



Dr hab.

Edyta Zawisza

prof. nadzwyczajny
ING PAN, jest
paleolimnologiem
zajmującym się
rekonstrukcją
przeszłych warunków
klimatycznych
i ekologicznych
na podstawie
szczątków wioślarok
zdeponowanych
w osadach jeziornych.
ezawisza@twarda.pan.pl

HISTORIE PODWODNE



Jak odtworzyć warunki klimatyczne
sprzed tysięcy, a nawet milionów lat?
Trzeba zbadać osady z dna jeziora.
Na przykład jednego z tych w kraterze
wulkanu Nevado de Toluca.



dr hab. Edyta Zawisza

Instytut Nauk Geologicznych,
Polska Akademia Nauk, Warszawa

Znajdujący się w Meksyku na wysokości ponad 4600 metrów krater wulkan Nevado de Toluca (w języku nahuatl: Xinantecatl) jest domem dla dwóch

niezwykłych jezior – Del Sol i La Luna (Słońca i Księżycy), których nazwy zaczerpnięte są z mitologii ludności rdzennej. Były one od wieków miejscem kultu, gdzie lokalni Indianie składali w trudnych chwilach ofiary bogom, a dzisiaj teren wulkanu stanowi Park Narodowy (Área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca).

Wysokogórskie jeziora o genezie wulkanicznej, poprzez swe odizolowanie i trudny dostęp, stanowią idealny obiekt dla rekonstrukcji zmian klimatycznych i środowiskowych. Wyjątkowość wspomnianych jezior wynika z ich unikatowej lokalizacji, za wysokiej

SŁOWNICZEK

Strefa litoralna

(łac. Litus – „brzeg”) – najpłytsza strefa jeziora przylegająca do brzegu. Charakteryzuje się najlepszymi warunkami życia w wodach (np. dużo światła, substancji odżywczych).

Makrofity

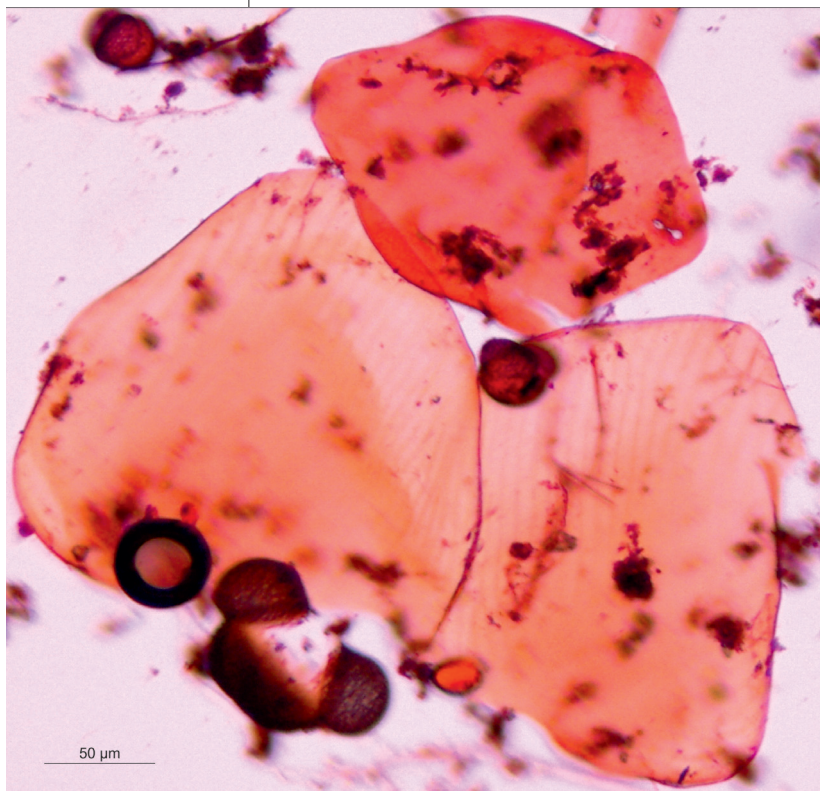
– rośliny i duże glony zamieszkujące głównie strefę litoralną jezior.

