

# JAK NIE ZAMARZNAĆ? STRATEGIE PRZETRWANIA MAŁŻY SŁODKOWODNYCH W RÓŻNYCH STREFACH KLIMATYCZNYCH EUROPY

ANNA  
LIPIŃSKA

1 | *Szczeżuja pospolita*  
*Anodonta anatina*  
fot. Morten Olsen (GBIF,  
*iNaturalist*; licencja CC BY)



Wpływ zmian klimatu na rozmieszczenie gatunków ma szczególnie znaczenie w przypadku gatunków narażonych na wymieranie, jak małże słodkowodne, które należą do jednej z najbardziej zagrożonych grup organizmów wodnych. Małże odgrywają istotną rolę w naturalnych procesach samooczyszczania wód i są swoistymi biologicznymi wskaźnikami jakości wody. Pełnią zatem istotne usługi

ekosystemowe. Odporność na niskie temperatury jest jednym z podstawowych czynników regulujących zasięgi gatunków. Badano w jaki sposób małże słodkowodne w różnych strefach klimatycznych oraz Europy radzą sobie z przetrwaniem niskich temperatur. Na podstawie wyników badań można wnioskować o wpływie zmian klimatycznych na cechy fenotypowe i rozmieszczenie gatunku.

niku w 2016 roku. Maszynopis raportu, Port Lotniczy Lublin S.A.

Męczyński S., Próchnicki K., Styka R. 2017. Raport o stanie reintrodukowanej populacji susłów perełkowanych *Spermophilus suslicus* Güld. występującej na terenie lotniska w Świdniku w 2016 roku. Maszynopis raportu, Port Lotniczy Lublin S.A.

Mięsikowski M., Stankiewicz M., Flocik Ł. 2021. Raport z przeprowadzonego monitoringu susła perełkowanego *Spermophilus suslicus* na terenie lotniska w Świdniku – wyniki z badań za 2021 rok. Maszynopis raportu, Port Lotniczy Lublin S.A.

Mięsikowski M., Andruszkiewicz M. 2022. Raport z przeprowadzonego monitoringu susła perełkowanego *Spermophilus suslicus* na terenie lotniska w Świdniku – wyniki z badań za 2022 rok. Maszynopis raportu, Port Lotniczy Lublin S.A.

Mięsikowski M., Sobotka K. 2023. Raport z przeprowadzonego monitoringu susła perełkowanego *Spermophilus suslicus* na terenie lotniska w Świdniku – wyniki z badań za 2023 rok. Maszynopis raportu, Port Lotniczy Lublin S.A.

Mięsikowski M., Sobotka K., Lichočka K. 2024. Raport z przeprowadzonego monitoringu susła perełkowanego *Spermophilus suslicus* na terenie lotniska w Świdniku – wyniki z badań za 2024 rok. Maszynopis raportu, Port Lotniczy Lublin S.A.

Peery M.Z., Kirby R., Reid B.N., Stoelting R., Doucet-Béer E., Robinson S., Vásquez-Carrillo C., Pauli J.N., Palsbøll P.J. 2012. Reliability of genetic bottleneck tests for detecting recent population declines. *Molecular Ecology* 21(14): 3403–3418. doi: 10.1111/j.1365–294X.2012.05635.x.

Piskorski M. 2004. Suszeł perełkowany (*Spermophilus suslicus*). W: Adamski P., Bartel R., Berezynski A., Kepel A., Witkowski Z. (red.). Gatunki zwierząt (z wyjątkiem ptaków). Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. Tom 6. Ministerstwa Środowiska, Warszawa: 445–450.

Piskorski M. 2005. Charakterystyka populacji susłów perełkowanych *Spermophilus suslicus* (Guldestaedt, 1770 w Świdniku koło Lublina. Praca doktorska. Zakład Anatomii Porównawczej i Antropologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin (manuskrypt).

Próchnicki K. 2015. Atlas Ssaków Polski – Suszeł perełkowany. IOP PAN Kraków, <http://www.iop.krakow.pl/ssaki/Gatunek.aspx?spID=59>.

Próchnicki K., Duda P., Grądziel T., Męczyński S., Styka R., Śmiełowski J. 2008. Suszeł perełkowany. Monografie przyrodnicze. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

Radkowska I., Radkowski A. 2023. Wypas regeneracyjny jako element kształtujący usługi ekosystemowe użytków zielonych. *Roczniki Naukowe Zootechniki* 50(2): 167–178.

Rozporządzenie 2016. Rozporządzenie Ministra Środowiska 2016 z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Dz.U. poz. 2380.

