

doprowadzić do porostania i niszczenia drzew występujących w okolicach jej stanowisk. Duża liczba osobników tego gatunku zmniejsza ilość światła docierającego do podłoża, co wpływa na wzrost innych roślin. Właściwości lecznicze tej rośliny również przyczyniają się do jej niekontrolowanej ekspansji ze względu na sadzenie i pozyskiwanie z tej rośliny substancji leczniczych.

Sposoby niszczenia czy kontroli ekspansji tego gatunku nie są opracowane. Jedyne działania mające na celu ograniczenie jej rozprzestrzeniania się

dotyczą eliminacji roślin porastających brzegi wód. Zabiegi te wykonuje się głównie wśród roślin należących do rdestowców, co pozwala w przypadkowy sposób wyeliminować również kolczurkę. Działania nad uszczuplaniem stanowisk kolczurki klapowanej są wdrażane w strefach cennych pod względem przyrodniczych, takich jak rezerваты przyrody, parki narodowe, parki krajobrazowe, obszary Natura 2000. Działania te polegają na wycinaniu, koszeniu i wyrzucaniu pędów kolczurki.

Lukasz Dylewski, student V roku Biologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. E-mail: dylewski91@wp.pl.

Lukasz Maćkowiak, doktorant w Katedrze Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

HISTORIA ZAPISANA W MUSZLACH

Krzysztof Roman Brom, Tomasz Brachaniec (Katowice)

Sklerochronologia (od gr. *scleros* – twardy + *chronos* – czas) to nauka zajmująca się fizycznymi oraz chemicznymi zmianami zachodzącymi w twardych tkankach bezkręgowców i kręgowców. Opiera się ona na modelach wzrostu odzwierciedlających roczne, miesięczne, tygodniowe, dobowe oraz krótsze okresy czasu. Wzorce te kontrolowane są przez zegary biologiczne, które następnie regulowane są przez czynniki środowiskowe oraz astronomiczne. Sklerochronologia jest nauką analogiczną do dendrochronologii, która poprzez badanie rocznych przyrostów drzew również stara się odtworzyć zmiany środowiska w czasie i przestrzeni.



Ryc. 1. Małż *Mercenaria mercenaria*. Źródło: <http://www.jaxshells.org/095bb.jpg>.

Termin sklerochronologia po raz pierwszy został użyty w 1972 roku przez dwóch amerykańskich

uczonych z Uniwersytetu w Honolulu na Hawajach – Knutsona oraz Buddemeiera. Badali oni koralowce pochodzące z raf koralowych atolu Enewetak (archipelag Wysp Marshalla w środkowej części Oceanu Spokojnego). W badanych przyrostach u koralowców (powstałych w latach 1948–1958) autorzy ci wykazali podwyższenie stężenia izotopu strontu (^{90}Sr), co następnie skorelowali z przeprowadzonymi w tych latach próbami z bronią atomową.

Do badań sklerochronologicznych, poza szkieletami koralowców, wykorzystuje się również krasnorosty wbudowujące węglan wapnia w ściany komórkowe, otolity ryb (kamyczki błędnikowe wchodzące w skład zmysłu słuchu i równowagi) oraz muszle mięczaków, w szczególności małży.

Muszle mięczaków od około 50 lat znane są jako swego rodzaju „archiwa” zmieniających się czynników środowiskowych. Podczas wzrostu osobniczego kolejno odkładają one warstwy, których fizyczna struktura oraz skład chemiczny odzwierciedlają warunki środowiskowe. Koncentryczne linie widoczne na muszlach wielu gatunków małży to pierścienie roczne, które są świadectwem zahamowania wzrostu w okresach niesprzyjających, np. w okresie zimy czy też wysychania zbiornika wodnego. Spowolnienie wzrostu następuje również w okresach rozrodu, kiedy wydatki energetyczne związane są z produkcją komórek rozrodczych. Dodatkowo muszle znajdujące w stanie kopalnym mogą zawierać w sobie informację na temat zmieniających się warunków paleośrodowisk. Dlatego też badania sklerochronologiczne odnoszą się zarówno do czasu historycznego, jak i geologicznego.

