

PRACUSIE W SZKLANYCH DOMKACH

Odpowiadają za około 1/5 całego procesu fotosyntezy na Ziemi. Każdego roku generują w morzach tyle samo organicznego węgla ile wszystkie lasy deszczowe. We współczesnych oceanach wśród fitoplanktonu okrzemki – bo o nich mowa – są organizmami, które osiągnęły największy sukces.



mgr Marlena Świło

Państwowy Instytut Geologiczny
– Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Mgr Marlena Świło

jest geologiem.
Pracuje w Muzeum
Geologicznym
PIG – PIB.
Prowadzi badania
nad holoceniowymi
okrzemkami
z wybrzeży Antarktyki
Zachodniej. Zajmuje
się także działalnością
geoedukacyjną.

marlena.swilo@pgi.gov.pl

Okrzemki to jednokomórkowe organizmy o rozmiarach najczęściej pomiędzy 10 a 200 μm . Zamieszkują wszystkie wody, zarówno słodkie, jak i morskie, wybrzeża i otwarte wody oceanu, strefy upwellingu, środowiska oligotroficzne, lód morski, jeziora słone, alkaliczne i zakwaszone, a także stale wilgotne powierzchnie, np. gleby. Mogą żyć samodzielnie lub w koloniach, jako część planktonu, na dnie czy też przytwierdzając się do roślin, zwierząt lub lodu. Choć nie należą do królestwa roślin, podobnie jak one przeprowadzają fotosyntezę, w przeciwieństwie jednak do nich ich chloroplasty są żółto-brązowe i zawierają odmienny zestaw barwników: chlorofil „a”, „c”, beta-karoten, fukoksantynę, diatoksantynę i dia-

dinoksantynę. Tak duży zestaw barwników pozwala im na korzystanie z szerokiego zakresu długości światła i mogą żyć nawet tam, gdzie rośliny nie są w stanie, np. w skromnym świetle pod grubą warstwą lodu.

Najbardziej charakterystyczną cechą okrzemek jest ich ciało zamknięte w „pudełku” z bezbarwnego opalu. Składa się ono z dwóch okryw: mniejszego denka oraz większego wieczka. Obie części mogą być bogato ornamentowane, występują na nich otwory, kolce, wyrostki czy też żeberka poprzedzielane różnego kształtu i wielkości gładkimi powierzchniami. Same okrywy okrzemek mogą mieć też najróżniejsze kształty, od okrągłych, przez eliptyczne, trójkątne i kwadratowe, do wrzecionowatych.

Dlaczego okrzemki zdecydowały zamknąć się w swoich szklanych domkach, skoro utrudniają one wiele funkcji życiowych komórek, jak np. wzrost czy rozmnażanie? Niestety, wciąż nie jest to do końca jasne. Krzemionka pełni wiele ważnych funkcji w życiu organizmów żywych: opóźnia starzenie komórek, redukuje wpływ toksycznych metali, chroni również przed atakami grzybów. Jej nadmiar może być jednak bardzo szkodliwy. Możliwe, że powodem mogła być więc chęć pozbycia się jej nadmiaru z komórki. Nie-



którzy uważają, że okrzemki odziedziczyły zdolność do wytwarzania krzemionkowych szkielecików od swoich przodków, i tylko ją rozwinęły i udoskonaliły. Ta ostatnia teoria wiąże się z inną, która wskazuje że wiele krewniaków okrzemek wykorzystuje krzemionkę do chronienia swoich komórek przetrwalnikowych. Być może więc okrzemki zaadaptowały tę ochronę również dla komórek wegetatywnych. Ważną zaletą krzemionkowego szkieletu jest także stosunkowo niski koszt energetyczny jego wyprodukowania w porównaniu z analogicznym szkieletem z węgla wapnia.

Za życia komórki szkielet chroni ją przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz przed zjedzeniem przez inne organizmy – sztywny pancerzyk z licznymi wypustkami bywa problematyczny przy próbie jego połknięcia. Jest też na tyle twardy, że niektórzy roślinożercy będą woleli poszukać mniej wymagającej wysiłku kolacji. Ponieważ jednak okrzemki są łakomym kąskiem w wodach ubogich w pokarm, wiele z morskich stworzeń, jak np. kryl, doskonale wyspecjalizowało się w kruszeniu twardych krzemionkowych szkielecików. Ciekawostką jest również obserwacja, że bardzo rzadko notowano patogeny (w tym także