Rusin M. 2024. *Spermophilus suslicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2024: e.T20492A221789753. doi:10.2305/IUCN.UK.2024–2.RLTS.T20492A221789753.en (dostęp: 17.07.2025).

Shekarova O.N., Neronov V.V., Savinetskaya I.E., 2008. Speckled Ground Squirrel (*Spermophilus suslicus*): current distribution, population dynamics and conservation. *Lynx* 39(2): 317–322.

Surdacki S. 1954. Suszeł perełkowany (*Citellus suslicus*) Gueld na Lubelszczyźnie. *Annales UMCS, C 9* (7).

Surdacki S. 1963. Zmiany w rozmieszczeniu i liczebności *Citellus suslicus* na Lubelszczyźnie w okresie 1954–1961. *Acta Theriologica* 7: 79–90.

Suszeł perełkowany – gatunek specjalnej troski 2021. Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Lublinie. <https://www.gov.pl/web/rdos-lublin/susel-perelkowany---gatunek-specjalnej-troski> (dostęp: 25.03.2025 r).

Titov S.V., Kartavov N.A., Simakov M.D., Chernyshova O.V., Kuzmin A.A. 2022. Features of the dynamics of the genetic structure of populations of speckled ground squirrel (*Spermophilus suslicus* Güld.) in the right-bank Volga region. *Russian Journal of Ecosystem Ecology* 7(3). doi: 10.21685/2500–0578–2022–3–1.

Titov S.V., Kartavov N.A., Leonova N.A., Smirnov D.G., Chernyshova O.V., Kuzmin A.A. 2024. Current state of populations of the Speckled Gould Squirrel (*Spermophilus suslicus* Güld.) in the Volga Region: history and scale of extinction. *Russian Journal of Ecosystem Ecology* 9(3): 2–14. doi: 10.21685/2500–0578–2024–3–1.

Zagorodniuk I., Korobchenko M. 2008. Rare mammal fauna of eastern Ukraine: composition and distribution of rare species. *Proceedings of the Theriological School* 9: 107–156.

Ziółek M., Kozieł M., Czubla P. 2017. Changes in population of spotted souslik *Spermophilus suslicus* in eastern Poland. *Polish Journal of Natural Sciences* 32(1): 91–104.

## Dlaczego małże?

Małże słodkowodne to bezkręgowce zasiedlające czyste wody płynące (rzeki, kanały, rowy melioracyjne) oraz stojące (jeziora, stawy). Małże z rodziny skójkowatych – jako organizmy filtrujące – odgrywają istotną rolę w naturalnych procesach samooczyszczania wód. W trakcie odżywania się odfiltrowują żywą i martwą zawiesinę, w tym: fitoplankton, bakterie oraz cząsteczkową materię organiczną (detrytus). Szacuje się, że w ciągu godziny przez skrzelą jednej szczeżui (*Anodonta* sp.) przepływa ponad 1,5 l wody, natomiast jeden osobnik skójki malarskiej (*Unio pictorum*) może przefiltrować w tym czasie nawet do 3,6 l. Małże są jednocześnie wrażliwe na obecność szkodliwych substancji w wodzie. Komórki zmysłowe zlokalizowane na syfonie wpustowym małża umożliwiają ocenę jakości wody. Po wykryciu substancji szkodliwych w wodzie małż reaguje gwałtownym zamknięciem muszli, co znajduje praktyczne zastosowanie w stacjach uzdatniania wody. Małże są tam swoistymi biologicznymi wskaźnikami jakości wody. Z ich „usług” korzysta wiele dużych aglomeracji, takich jak Gdańsk, Warszawa, Poznań czy Łódź.

Poza Antarktydą małże spotykane są w wodach wszystkich kontynentów. W Polsce występuje sześć gatunków rodzimych z rodziny skójkowatych spośród piętnastu europejskich gatunków małży: skójka zastrzona *Unio tumidus*, skójka malarska *Unio pictorum*, skójka gruboskorupowa *Unio crassus*, szczeżuja pospolita *Anodonta anatina*, szczeżuja wielka *Anodonta cygnea*, szczeżuja spłaszczona

*Pseudanodonta complanata*. Jeden gatunek jest obcy – szczeżuja chińska *Sinanodonta woodiana*. Ochronie prawnej podlegają trzy gatunki: skójka gruboskorupowa, szczeżuja wielka i szczeżuja spłaszczona.

Nasze krajowe małże słodkowodne żyją zwykle od kilku do kilkudziesięciu lat. Skójka gruboskorupowa może osiągać wiek nawet 80 lat. W naszych wodach występowała perłoródka rzeczna (zwana skójką perłorodną) *Margaritifera margaritifera*, gatunek posiadający zdolność formowania pereł, który wyginął w minionym stuleciu.