Mięczaki żyją zazwyczaj mniej niż 10 lat, przy czym są również takie, które żyją nawet około 50, na przykład morski małż *Mercenaria mercenaria* (Ryc. 1). Rekordzistą pod względem wieku jest północnoatlantycki małż cyprina islandzka (*Arctica islandica*), występujący również w Morzu Bałtyckim. Na podstawie badań izotopów tlenu oraz węgla stwierdzono, iż jeden z przebadanych małży, nazwany żartobliwie „Ming”, miał pomiędzy 405 a 410 lat (Ryc. 2). Małża nazwano tak, ponieważ powstał on właśnie wtedy, kiedy w Chinach panowała dynastia Ming (lata 1368–1644). Dalsze badania dowiodły, iż jego wiek sięgał 507 lat. Początkowy błąd spowodowany był zliczeniem przyrostów we wnętrzu muszli. Były one tak ściśnięte, że dokładne ich zliczenie było utrudnione. Dlatego postanowiono policzyć pierścienie od zewnątrz, które są bardziej widoczne. Niestety Ming badań nie przeżył, ponieważ wymagały one przecięcia jego muszli. Naukowcy twierdzą jednak, iż osobniki jego gatunku mogą żyć jeszcze dłużej, co czyni cypriny najstarszymi zwierzętami świata (pomijając zwierzęta kolonijne). Dla porównania żółw olbrzymi żyje do 200 lat, jesiotr oraz niektóre ptaki (sęp, kakadu, papuga ararauna) 100 lat, a przeciętny Polak 72,7 lat, Polka natomiast 81 (dane na rok 2012). Dłużej żyjącymi organizmami na Ziemi są jedynie rośliny, rekordzistami wśród nich jest welwiczja przedziwna (*Welwitschia mirabilis*), która żyje nawet do 2000 lat, czy też sosna długowieczna (*Pinus longaeva*) żyjąca do 5000 lat.

Przykładem badań, które miały na celu prześledze-



Ryc. 2. Ming – małż żyjący 507 lat, należący do gatunku cyprina islandzka (*Arctica islandica*). Źródło: (http://blu.stb.s-msn.com/i/57/CCB-251224FD67140A622B072855BCA_h316_w628_m5_clzFTulXo.jpg).

nie zmian temperatury w czasie są badania Schöne’a i współpracowników. Badacze Ci w roku 2001 określali tempo wzrostu małża *Chione cortezi* (Ryc. 3) pochodzącego z północnej części Zatoki Kalifornijskiej w Meksyku. Przywołani naukowcy pobrali z muszli próbki, w których to określano zawartość izotopów tlenu o liczbie masowej 18 (^{18}O) oraz 16 (^{16}O) w węglanie wapnia (CaCO_3) występującego pod postacią kalcytu oraz aragonitu. Są to odmiany polimorficzne węglanu wapnia – głównego budulca muszli mięczaków,

który tworzony jest z udziałem dwutlenku węgla (CO_2) rozpuszczonego w wodzie oraz samej wody.

Stosunek ^{18}O do ^{16}O to współczynnik $\delta^{18}\text{O}$, obecnie powszechnie jest używany w geochemii, paleoklimatologii oraz paleoceanografii w celu określania zmian temperatury. ^{18}O , będąc cięższy o dwa neutrony, niż ^{16}O występuje częściej w wodzie o temperaturze niższej, ponieważ H_2^{18}O wymaga dostarczenia większej ilości energii do ogrzania niż H_2^{16}O . Idąc dalej, H_2^{18}O po odparowaniu szybciej kondensuje i opada w formie deszczu niż H_2^{16}O , a chmury docierające na teryny okołobiegunowe są w znacznej części pozbawione już H_2^{18}O , który to opadł na niższych szerokościach geograficznych, dlatego też czapy lodowe gromadzą głównie H_2^{16}O . W okresach zimniejszych, kiedy względna koncentracja H_2^{16}O wzrasta w utworach glacialnych, w oceanach wzrasta zawartość H_2^{18}O , a tym samym w organizmach używających węglanu wapnia do budowy muszli. Stosunek izotopów w muszlach mówi nam więc, jaki był ten stosunek w środowisku wodnym. Węglan wapnia zawierający stosunkowo większą ilość ^{18}O powstawał w okresach, gdzie temperatura wody była niższa.