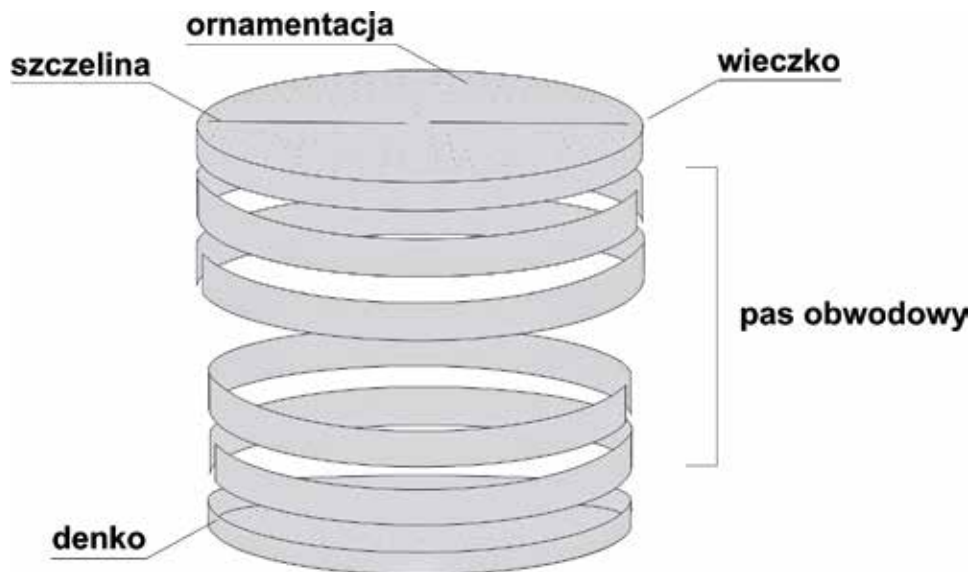
wirusy) i pasożyty wewnątrz komórek okrzemek. Liczne wyrostki i kolce sprawiają również, że okrzemki dłużej utrzymują się na powierzchni i wolniej opadają na dno zbiornika.

Okrzemki zmieniają świat

Choć okrzemki mogą kojarzyć się z raczej prostymi i prymitywnymi organizmami – swego rodzaju formami wyjściowymi dla bardziej zaawansowanych stworzeń – są w rzeczywistości grupą stosunkowo młodą. Zegar molekularny mówi nam, że ich początków poszukiwać należy we wczesnym triasie około 250 mln lat temu, niedługo po największym w fanerozoiku masowym wymieraniu. Najstarsze pewne skamieniałości pochodzą jednak dopiero z jury, sprzed około 190 mln lat. Dlaczego dotychczas nie udało się znaleźć starszych? Być może były tak rzadkie, że po prostu na nie trafiliśmy. Być może chemizm dawnych oceanów był inny i szkieleciki ulegały szybkiemu rozpuszczeniu. A może, jak sądzą niektórzy, pierwsze okrzemki nie miały krzemionkowych okryw, które mogłyby się zachować do naszych czasów. Na razie pytanie to wciąż pozostaje bez ostatecznej odpowie-

ACADĒMIA prezentacje geologia

Schemat budowy
krzemionkowego szkieletu
okrzemki.



dzi. Naprawdę pospolite okrzemki stają się dopiero w kredzie i kenozoiku.

Na podstawie znalezisk paleontologicznych i danych geochemicznych pozyskanych ze skał badacze często dzielą ostatnie 2 miliardy lat istnienia organizmów fotosyntetyzujących w morzach i oceanach na swego rodzaju trzy ery. Do połowy ery mezozoicznej głównymi grupami fitoplanktonu były najpierw sinice, później zaś zielone glony. Rozwój okrzemek (wraz z dwiema innymi grupami – kokkolitoforidami i dinoflagellatami) na większą skalę zapoczątkował trzecią erę wśród morskich organizmów fotosyntetyzujących.

pierwiastek do tego stopnia, że każdy atom krzemionki średnio 39 razy bywa wbudowywany w pancerzyk okrzemek, nim w końcu trafi do osadu na dnie oceanu.

Dziś okrzemki obecne są na wszystkich szerokościach geograficznych i we wszystkich środowiskach, tam gdzie jest światło i wystarczająca ilość nutrientów. Te pracowite maluchy sumarycznie odpowiadają za ponad 40% wodnej produkcji pierwotnej i są ważnym elementem obiegu węgla. W przeciwieństwie jednak do węgla tworzonego przez drzewa – np. w lasach deszczowych – organiczny węgiel produkowany przez okrzemki jest natychmiast przechwytywany i zjadany przez inne organizmy. Okrzemki są bowiem podstawą łańcucha pokarmowego w morskiej sieci troficznej, a w rejonach polarnych, gdzie lodowce i wieczna zmarzlina ograniczają fotosyntezę na lądzie, to na nich opiera się cały lądowy i morski ekosystem.

