

# Dlaczego zooplankton jest ważny?

Łukasz Sługocki, Katedra Zoologii Ogólnej Uniwersytetu Szczecińskiego

Zooplankton to małe organizmy unoszące się w wodzie, żywiące się głównie mikroskopijnymi roślinami wchodzącymi w skład fitoplanktonu. Większość organizmów planktonowych jest niedostrzegalna gołym okiem, co sprawia, że wielu ludzi może nie wiedzieć o jego istnieniu. Co by się stało, gdyby rzeczywiście nie było zooplanktonu?

Odpowiedzi spróbujemy poszukać w skamielinach. Pod koniec Permu nastąpiło wielkie wymieranie, które unicestwiło 95% wówczas żyjących gatunków. Podobne zjawisko miało miejsce pod koniec Kredy, gdy nie tylko wyginęły dinozaury, ale i większość dużych gatunków morskich. Przyczyny tych zdarzeń są wciąż dyskusyjne, choć najmocniejsze dowody przemawiają za uderzeniem meteorytu. Jedno jest pewne – całe ekosystemy upadły, ponieważ łańcuch pokarmowy został przerwany. Wyginięcie roślin i zwierząt z dołu łańcucha pokarmowego pociągnęło za sobą większe zwierzęta, które nie miały się czym żywić. Jeśli nawet przeżyły katastrofę, to nie przetrwały czasu głodu.

Z pewnością zooplankton, jako centralne ogniwo łańcucha pokarmowego, jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania ekosystemów wodnych. Z czego składa się zooplankton? Najważniejszymi, bo i najczęściej występującymi grupami, są wrotki (*Rotifera*) oraz skorupiaki (*Crustacea*), a wśród nich wioślarki (*Cladocera*) i widłonogi (*Copepoda*). Obok wspomnianych znajdują się jeszcze pierwotniaki (*Protozoa*). Przedstawiciele każdej z grup mogą kolonizować zarówno wody słodkie, jak i słone.

Można też przyjąć bardziej specyficzne podziały, które uwzględniają miejsce występowania, na przykład pelagial (otwarta toń) czy litoral (strefa brzegowa), bądź strategie żywieniowe, na przykład filtratory, drapieżniki, pasożyty. Większość przyjętych definicji planktonu mówi, że są to biernie unoszone w toni niewielkie organizmy niepotrafiące przeciwstawić się prądom wody<sup>1</sup>. Jednak warto zaznaczyć, że wśród wielu gatunków zooplanktonu zachodzą migracje dobowe. W ciągu dnia licznie przebywają w warstwach głębszych (unikając planktonożernych ryb), aby nocą powrócić do warstw powierzchniowych (w celu spasaniania się na fitoplanktonie). Ponadto w warstwach powierzchniowych, w których panują wyższe temperatury, zwierzęta mają szansę na zwiększenie tempa reprodukcji.

## Seksualność plankterów

Zatrzymajmy się chwilę na temacie seksualności. *Bdelloida* to klasa wrotków bezpancerzykowych, których wyjątkowość tkwi w ich aseksualności (wszystkie są samicami). Sam rozród partenogenetyczny nie jest czymś niezwykłym w biologii. Zazwyczaj u takich organizmów w czasie silnych fluktuacji w środowisku dochodzi do pojawienia się samców, a w konsekwencji do urozmaicenia genomu. Gdy amplituda zmienności jest większa, szanse na przeżycie gatunku wzrastają. Jednak u *Bdelloida* jest inaczej – przestały być organizmami rozmnażającymi się płciowo miliony lat temu<sup>2</sup>. Wrotki te opanowały strategie adaptacji przez wzbogacanie własnej puli genetycznej genami obcego pochodzenia; może to być DNA bakterii, grzybów czy alg. Mimo że relacje między niespokrewnionymi organizmami w postaci transferu genów są znane – bakterie wykorzystują do tego plazmidy – to inżynierski mechanizm genetyczny *Bdelloida* nie jest do końca poznany.

