokości Oceanu: epi- (0-200 m) mezo- (200-2000 m) i batypelagial (2000-4000). Dane biologiczne zostały zintegrowane z dostępnymi informacjami fizycznymi i hydrograficznymi (przede wszystkim zasolenia, temperatury i głębokości), w szczególności z danymi generowanymi przez Community Earth System Model (CESM), co pozwoliło na weryfikację i/lub uzupełnienie odpowiednich charakterystyk środowiskowych. Brzmi to dosyć prosto, ale zasygnalizowana wyżej analiza i integracja danych wymagała zaiste gigantycznej pracy nad utworzeniem - jak to nazywa Autor - "hurtowni danych" opartej na modelu OLAP (Online Analytical Processing), i oryginalnych narzędzi informatycznych, umożliwiających ostatecznie automatyczne przetwarzanie danych, ich wizualizację i wieloczynnikowe analizy statystyczne. Podejrzewam, że właśnie część informatyczna (i statystyczna) jest najbardziej oryginalnym i nowatorskim elementem Rozprawy, ale moje naukowe kwalifikacje nie pozwalają mi na jej kompetentną ewaluację. Z konieczności ograniczę się więc do oceny części biologicznej pracy, stanowiącej główny element rozdziału Wyniki, choć jeszcze raz muszę podkreślić, że wartość Rozprawy dalece wykracza poza zawarte w niej opis i dyskusję rozmieszczenia atlantyckich małżoraczków i w znacznym stopniu polega na stworzeniu narzędzi służących do ekologicznej analizy wielkich, zróżnicowanych zbiorów danych oceanograficznych. Bez takich narzędzi zbiory te pozostawałyby bezużytecznymi cmentarzami danych, "*graveyards of data*", jak to określił jeden z moich znakomych amerykańskich kolegów.

Wyniki pracy uważam za nadzwyczaj interesujące, w wielu wypadkach oryginalne, a niekiedy - zaskakujące. Z pewnością do takich należy stwierdzenie zadziwiającej stabilności podstawowych parametrów hydrograficznych - temperatury (i jej pionowego rozkładu) i zasolenia w badanych obszarze Oceanu w ciągu (bez mała) czterdziestolecia obejmującego

badania. W okresie tym globalna średnia temperatura mierzona na powierzchni Ziemi wzrosła o niemal 1°C! Ta stabilność warunków abiotycznych oczywiście ułatwiła Doktorantowi porównywanie wyników w zebranych w odległych w czasie rejsach badawczych, ale ma też głębsze implikacje: można podejrzewać, że reakcja hydrografii oceanu na zmiany klimatyczne może być nieliniowa i po trudnym do określenia okresie odnotowanej przez Autora stazy nastąpi katastrofalna (w rozumieniu teorii katastrof) zmiana. Mogłaby się ona manifestować relatywnie gwałtownymi modyfikacjami przebiegu i intensywności prądów morskich, zmianami termiki wód itp. Jeśli te spekulacje są uprawnione (nie jestem oceanografem!) to spodziewana transformacja warunków abiotycznych ekosystemu Atlantyckiego mogłaby być zbyt szybka, bo pozwolić na adaptacje (a więc odpowiedź ewolucyjną, wymagającą czasu) u stenotopowych gatunków planktonowych, co wymusiłoby co najmniej istotne zmiany ich zasięgów geograficznych, jeśli nie wymieranie.