Trofia

– produktywność biologiczna jezior określana jako stopień zawartości substancji biogennej w wodzie.

Wioślarki – (łac. *Cladocera*)

– niewielkich rozmiarów organizmy planktoniczne (0,2–6,0 mm) będące dominującym składnikiem zooplanktonu słodkowodnego. Zamieszkują one głównie strefę litoralną i otwartej wody.



Praca nad osadami jezior Del Sol i La Luna przyniosła również odkrycie nowego gatunku wiosłarki, który został nazwany *Alona manueli*. Osobniki tego gatunku jak do tej pory zostały zaobserwowane tylko w badanych jeziorach, dlatego też prawdopodobne jest, że jest to gatunek endemiczny.

dla działalności gospodarczej człowieka, a więc zdanej jedynie na działanie sił natury. Dzięki temu rekonstrukcje przeprowadzane przez badaczy nieobarczone są „zaburzeniem antropogenicznym”.

Drugą istotną cechą charakterystyczną jezior Del Sol i La Luna jest ich słodkowodność, rzadka dla tego rejonu Meksyku, który na obszarze porównywalnym z Polską zawiera tylko ok. 30 jezior słodkowodnych. Dla porównania w Polsce znajduje się ok. 10 tys. jezior, z których prawie wszystkie posiadają tę cechę.

Naukowa niezwykłość tutejszych zbiorników wodnych znajdujących się na terenie wulkanu spowodowała, że podjęliśmy decyzję o rozpoczęciu prac badawczych, pomimo trudnych warunków związanych z pracą na dużej wysokości (zmniejszona zawartość tlenu w powietrzu).

Wspólnie z zespołem meksykańskim pobraliśmy przy użyciu sondy typu Livingstone rdzenie osadów jeziornych (po jednym z każdego zbiornika). Ponadto zmierzylśmy parametry fizyko-chemiczne w postaci temperatury wody, pH, przewodnictwa elektrolitycznego wody oraz zawartości tlenu rozpuszczalnego w wodzie. Towarzystwo temu także pobranie żyjącego obecnie w jeziorze zooplanktonu za pomocą siatki planktonowej.

Pobrane prawie dwumetrowe rdzenie osadów zostały podzielone z dokładnością do 1 cm, co zapewniło dokładne prześledzenie historii jezior. Osady spągo-

we datowano metodą radiowęglową $C-14$, młodsze zaś (znajdujące się w stropie rdzenia) określono metodą ołowiu ^{210}Pb i cezu ^{137}Cs . Otrzymane wyniki datowania umożliwiły konstrukcję kalendarzowej skali czasu i rekonstrukcję zmian ekologicznych na przestrzeni wieków.

Początek

Najgłębiej zdeponowane w rdzeniu osady zarówno w jednym, jak i drugim jeziorze powstały około 6 tys. lat temu. Wskazuje to na powstanie omawianych jezior w tym przedziale czasowym. Odkrycie to stanowiło ważny krok dla zrozumienia genezy jezior Nevado de Toluca. Wiadome było, że powstały one po ostatniej erupcji wulkanu, szacowanej według różnych naukowców na 12, 6 lub też 3 tys. lat temu. Otrzymane przez nas wyniki wykluczyły erupcje późniejsze niż wskazany wiek jezior.

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano obraz zmian, jakie zachodziły w samych jeziorach, a także w obrębie krateru i całego obszaru centralnego Meksyku. Przeprowadzone badania pozwoliły też na szczegółową rekonstrukcję zmian ekologicznych oraz klimatycznych zachodzących w okresie ostatnich ok. 6 tys. lat.