Przez większą część roku wioślarki także wykorzystują mechanizm partenogenezy, jednak te nieco bardziej dbają o swoje potomstwo. W przeciwieństwie do

wrotków, zarodki wioślarki wylęgają się przed opuszczeniem organizmu matki. Żywotność u wioślarek związana jest z dodatkowymi wydatkami energetycznymi w okresie inkubacji embrionów, a ponadto może prowadzić do modyfikacji zachowania zwierzęcia, zmniejszając jego dostosowanie. Zazwyczaj ogranicza zdolność do ucieczki lub ukrycia się. Samica *Daphnia* (wioślarka) z wypełnioną komorą lęgową jest lepiej widoczna w toni wodnej niż pozostałe osobniki i staje się łatwym łupem dla ryb planktonożernych posługujących się wzrokiem. Czasem opieka nad potomstwem upośledza zdolność pozyskiwania pokarmu w tak dużym stopniu, że w okresie inkubacji młodych możliwe jest korzystanie tylko z wcześniej nagromadzonych rezerw energetycznych.

*Daphnia* nie wyeliminowały całkowicie samców ze swojego świata. Pojawienie się samców u wioślarek wynika ze zmiany warunków środowiskowych. Takim czynnikiem może być zwiększona konkurencja, brak zasobów pokarmowych albo pojawienie się pasożytów. *Daphnia* wtedy wytwarzają jajeczka, z których rodzą się samce, aby w kolejnym pokoleniu mogły narodzić się nowe, lepiej przystosowane organizmy.

### Zmienność morfologiczna

Wśród organizmów planktonowych szeroko rozpowszechniona jest zmienność rozmiarów, kształtu i proporcji ciała, w tym także zdolność do wykształcania różnorodnych wyrostków i kolców. Dotyczy to zwłaszcza wioślarek, ale też wrotków (rodzaju *Brachionus* i *Keratella*). Za przykłady mogą tu służyć modyfikacje kształtu głowy i długości kolca ogonowego u wielu gatunków wioślarek z rodzaju *Daphnia* czy zdolność wrotków, między innymi *Keratella cochlearis*, do wykształcania różnej długości kolców. Już pod koniec zeszłego stulecia obserwowano, że w populacjach wielu gatunków planktonowych strefy umiarkowanej zachodzi w ciągu roku wymiana rozmaitych form morfologicznych. Zjawisko to, o wyraźnym sezonowym przebiegu, zostało nazwane przez Lauterborna cyklomorfozą<sup>3</sup>.

Obowiązujący dziś paradygmat, w myśl którego zmienność morfologiczna organizmów planktonowych jest strategią obrony przed drapieżnictwem, ma swe korzenie w obserwacji, że w klimacie umiarkowanym, gdzie presja drapieżców zmienia się sezonowo, występowanie najbardziej zmodyfikowanych form zbiega się z okresami najsilniejszej presji drapieżców. Wioślarkom zagrażają przede wszystkim ryby planktonożerne, a także drapieżne bezkręgowce, takie jak wioślarka *Leptodora kindtii*, larwy wodzieni z rodzaju *Chaoborus* sp. i widłonogi. Wrotkom zagrażają inne, drapieżne gatunki wrotków oraz widłonogi.

O tym, jak łatwo drapieżca wykrywa swoją ofiarę oraz na ile sprawnie udaje mu się ją pochwycić i zjeść, decyduje z jednej strony wielkość ofiary oraz inne jej cechy morfologiczne, a z drugiej strony – biologia drapieżcy. By akt konsumpcji mógł się ostatecznie dokonać, bezkręgowiec musi ułożyć swoją ofiarę w odpowiedniej pozycji. Wszelkiego rodzaju kolce, hełmy czy zbyt duże rozmiary ciała utrudniają drapieżcy pochwycenie łupu, a później manipulowanie nim, co stwarza szansę ucieczki zwierzęciu. Najbardziej spektakularną modyfikacją morfologiczną znaną w świecie planktonu jest opisana u licznych gatunków *Daphnia* rozbudowa głowy, która przybiera postać wydłużonego, często wygiętego hełmu<sup>4</sup>. W odpowiedzi na wzrost zagęszczenia drapieżców (widłonogów i *Leptodora kindtii*) hełmy wykształcają nasze rodzime *Daphnia cucullata* i *D. cristata*. W jaki sposób te małe wioślarki „czują”, że w pobliżu czyha zagrożenie? Zwykle źródłem informacji o zagrożeniu są kairomony, substancje bezwiednie wydzielane przez drapieżniki. Ofiara po detekcji takiej substancji może podjąć mechanizmy obronne. Wioślarki planktonowe rozpoznają nie tylko obecność kairomonów, ale także ich stężenie, zależne z kolei od zagęszczenia ryb. Dzięki wydzielanym przez drapieżniki kairomonom wioślarki stosują także popularną formę unikania drapieżnika – ucieczkę. Siła reakcji obronnej zooplanktonu – amplituda migracji pionowych – jest proporcjonalna do poziomu ryzyka<sup>5</sup>. Dla hydrobiologa zmienność morfologiczna poszczególnych gatunków zooplanktonu i wiedza o tym, jakie czynniki nimi kierują, jest przydatna w ocenie środowiska wodnego.