W przybrzeżnych strefach są podstawą najlepszych łowisk. W otwartych wodach oceanów stosunkowo duże ilości okrzemkowej materii organicznej opadają na dno, stając się pokarmem dla przydennych stworzeń. Niewielka ilość okrzemek, bo zaledwie od 1% do maksymalnie 10%, unika zniszczenia, zjedzenia czy rozpuszczenia i dociera do dna morskiego, gdzie w odpowiednich warunkach staje się jednym ze źródeł ropy naftowej.

Okrzemki mówią o dawnym środowisku i klimacie

Badania nad zmianami współczesnego klimatu, jak mało która działalność naukowa, interesują niemal wszystkie grupy społeczne. Temat ten poruszany jest na każdym etapie edukacji szkolnej – o „globalnym ociepleniu” wiedzą już nawet przedszkolaki – a donie-

Badając wymagania środowiskowe żyjących dziś organizmów, możemy dość dokładnie zrekonstruować warunki środowiska w przeszłości.

Jej skutkiem była przebudowa globalnego obiegu węgla w przyrodzie. Rozpoczął się okres spadku poziomu dwutlenku węgla w atmosferze, a znacznego wzrostu zawartości tlenu. Okrzemki zdominowały również obieg krzemionki w oceanie, wpływając tym samym na dalszą ewolucję innych organizmów krzemionkowych, takich jak promienice i niektóre gąbki. Ponieważ okrzemki są w stanie znacznie wydajniej pobierać krzemionkę z wody i wbudowywać ją w strukturę swoich szkieletów, w morzach zaczęło brakować jej dla innych organizmów, które znacznie zmniejszyły swoje rozmiary. Według szacunków kontrolują ten

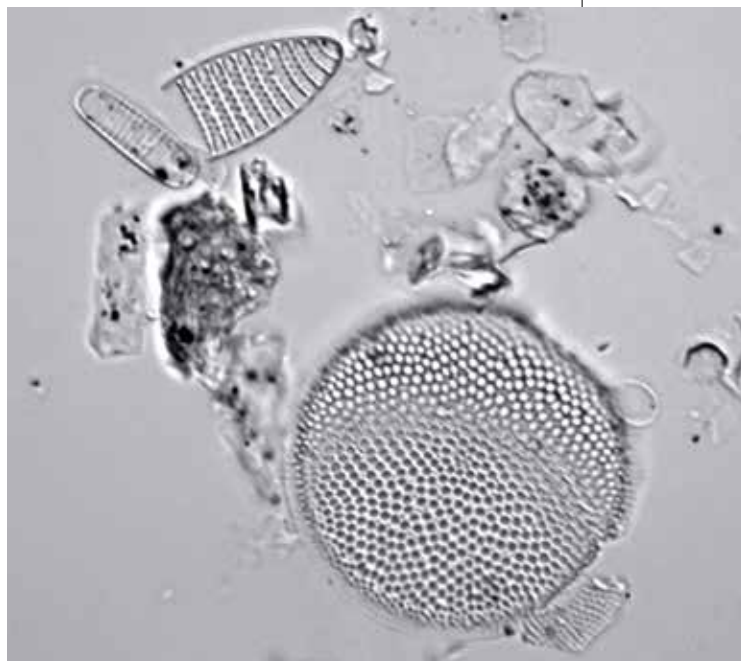
OKRZEMKI, CZYLI ZWYCIĘZCY

sienia o kolejnych rekordach ciepła trafiają nie tylko do czasopism popularnonaukowych, lecz także prasy codziennej. Nieporównywalnie mniejszym zainteresowaniem mediów cieszą się za to badania klimatu w przeszłości, mimo że to właśnie one są dziś w centrum zainteresowania naukowców. Bo tylko znając długofalowe trendy, możemy próbować odnaleźć odpowiedź na pytanie, co wywołuje obserwowane dziś zmiany. W badaniach nad zmianami pradawnego klimatu wykorzystuje się wiele metod, wśród nich jednak od lat prym wiodą badania nad mikroorganizmami, w tym m.in. właśnie nad okrzemkami. Ich użyteczność wynika z szerokiego rozprzestrzenienia oraz szkieletu, który dobrze zachowuje się w stanie kopalnym.