Bardzo cenny jest a opis rozmieszczenia przestrzennego 14 najliczniejszych gatunków Ostracoda wzdłuż długiego wschodnioatlantyckiego długiego transektu badawczego na tle podstawowych abiotycznych czynników środowiskowych (temperatura i zasolenie na różnych głębokościach). Doktorantowi udało się określić norm reakcji poszczególnych gatunków na te czynniki i wskazanie kosmopolitycznych gatunków o szerokiej tolerancji ekologicznej, jak *Discoconchecia elegans*) i stenotermicznych, jak *Porroecia oblonga* występująca tylko w wodach o niskim zasoleniu. Autor stwierdził, że właśnie zasolenie było najczęściej czynnikiem determinującym zasięg różnych gatunków Ostracoda, jednak, co także interesujące, szerokość zakresu tolerancji na temperaturę i na zasolenie nie były wzajemnie skorelowane w badanej grupie gatunków. Dysponując modelami generującymi dane środowiskowe (CESM) i modelami rozmieszczenia gatunków (SDM) Doktorant mógł wiarygodnie określić środowiskowe bariery ograniczające występowanie populacji poszczególnych populacji małżoraczków, a co więcej - mógł prognozować zmiany rozmieszczenia gatunków w odpowiedzi na spodziewane zmiany klimatyczne. Warto przy tej okazji podkreślić ważkość potwierdzenia precyzji modelu CESM w odtwarzaniu (przewidywaniu) gradientów termicznych i zasolenia w Oceanie. Potwierdza to przydatność tego modelu do uzupełniani *post factum* istotnych luk w materiale terenowym (np. rekonstruowanie profili temperatury i zasolenia dla stanowisk, w których zebrano materiał biologiczny ale z różnych powodów nie uzyskano charakterystyk środowiskowych), a także do przewidywania przyszłych istotnych zmian w abiotycznych czynnikach środowiska oceanicznego, wynikających z trendów klimatycznych.

Rozprawa Pana mgr Wichorowskiego nie jest pozbawiona pewnych mankamentów, skądinąd nie do uniknięcia w tak imponująco obszernym opracowaniu. Po pierwsze, dość częste są błędy terminologiczne, językowe i stylistyczne. Na przykład Doktorant dosyć konsekwentnie, i błędnie, posługuje się terminem "liczebność", gdy opisuje rozmieszczenie populacji małżoraczków (rozdział 6.2). W rzeczywistości chodzi o "zagęszczenie", czyli liczbą osobników na jednostkę zajmowanej przez nie przestrzeni (zwykle m³). Autor niezręcznie posługuje się terminem "dystrybucja" (str. 83 "...dystrybucja dorosłych osobników była równomiernie rozłożona..."). Należało napisać po prostu "dystrybucja dorosłych osobników była równomierna" - "dystrybucja" i "rozkład" to synonimy. Z kolei na stronie 99 mamy "..zakresy temperatur, w których obserwowano *B. borealis*...", ale już "zakresy zasolenia" a nie "zakresy zasoleń". Poprawniej byłoby użyć liczby pojedynczej w obu przypadkach i napisać o "zakresach temperatury i zasolenia". Zdecydowanie niezręczne jest zdanie (str. 123, drugi akapit) "Praca wnosi kilka istotnych wkładów do dziedziny oceanografii...".

Te drobne uchybienia mają przede wszystkim aspekt estetyczny nie wpływają istotnie na recepcję tekstu, ale niekiedy (rzadko!) wypaczają sens wypowiedzi Autora. Np. w rozważaniach o „paradoksie planktonu” (a nie paradoksie Hutchinsona, jak pisze Doktorant ; Hutchinson jedynie dostrzegł i nazwał to zjawisko) znajdujemy definicję zasady konkurencyjnego wykluczania brzmiącą (s. 119) jak następuje: „... w stabilnym środowisku tylko kilka gatunków może współistnieć, ponieważ konkurują o te same zasoby.” Definicja ta nie tylko jest niepoprawna, ale można ją zrozumieć tak, że gatunki te współistnieją dlatego, że konkurują o te same zasoby. Tymczasem jest wręcz przeciwnie! W dalszym ciągu rozważań nad paradoksem planktonu Autor przedstawia oryginalne „Wyjaśnienie Hutchinsona”, a w następnym akapicie „Współczesne wyjaśnienia” Paine’a, Tillmana, Maya i Levina. Takie zestawienie sugeruje, że koncepcje Hutchinsona są przebrzmiałe i zastąpione przez nowe propozycje innych ekologów, co oczywiście nie jest prawdą - te "współczesne wyjaśnienia" (nie takie znów nowe, przedstawiono je w latach 1966-1992) sugerują dodatkowe, alternatywne mechanizmy wyjaśniające paradoks planktonu, ale są niesprzeczne z koncepcjami Hutchinsona.