Skład chemiczny osadów spągowych pozwolił na jednoznaczne ustalenie, że w podłożu osadów jeziornych znajduje się materiał wulkaniczny. Wskazywał na to znaczny wzrost koncentracji krzemu, żelaza i tytanu – pierwiastków charakterystycznych dla osadów wulkanicznych (wśród pierwiastków śladowych zaobserwowano wzbogacenie w stront i cyrkon).

Pierwsze chwile istnienia jeziora przypadają na okres około 6 tys. lat temu. Warunki panujące w okresie inicjalnym jezior zostały zrekonstruowane na podstawie zmian składu gatunkowego i frekwencji subfosylnych wiosłarek (*Cladocera*), okrzemek oraz składu chemicznego osadów. Na podstawie zmian składu gatunkowego *Cladocera* i okrzemek stwierdzono, że w okresie ostatnich 6 tys. lat Del Sol i La Luna charakteryzowały się dość stabilnymi warunkami ekologicznymi, a rozwijały się głównie pod wpływem klimatu. Żyzność wody w okresie ich rozwoju była niska i odznaczała się stabilnością. Natomiast istotne zmiany w obrębie fito- i zooplanktonu udało się zauważyć wyłącznie w okresach ekstremalnych zmian globalnych.

Do najlepiej widocznych zmian w profilu osadów zaliczają się te związane ze Średniowieczną Anomalią Klimatyczną (800–1350 n.e.) i następującym po niej ochłodzeniem, zwanym Małą Epoką Lodową (1350–1850 n.e.). Kompozycja gatunkowa wiosłarek, w tym szczególnie duży udział szczątków z rodziny *Daphnia longispina*, wskazuje na pogłębienie jezior podczas Średniowiecznej Anomalii Klimatycznej. Po-

nadto charakterystyka fito- i zooplanktonu sugeruje, że wody jezior miały niskie pH oraz, że znajdowało się w nich niewiele substancji odżywczych, a strefa litoralna jezior w tym czasie została skolonizowana przez makrofity. Przeprowadzone badania wskazują również na to, że zwiększenie opadów atmosferycznych było główną przyczyną podwyższenia się poziomu wody w jeziorach. Co więcej, poziom wody kontrolowany opadem wyjaśnia zarówno niski stan trofii, jak również niskie pH wód jeziora.

Zimno

W połowie XIV w. w zespołach fito- i zooplanktonu zaobserwowano istotny spadek udziału gatunków planktonowych żyjących z asocjacji z makrofitami przy jednoczesnym wzroście udziału gatunku bardzo tolerancyjnego zarówno w zakresie temperatury, jak i żyzności wody (*Chydorus cf. sphaericus*). Takie zmiany wskazują na niekorzystne warunki środowiskowe, w postaci obniżonego poziomu wód jeziornych oraz niższej temperatury wody. Wywołane były one najprawdopodobniej ochłodzeniem związanym z Małą Epoką Lodową (1350–1850 n.e.). W centralnym Meksyku okres ten charakteryzował się niższymi temperaturami powietrza, niższymi opadami oraz dłuższymi i zimniejszymi zimami. Warunki klimatyczne (stosunkowo długa zima, niska temperatura, suche powietrze) sprzyjały rosnącej liczbie gatunków bardziej tolerancyjnych w stosunku do niższych temperatur takich jak *Chydorus cf. sphaericus*. Co ważne, zaobserwowanie w regionie centralnego Meksyku – obszarze tropikalnym – Małej Epoki Lodowej stanowi jeden z dowodów na jej globalny charakter.

Jak wykazały badania paleolimnologiczne od połowy XVIII w. do pierwszych dziesięcioleci XX w. nastąpił wyraźny spadek opadów. W osadach korelowanych z okresem XIX w. dokonano niezwykłego odkrycia – znaleziono pyłek kukurydzy. Kukurydza, która jest główną rośliną uprawną na obszarze Ameryki i podstawą żywienia ludności, ma stosunkowo ciężki i duży pyłek, co ogranicza jego transport. Obecność pyłku w osadach jeziornych znajdujących się ponad 4000 m n.p.m. jednoznacznie wskazuje więc na dostarczenie go do jeziora Del Sol w sposób celowy przez ludzi. Jak wiemy z danych historycznych, w XIX w. obszar ten był nadal stosunkowo suchy, a rdzenni mieszkańcy wspinali się aż do krateru Nevado de Toluca, by składać ceremonialne ofiary w jeziorach z prośbą o deszcz.