Kopalne okrzemki były początkowo wykorzystywane głównie do badań biostratygraficznych, a więc datowania i porównywania skał na podstawie występujących w nich skamieniałości. Ponieważ grupa ta bardzo intensywnie rozwijała się przez cały kenozoik, udało się stworzyć dość dokładną biostratyfografię np. północnego Atlantyku. W latach 80. naukowcy uświadomili sobie, że możliwa jest ekstrapolacja współczesnych związków pomiędzy środowiskiem a zespołami okrzemek w przeszłości i na tej podstawie zrekonstruowanie środowiska i klimatu z przeszłości.

Użycie okrzemek ma szczególne znaczenie w badaniach zmian w holocenie, czyli w ciągu ostatnich 11 tys. lat, ponieważ w przeciwieństwie do starszych okresów wiele ze znajdujących w osadach gatunków żyje współcześnie. Badając więc wymagania środowiskowe żyjących dziś organizmów, możemy dość dokładnie zrekonstruować warunki środowiska w przeszłości. Najwięcej informacji posiadamy z zimnych wód Oceanu Południowego, gdzie krzemionkowe szkielety zachowują się znacznie lepiej niż węglanowe i gdzie występują one na masową skalę, tworząc ogromne wiosenne i letnie zakwity. Badania takie umożliwiły rekonstrukcję wielu parametrów środowiska takich jak temperatura przy powierzchni, obecność i zasięg lodu morskiego, kierunki prądów czy też dopływ słodkich wód.

Rekonstrukcje opierają się m.in. na zmienności jednego lub kilku wybranych gatunków o znanych wymaganiach ekologicznych lub też na stosunkach pomiędzy nimi. Jednak w ostatnich latach jasne stało się, że tylko wykorzystanie metod statystycznych opartych na dużych zestawach danych pozwala w pełni zrozumieć zmienność zespołów, a tym samym zmiany środowiska i klimatu w przeszłości. Metody takie zastosowane zostały m.in. w badaniach słabo poznanych okrzemek pochodzących z bardzo młodych osadów morskich pobranych wzdłuż zachodniego wybrzeża Półwyspu Antarktycznego, głównie z fiordów i zatok o różnej głębokości, morfologii i hydrologii. Tylko dzięki wykorzystaniu analiz czynnikowych udało się zbadać wzajemne relacje pomiędzy blisko 50 gatunkami okrzemek z ponad 30 próbek z różnych miejsc



i wykryć niewidoczne na pierwszy rzut oka podobieństwa pomiędzy nimi. Na podstawie tych podobieństw oraz wiedzy o wymaganiach ekologicznych najistotniejszych gatunków – są to gatunki żyjące współcześnie – stworzone zostały swego rodzaju trzy modele zespołów okrzemek, które typowe są dla środowisk z różnym czasem trwania pokrywy lodu morskiego: od rejonów, gdzie nie tworzy się on wcale lub występuje krócej niż 3 miesiące, przez obszary, gdzie obecny jest przez pół roku, aż po fragmenty wybrzeża, które mogą nie rozmarzać prawie cały rok. To, jak długo obecny jest lód morski, zależy od wielu czynników, najważniejszymi są jednak temperatury powietrza i wód oceanu, a więc klimat. Modele takie będą pomocne przy rekonstrukcjach warunków w przeszłości.

Stworzenie takich modeli jest tym ważniejsze, że jak wspomniano wcześniej, zaledwie znikomy procent szkieletów okrzemek dociera do dna morskiego i zachowuje się w stanie kopalnym. Podczas wędrówki ulegają one rozkruszeniu, rozpuszczeniu, zjedzeniu przez roślinożerców lub wyniesieniu prądami daleko poza miejsce swojego życia. To, co znajdujemy więc w osadzie, np. badając holoceneskie rdzenie, nigdy w 100% nie odpowiada temu, co rozwijało się przy powierzchni wody. Najczęściej zanikają gatunki bardzo małe lub z delikatnym szkieletem, nawet jeśli dominują one za życia. Dlatego też takie modele oparte na bardzo młodych osadach, najwyżej kilkudziesięcioletnich, mogą okazać się znacznie przydatniejsze niż porównania z żywymi zespołami: są one bliższe składem do zespołów kopalnych, a jednocześnie na tyle młode, że rejestrują warunki bardzo zbliżone do współczesnych.

MARLENA ŚWIŁO

Holoceneskie okrzemki z Antarktyki Zachodniej.

Chcesz wiedzieć więcej?

Rakowska B. Okrzemki – organizmy, które osiągnęły sukces (2003) *Kosmos* tom 52, numer 2–3 (259–260), strony 307–314.

The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences (2010). Pod redakcją: John P. Smol, Eugene F. Stoermer. Cambridge University Press.