Autor konsekwentnie posługuje się w tekście terminami "strefa borealna" i "strefa południowa", co nie jest całkiem ściśle. Globalny obszar geograficzny objęty badaniami był asymetryczny - najdalej na południe wysunięta stacja w rejsie Polarstern sięgała ok. 25°S, podczas gdy stanowiska na półkuli północnej sięgają 60°N czyli obszarów Subarktyki. Wobec

tego strefa opisywana w Rozprawie jako "południowa" była w istocie strefą tropikalną (międzyzwrotnikową) - nie wiemy nic o rozmieszczeniu małżoraczków jeszcze dalej na południe, w rejonie klimatu umiarkowanego i w rejonie subantarktycznym.

W drugim akapicie rozdziału podsumowującego Rozprawę rozdziału "Wnioski" Autor wymienia równorzędnie czynniki środowiska abiotycznego, tj. temperaturę, zasolenie i głębokość "...które odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu nisz ekologicznych, wpływając na rozmieszczenie przestrzenne (zasięg geograficzny i rozkład pionowy) poszczególnych gatunków". Oczywiście, z formalnego punktu widzenia są to czynniki równorzędne (czynniki główne w analizach statystycznych), ale z biologicznej, czy ekologicznej perspektywy nie powinny być tak samo traktowane: głębokość oceanu była mniej więcej taka sama w całym obszarze badań, w przeciwieństwie do temperatury i zasolenia. Natomiast głębokość przebywania małżoraczków dowolnego gatunku wynikała z aktywnego wyboru siedliska (*habitat choice*) dokonywanego przez osobniki - pokonanie dystansu pionowego rzędu setek metrów nie jest wielkim wyzwaniem dla planktonowych skorupiaków - choćby amplituda dobowych migracji pionowych niektórych z nich przekracza niekiedy 200 m. O ile więc temperatura i zasolenie były czynnikami niezależnymi od rozmieszczenia zwierząt (choć oczywiście wpływały na to rozmieszczenie), to głębokość, zasiedlana przez populacje badanych gatunków wynikała z aktywności (mobilności) zwierząt i ich preferencji środowiskowych.

Wreszcie w skądinąd dobrze napisany i interesujący rozdział "Dyskusja" mogłaby być nieco bardziej nasycony literaturą. W tym liczącym 23 strony rozdziale naliczyłem tylko kilkanaście odwołań do źródeł i w rezultacie trudno było mi - osobie nieoczytanej w literaturze oceanologicznej - ocenić, które z zawartych tam twierdzeń są spostrzeżeniami Doktoranta, a które należą do kanonu ugruntowanej już wiedzy.

Przedstawione powyżej drobne uwagi krytyczne w żaden istotny sposób nie podważają bardzo dużej, merytorycznej wartości recenzowanej rozprawy Pana mgr inż. Marcina Wichorowskiego. Jest to oryginalna, znakomita praca, dowodząca rozległych i unikatowych kompetencji Autora. Rozprawa wnosi bardzo znaczący, oparty na analizie ogromnego materiału, wkład do wiedzy o rozmieszczeniu atlantyckich małżoraczków, ważnego elementu skorupiakowego planktonu oceanicznego, i o czynnikach środowiska morskiego kształtujących to rozmieszczenie. Praca dostarcza też oryginalnych i unikatowych narzędzi do eksploatacji i interpretacji o rozmieszczeniu planktonu oceanicznego dostępnego w

światowych bazach danych. Rozprawa spełnia z naddatkiem wszystkie merytoryczne i formalne wymogi stawiane tego rodzaju dysertacjom. Wobec tego, na podstawie ustawy z dnia 14 marca 2023r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65), ustawy z dnia 18 marca 2011r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. nr 84 poz. 455) wraz z późniejszymi zmianami oraz w oparciu o rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018r. poz. 261) wnoszę więc o dopuszczenie jej autora, Pana Marcina Wichorowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.