Wspomniani autorzy porównali uzyskane wyniki z danymi meteorologicznymi na temat temperatury oceanu, gdzie małże *Chione cortezi* występują. Za pomocą metod modelowania matematycznego oraz metod statystycznych wykazali, iż średni (dzienny) błąd pomiarowy z użyciem współczynnika $\delta^{18}\text{O}$ wyniósł mniej niż 3%, co czyni tą metodę niezwykle czułą oraz reprezentatywną.

W 2004 roku inna grupa badawcza również pod kierownictwem Schöne’a postanowiła określić temperaturę powierzchni Morza Północnego w latach 1884–1983. Dane tego typu są niezbędne do śledzenia zmian klimatycznych, a niestety przed rokiem 1950 nie prowadzono wystarczających obserwacji temperatury wód, przez co często są one niekompletne. Tym razem wykorzystano wspomnianego wyżej małża cyprinę islandzką, wyłowionego z południowej części Morza Północnego (część zbiornika przy granicy niemieckiej). Stwierdzono, że najniższą temperaturę Morze Północne osiągnęło w roku 1909, kiedy to jego temperatura była niższa o 3°C od długoterminowej średniej, a najwyższą w roku 1973, kiedy to była wyższa o $2,5^\circ\text{C}$. Wykazano również wystąpienie cieplejszego okresu na przełomie wieku XIX oraz XX przed fazą ochłodzenia przypadająca na rok 1910. Następnie temperatura stopniowo wzrastała do roku 1960 i osiągnęła wartość odnotowywaną obecnie.

Badania tego typu mogą obejmować jeszcze większe okresy czasu. Schöne i współpracownicy zbadali również zmiany temperatur wykorzystując do tego materiał

(cyprina islandzka) zebrany w 1868 roku z mórz otaczających Islandię (dokładnie miejsce nie jest znane z racji czasu, jaki upłynął od jego połowu). Mięczak znajdował się w Muzeum Zoologicznym Uniwersytetu w Kilonii w Niemczech. Na podstawie datowania radiowęglowego stwierdzono, iż małż najprawdopodobniej żył w okresie od 1494 do 1868 roku, czyli 374 lat. Co ciekawe skład poszczególnych izotopów węgla i tlenu oraz budowa poszczególnych segmentów przyrostu odzwierciedliła najważniejsze wydarzenia w tym okresie czasowym pod względem zmian warunków środowiskowych. Wyjątkowo wąskie przyrosty powstały w roku 1815 roku oraz bezpośrednio po nim, kiedy to 10 kwietnia 1815 roku wybuchł wulkan Tambora znajdujący się na wyspie Sumbawa w Indonezji. Wybuch ten oceniany jest jako jedną z najpotężniejszych erupcji w historii człowieka. Sam rok 1816 określa



Ryc. 3. Małż *Chione cortezi*. (<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/94982.jpg>).