### Jak przetrwać ciężkie czasy, czyli o diapauzie

Kolejną reakcją obronną indukowaną przez obecność kairomonów jest diapauza<sup>6</sup>. Wszystkie organizmy posiadają mechanizmy umożliwiające tolerancję lub unikanie zmian warunków życiowych. Kiedy oddziaływanie lokalnych czynników środowiskowych przekroczy możliwość adaptacji organizmów, a migracja do bardziej sprzyjających środowisk nie jest możliwa, chyba jedynym wyjściem jest wytwarzanie form spoczynkowych, odpornych na okresowe oddziaływanie niesprzyjających warunków. Diapauza to sterowany wewnętrznie (hormonalnie lub neurohormonalnie) okresowy stan zahamowania rozwoju osobniczego. Rekordzistami są stadia przetrwalne na wczesnych etapach ontogenezy, wymagające stosunkowo niewiele substancji zapasowych. Ponadto metabolizm tych form, ze względu na prostszą budowę, może być w większym stopniu ograniczony niż form na późniejszych etapach rozwoju. I tak na przykład jaja przetrwalne słodkowodnego widłonoga *Diapto-*

*mus sanguineus* zdolne są do rozwoju po ponad trzy-stu latach uśpienia.

### Zooplankton w bioindykacji

Wiedza o przystosowaniu się poszczególnych organizmów do danego środowiska daje nam podstawę do oceny środowiska na podstawie ich występowania. Eutrofizacja zbiorników wodnych w pierwszej kolejności oddziałuje na producentów pierwotnych, a w konsekwencji na cały łańcuch troficzny, w tym na zooplankton. Istnieje szereg dobrze udokumentowanych zależności między zooplanktonem a stanem trofii (ilości substancji biogenych) środowiska, który w jeziorach naszego klimatu wynika głównie z działalności człowieka<sup>7</sup>. Wysoki stan trofii postrzegany jest jako zły stan środowiska. Oto kilka przykładów takich zależności. Przyjrzyjmy się najpierw wrotkom, które są najlepszymi bioindykatorami stanu trofii wód. Najbardziej typowym i dobrze udokumentowanym jest stosunek udziału formy *Keratella cochlearis* tecta, która nie posiada kolca, do *Keratella cochlearis* cochlearis, który może się takim kolcem pochwalić. Im większy udział wrotków bezkolcowych, tym środowisko bardziej zeutrofizowane<sup>8</sup>. Jeśli natomiast liczba wrotków w jednym litrze wody przekracza 2000 osobników, to możemy być pewni, że zbiornik ten jest eutroficzny lub nawet politroficzny.

Skorupiaki także można traktować jako bioindykatory wód. Widłonogi z rzędu *Cyclopoida* (z krótkimi czułkami), nazywane też oczlikami, częściej występują w zeutrofizowanych zbiornikach niż ich kuzyni *Calanoida* (z długimi czułkami). Mając taką wiedzę możemy obliczyć stosunek ilościowy między nimi i mamy gotowy wynik wskazujący na stan trofii (przewaga oczlików mówi o wysokim statusie troficznym). Biomasa zooplanktonu też może służyć określaniu stanu troficznego środowiska. Im większa biomasa oczlików w całej biomacie skorupiaków danego zbiornika, tym stan trofii jest wyższy<sup>9</sup>. Jest to tylko niewielka część wypracowanych zależności, które możemy wykorzystywać w ocenie środowiska wodnego.