Małże słodkowodne są szczególnie narażone na wymieranie i należą do jednej z najbardziej zagrożonych grup organizmów wodnych. Przyczyną zaniku populacji tych rodzimych małży są m.in. niszczenie siedlisk, eutrofizacja, zamulenie i zanieczyszczenie wód, a także regulacja rzek.

### Strategie przetrwania niskich temperatur

Zmiany klimatyczne wpływają na rozmieszczenie gatunków roślin i zwierząt. W przypadku gatunków zagrożonych, jak małże słodkowodne, zrozumienie wpływu klimatu na rozmieszczenie organizmów jest szczególnie ważne. Małże słodkowodne należą do jednej z najszybciej ginących grup zwierząt na Ziemi.

Jednym z podstawowych czynników regulujących zasięgi gatunków jest odporność na niskie temperatury. U mięczaków stwierdzono dwie strategie przetrwania ni-

skich temperatur – (1) unikanie zamarzania (*freezing avoidance*) – poprzez obniżanie temperatury krystalizacji i niedopuszczanie do powstawania kryształów lodu w ciele oraz (2) tolerancję na zamarzanie (*freezing tolerance*) – zamiast obniżania temperatury krystalizacji występuje kontrolowany proces powolnego zamarzania polegający na wyprowadzaniu wody poza komórki i kontrolowaniu rozrostu kryształów, by nie dopuścić do rozerwania komórek. Występują także strategie mieszane. Tolerancja na zamarzanie nie była dotychczas badana u dużych małży słodkowodnych.

### Czy istnieją różnice w odporności na zamarzanie u małży między regionami klimatycznymi oraz względem wysokości nad poziomem morza?

Obiektem badań był pospolity w zachodniej Palearktyce gatunek małża słodkowodnego – szczeżuja pospolita *Anodonta anatina*, spotykany w wodach bieżących i stojących, niepodlegający ochronie gatunkowej i siedliskowej w Polsce, a jednocześnie cenny przyrodniczo i łatwy do monitorowania. Badano jego odporność na zamarzanie w strefach klimatycznych różniących się długością sezonu wegetacyjnego i stabilnością warunków środowiska. Próby do badań pobierano w trzech krajach – Norwegii, Polsce i Portugalii i z różnych szerokości geograficznych i wysokości nad poziomem morza.

Celem projektu była analiza cech plastyczności fenotypowej, takich jak rozmiar muszli, kondycja osobników (stężenie

U małży słodkowodnych spotykane są następujące adaptacje do niskich temperatur:

- zakopywanie się w osady
- obniżona aktywność metaboliczna
- muszla służąca jako izolator
- osmoregulacja i odwodnienie (małże na zimę „obsychają” – czyli pozbywają się wody, żeby zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia kryształów lodu i zamarznięcia; redukcja całkowitej wody w organizmie zwiększa stężenie krioprotektantów, jednocześnie zmniejszając ilość wody podatnej na zamarzanie)
- wytwarzanie krioprotektantów (proces kosztowny energetycznie) – inhibitorów krystalizacji ograniczających powstawanie kryształów
- schodzenie na niższe głębokości

glikogenu w tkankach) oraz temperatura punktu przechłodzenia (*supercooling point*) płynów ustrojowych wzdłuż gradientów środowiskowych (szerokość geograficzna i wysokość nad poziomem morza). Punkt przechłodzenia (*supercooling point*, SCP) to temperatura, przy której pojawia się pierwszy kryształ lodu. Podłączenie do organizmu czujnika rejestrującego temperaturę umożliwi wykrycie charakterystycznego piku temperaturowego („wyrzutu” ciepła) towarzyszącego inicjacji krystalizacji. Po przekroczeniu punktu przechłodzenia organizm zaczyna zamarzać.

2 | Syfon wlotowy szczeżui przypomina paszczę z zębami, ale nie są to zęby, a nazwa „szczeżuja” przypuszczalnie nie wiąże się ze „szczęzeniem zębów”, lecz czynnością „czesania” – pozyskiwania włókien z łodyg roślin za pomocą skorup tego małża, praktykowanej przed dawne plemiona  
fot. Julien Renoult  
(iNaturalist, domena publiczna)



Badania prowadzono jesienią i zimą w latach 2023–2024. W Europie północnej pobrano 150 osobników, w Polsce 98, w Portugalii 74. W każdym kraju pobierano próby na co najmniej czterech stanowiskach (po dwa na nizinach i na wyżynach). Zakładano, że w klimacie surowym ze względu na niedobór pokarmu (gorsza kondycja) i wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia niskich temperatur pojawi się strategia tolerancji zamarzania (wysoki koszt produkcji krioprotektantów) i wąski zakres norm reakcji tej cechy w porównaniu do populacji w klimacie umiarkowanym. Oczekiwano, że rozmiary ciała małży żyjących w klimacie umiarkowanym będą mniejsze, zgodnie z regułą zależności między temperaturą a wielkością ciała.