się w Europie oraz Ameryce Północnej jako „Rok bez lata”, kiedy to średnie temperatury spadły o kilka stopni Celsjusza, a unoszące się pyły wulkaniczne w atmosferze przez kilka miesięcy ograniczały natężenie promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni naszej planety (tzw. „zima wulkaniczna”). Dodatkowo na rok 1816 przypadał środkowy punkt w czasie obniżenia aktywności słonecznej, tak zwanego „Minimum Dantona” (1790–1830). Zmniejszenie tempa wzrostu małża nastąpiło najprawdopodobniej z powodu ochłodzenia oraz niedostatku pożywienia w środowisku. Dodatkowo szerokość przyrostów w latach od 1581 do 1587 wskazywała na następujące wybuchy wulkanów: Billy Mitchell na Wyspie Bougainville’a (archipelag Wysp Salomona) w 1580 roku oraz Kelut na wyspie Jawa w 1586 roku. Od 1593 do 1601 roku obniżenie tempa wzrostu nastąpiło z kolei z powodu wybuchu

wulkanu Raung na wyspie Jawa w 1593 roku oraz Huaynaputina w Peru w 1600 roku. Małż cyprina wykazał bardzo zmienne zróżnicowanie w budowie podczas kulminacji „Małej Epoki Lodowcowej – MEL” w Islandii (okres od 1550 do 1620 roku). Dalsze przyrosty już nie wykazywały takiej zmienności, co powiązano z łagodnieniem klimatu pod koniec MEL.

Wcześniej wspomniany małż „Ming” żyjący w czasie od 1499 do 2005 roku oraz inne małże należące do jego gatunku (*Arctica islandica*) mające ponad 300 lat zostały użyte do odtworzenia warunków środowiskowych północnej części Oceanu Atlantyckiego (niedaleko Islandii) na przestrzeni ponad tysiąca lat (dokładnie – 1357 lat). Badacze pod przewodnictwem Bultera w roku 2013 wykazali trzy główne zmiany klimatu na przestrzeni badanego okresu. Pierwszy miał miejsce pod koniec wieku XIII oraz na początku XIV, kiedy to przypadł koniec tzw. Średniowiecznego Optimum Klimatycznego, trwającego od około 800 roku do 1300 roku. Był to okres ocieplenia znany głównie z rejonu północnego Atlantyku, który szczególnie zaznaczył się w Skandynawii i rejonach polarnych, dlatego na ten okres przypadł rozkwit cywilizacji Wikingów. Temperatura wzrosła do tego stopnia, iż w tym czasie w Anglii i innych rejonach Europy uprawiano na przykład winorośl. Bezpośrednio po nim rozpoczęła się wspomniana wcześniej Mała Epoka Lodowcowa, która spowodowała spadek wzrostu przyrostów rocznych cypriny islandzkiej. Podobny spadek nastąpił również w XVII wieku oraz na przełomie XVIII i XIX wieku. W XVII wieku przypadł okres obniżenia aktywności słonecznej tzw. „Minimum Maundera”, trwającego od 1645 roku do 1717. Natomiast spadek pod koniec wieku XVIII oraz na początku XIX związany był z „Minimum Dantona” oraz aktywnością wulkaniczną (wybuch wulkanu Tambora w 1815 roku).

Sklerochronologia obecnie cieszy się coraz większą popularnością wśród naukowców nie tylko z zakresu nauk przyrodniczych, ale również historycznych oraz archeologicznych. Dostarcza ona dane, które mogą być skorelowane z najważniejszymi wydarzeniami wpływającymi na klimat lokalny i globalny oraz z działaniami człowieka prowadzącymi do drastycznych zmian w środowisku naturalnym. Umożliwia również śledzenie zmian najważniejszych czynników środowiskowych, takich jak na przykład temperatura oraz prowadzi do lepszego zrozumienia otaczającego nas świata na przestrzeni wieków, często bezpośrednio wpływających na cywilizację w danych okresach historycznych.

mgr Krzysztof Roman Brom, student studiów III stopnia (kierunek geologia, specjalizacja paleontologia) oraz student studiów I stopnia (kierunek ochrona środowiska, specjalizacja geoekologia). Doktorant Katedry Paleontologii i Stratygrafii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. E-mail: krzysztofbrrom@gmail.com

mgr Tomasz Brachaniec, student studiów III stopnia (kierunek geologia). Doktorant Katedry Geochemii, Mineralogii i Petrografii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. E-mail: tribal216@gmail.com