### Zakończenie

Zooplankton jest centralnie usytuowanym elementem ekosystemów wodnych, z jednej strony kontroluje ilość producentów pierwotnych (przeciwdziała zakwitom wody), a z drugiej stanowi bazę pokarmową dla ryb. Jest także cennym obiektem

badawczym, który pomaga nam lepiej zrozumieć mechanizmy wytworzone w toku milionów lat ewolucji. Zgłębiając wiedzę o zooplanktonie, otrzymujemy dodatkowo narzędzia do oceny środowiska wodnego. Kończąc ostatni akapit, odsłaniam mikroskop, aby wkrótce znów móc podzielić się spostrzeżeniami o tych niesamowitych stworzeniach.

### Przypisy

<sup>1</sup> W. Lampert, U. Sommer, *Ekologia wód śródlądowych*, Warszawa 1996.

<sup>2</sup> J. L. M. Welch., D. B. M. Welch, M. Meselson, *Cytogenetic evidence for asexual evolution of bdelloid rotifers*, „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America” 2004, nr 101(6), s. 1618–1621.

<sup>3</sup> R. Lauterborn, *Der Formenkreis von Anurea cochlearis. Ein Beitrag zur Kenntnis der Variabilität bei Rotatorens. II Teil: Die cyclische oder temporale Variation von Anurea cochlearis*, „Verh. natur.-med.” 1904, nr 7, 529–621.

<sup>4</sup> W. Lampert, H. G. Wolf, *Cyclomorphosis in Daphnia cucullata: morphometric and population genetic analyses*, „Journ. Pl. Res.” 1986, nr 8, 289–303.

<sup>5</sup> P. Dawidowicz, C. J. Loose, *Costs of swimming by Daphnia during diel vertical migration*, „Limnol. Oceanogr.” 1992, nr 37, 665–669.

<sup>6</sup> J. Pijanowska, G. Stolpe, *Summer diapause in Daphnia as a reaction to the presence of fish*, „J. Plankton Res.” 1996, nr 18, s. 1407–1412.

<sup>7</sup> J. Ejsmont-Karabin, *The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: Rotifer Trophic State Index*, „Polish Journal of Ecology” 2012, nr 60(2), s. 339–350; J. Ejsmont-Karabin, A. Karabin, *The suitability of zooplankton as lake ecosystem indicators: crustacean trophic state index*, „Polish Journal of Ecology” 2013, nr 61(3), s. 561–573.

<sup>8</sup> J. Ejsmont-Karabin, *The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: Rotifer Trophic State Index*, op. cit.

<sup>9</sup> J. Ejsmont-Karabin, A. Karabin, *The suitability of zooplankton as lake ecosystem indicators: crustacean trophic state index*, op. cit.

### Bibliografia

Dawidowicz P., Loose C. J.: *Costs of swimming by Daphnia during diel vertical migration*, „Limnol. Oceanogr.” 1992, nr 37, 665–669.

Ejsmont-Karabin J.: *The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: Rotifer Trophic State Index*, „Polish Journal of Ecology” 2012, nr 60(2), s. 339–350.

Ejsmont-Karabin J., Karabin A.: *The suitability of zooplankton as lake ecosystem indicators: crustacean trophic state index*, „Polish Journal of Ecology” 2013, nr 61(3), s. 561–573.

Lampert W., Wolf H. G.: *Cyclomorphosis in Daphnia cucullata: morphometric and population genetic analyses*, „Journ. Pl. Res.” 1986, nr 8, 289–303.

Lampert W., Sommer U.: *Ekologia wód śródlądowych*, Warszawa 1996.

Lauterborn R.: *Der Formenkreis von Anurea cochlearis. Ein Beitrag zur Kenntnis der Variabilität bei Rotatorens. II Teil: Die cyclische oder temporale Variation von Anurea cochlearis*, „Verh. natur.-med.” 1904, nr 7, 529–621.

Pijanowska J., Stolpe G.: *Summer diapause in Daphnia as a reaction to the presence of fish*, „J. Plankton Res.” 1996, nr 18, s. 1407–1412.

Welch J. L. M., Welch D. B. M., Meselson M.: *Cytogenetic evidence for asexual evolution of bdelloid rotifers*, „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America” 2004, nr 101(6), s. 1618–1621.