## Wyniki

Punkt przechłodzenia wykryto u zaledwie ośmiu osobników, czyli 2,5% wszystkich zebranych małży. U żadnego małża z ciepłych wód Portugalii nie stwierdzono wystąpienia punktu przechłodzenia. Większość osobników, u których wystąpił SCP pochodziła z Europy północnej, natomiast tylko jeden osobnik z Polski. Wykazano, że im wyższa była temperatura wody, tym wyższy był punkt przechłodzenia. Lepiej odżywione osobniki, charakteryzujące się wyższym poziomem glikogenu w tkankach, osiągały punkt przechłodzenia przy wyższych temperaturach. Osobniki zajmujące obszary nizinne w Europie północnej były wyraźnie lepiej odżywione, niż te występujące na obszarach wyżynnych. Większe osobniki pochodziły z Europy południowej niż ze środkowej i północnej, a ponadto małże

Badania realizowane były dzięki wsparciu Narodowego Centrum Nauki – grant MINIATURA (2023/07/X/NZ9/00300: Odporność na zamarzanie u małży słodkowodnych – wpływ kondycji osobnika i parametrów siedliska).

Wyniki badań ukazały się w publikacji: Lipińska A.M., Adamski P., Ćmiel A.M., Golab M.J., Idczak-Figiel P.A., Lopes-Lima M., Mageroy J.H., Nowakowska A., Österling M., Sniegula Sz., Teixeira A., Costa S., Varandas S., Halabowski D. 2025. Cold tolerance strategies of freshwater mussels across latitudes. Scientific Reports 15: 22232. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06450-7>

były istotnie większe na terenach nizinnych niż wyżynnych we wszystkich badanych regionach.

## Wnioski

Czynniki geograficzne i klimatyczne mają istotny wpływ nie tylko na rozmiar ciała, ale także na strategię przetrwania mrozu i tolerancję na zamarzanie u badanego gatunku. Małże z cieplejszych regionów są większe, ale rzadziej wykorzystują punkt przechłodzenia, podczas gdy w chłodniejszym klimacie punkt przechłodzenia jest obserwowany, ale odgrywa jedynie ograniczoną rolę. Niewielka część populacji zachowuje zdolność do przechładzania jako zabezpieczenie na wypadek wystąpienia ekstremalnych mrozów. Jednak nawet zbiorniki w surowym klimacie na północy Europy zwykle nie zamarzają do dna. Małże z południa nie mają potrzeby wykształcenia tej umiejętności (krioprotektanty są kosztowne energetycznie), a w ciepłym klimacie strategia ta jest nieprzydatna – zasoby energetyczne można zainwestować np. w rozmnażanie i wzrost.

Szczeżuja pospolita stosuje strategię mieszane przetrwania zimy obejmującą zarówno: (1) unikanie zamarzania przez zagrzebywanie się w osadzie, jak i (2) tolerancję na zamarzanie z niewielką liczbą osobników wykorzystujących SCP. Zróżnicowania te prawdopodobnie

wynikają ze zróżnicowanych warunków klimatycznych w całym zasięgu gatunku. Dodatkowo mieszane strategie mogą być stosowane nawet w obrębie jednej populacji.

## Wpływ zmian klimatu na cechy fenotypowe i rozmieszczenie gatunku

Wraz ze wzrostem globalnych temperatur (dłuższe sezony wzrostu, cieplejsza woda w Europie północnej i środkowej) możliwe jest zwiększenie rozmiarów małży i zatarcie obecnych różnic wielkości między populacjami południowymi a północnymi. Zmiany temperatury wody i dynamiki przepływu mogą także zmieniać rozmieszczenie małży potencjalnie przesuwając populację na północ i wpływając na przystosowanie dotyczące wielkości i kształtu.

Anna Lipińska

[lipinska@iop.krakow.pl](mailto:lipinska@iop.krakow.pl)

Instytut Ochrony Przyrody

Polskiej Akademii Nauk

al. Adama Mickiewicza 33, 31-120 Kraków