Zrozumienie

Dane skorelowane z pierwszą połową XX w. wykazują na istotne zmiany w obrębie składu gatunkowego

Paleolimnologia

(od greckich słów palaiós – „stary”, limno – „staw”, oraz logos – nauka) to nauka zajmująca się warunkami, które w przeszłości panowały w jeziorach. Posługując się wieloczynnikową analizą osadów zdeponowanych na dnie zbiornika, rekonstruuje ona minione warunki ekologiczne.

wioślarek, co jest związane z ingerencją człowieka w badanych meksykańskich jeziorach. W okresie tym doszło tutaj do prawie całkowitego zaniku osobników wioślarek z rodziny Daphniidae, które są „przymakiem ryb”. W latach 30. i 40. XX w. w Meksyku (podobnie zresztą jak w wielu innych miejscach na świecie, np. w polskich stawach tatrzańskich) podejmowano próby zarybiania jezior, wprowadzając do nich populacje ryb. Te zaś doprowadziły do intensywnego żerowania i w rezultacie do drastycznego spadku osobników z rodzaju Daphnia. Ze względu na trudne warunki ekologiczne (przede wszystkim niską żyzność wody oraz zamarzanie jezior w okresie zimowym) populacje ryb w Del Sol i La Luna nie rozwinęły się, a dzięki temu skład zooplanktonu powrócił do stanu sprzed wpuszczenia narybku do zbiorników. Obecnie jezioro La Luna jest bezrybne, a w jeziorze Del Sol występuje bardzo nieliczna, skarlłowaciała populacja ryb.

Wszystkie te ustalenia są jednym z przykładów na to, że badania paleolimnologiczne przyczyniają się w wielkim stopniu nie tylko do zrozumienia specyfiki danego jeziora i jego okolicy, lecz przede wszystkim dostarczają nam wiedzy o charakterze globalnym. Za najważniejszy z nich niech służy przytoczone wyżej odkrycie śladów występowania Małej Epoki Lodowej w klimacie tropikalnym – fakt ten potwierdza jej uniwersalny zasięg, w efekcie pozwalając nam nawet na śledzenie trendów kulturowych i cywilizacyjnych na przestrzeni dziejów. Ponadto pozyskanie informacji z jezior w wyższych szerokościach czasem jest niemożliwe, ze względu na obszerne zlodowacenia oraz brak zapisu ekologicznego. Jeziora strefy tropikalnej stają się w ten sposób jednym z nielicznych źródeł informacji nie tylko z zakresu interglacjału, ale również okresów glacialnych.

EDYTA ZAWISZA

Przedstawione badania były finansowane przez NCN (projekt NCN 2012/05/B/ST10/00469).

Chcesz wiedzieć więcej?

Zawisza E., Cuna E., Caballero M., Ruiz-Fernandez A.C., Szeroczyńska K., Woszczyk M., Zawiska I. (2017). Environmental changes during the last millennium recorded in subfossil Cladocera, diatoms and sediment geochemistry from Lake El Sol (Central Mexico). *Geological Quarterly*, 61 (1), 81–90.

Cuna E., Zawisza E., Caballero M., Ruiz-Fernandez A.C., Lozano-García S., Alcocer J. (2014). Environmental impacts of Little Ice Age cooling in central Mexico recorded in the sediments of a tropical alpine lake. *Journal of Paleolimnology* 51, 1–14.

Sinev A.Y., Zawisza E. (2013). Comments on cladocerans of crater lakes of the Nevado de Toluca Volcano (Central Mexico), with the description of a new species, *Alona manueli* sp. *Zootaxa* 3647 (2), 390–400.