

KOLOROWY ZAWRÓT GŁOWY, CZYLI ZAKWITY WODY

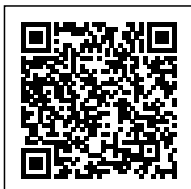
Opublikowane 24 sierpnia 2023 autor: Elżbieta Wilk-Woźniak



Zjawisko „kwitnienia” wód, chociaż obecne na Ziemi od dawna, dopiero teraz jest coraz powszechniej rozpoznawane, a jego negatywne konsekwencje społecznie rozumiane. Zakwit to widoczna zmiana zabarwienia wody spowodowana nadmiernym rozwojem sinic lub glonów. Zmiany zabarwienia są dobrze widoczne nie tylko z brzegu zbiornika, ale – w przypadku silnych zakwitów – także z kosmosu.

Kategorie: [Nauka](#), [Onet](#), [Wydanie 17/2023](#)

Tags: [sinice](#), [zakwity](#), [zanieczyszczenia](#), [złota alga](#)



Zjawisko „kwitnienia” wód, chociaż obecne na Ziemi od dawna, dopiero teraz jest coraz powszechniej rozpoznawane, a jego negatywne konsekwencje społecznie rozumiane.

Zakwit to widoczna zmiana zabarwienia wody spowodowana nadmiernym rozwojem sinic lub glonów. Zmiany zabarwienia są dobrze widoczne nie tylko z brzegu zbiornika, ale – w przypadku silnych zakwitów – także z kosmosu.

Zakwity – rodzaje i lokalizacje

Zakwity mogą być wywoływane zarówno przez mikro-, jak i makroglony. Jeśli wywołały go sinice, woda ma wyraźny zielonkavo-siny kolor sprawiający wrażenie wylanej zielono-niebieskawej farby olejnej. W zależności od gatunków sinic i fazy zakwitu możemy także widzieć wyraźne niebieskawe, żółtawe lub czerwono-brunatne zabarwienie wody. W przypadku zakwitu wywołanego przez mikroglony eukariotyczne, jak np. okrzemki, woda przybiera kolor brunatny, brudnic – brunatnoczerwony, euglenin – czerwony, złotowiciowców – brązowy, haptofitów – złotawy. Zakwity tworzone przez makroglony są widoczne w postaci dużych, wyraźnych skupień biomasy na powierzchni wody.

Zakwity mogą pojawiać się we wszystkich rodzajach wód: rzekach, jeziorach, stawach, morzach, oceanach oraz na wszystkich kontynentach. Wyjątkiem jest Antarktyda, ale nie można wykluczyć, że w przyszłości także i tam pojawi się to zjawisko. Obserwowane są praktycznie o każdej porze roku, chociaż lato to okres, w którym pojawiają się najbardziej intensywnie.

Skutkiem zakwitu jest nie tylko zmiana zabarwienia wody, ale często nieprzyjemny zapach i obecność na powierzchni kożuchów powstałych z nagromadzenia się nadmiernie rozwiniętej biomasy sinic lub glonów.

Zakwity wody spowodowane przez sinice

Wiele mikroorganizmów tworzących zakwity produkuje różnego rodzaju związki chemiczne, w tym toksyny, które wydalone do wody mogą powodować liczne negatywne zjawiska. Szczególnie było to widoczne w czasie ubiegłorocznego zakwitu na Odrze wywołanego przez glony z grupy haptofitów – *Prymnesium parvum*. Zdecydowanie częściej jednak mamy do czynienia z zakwitami tworzonymi przez sinice (cyjanobakterie), których nazwa pochodzi od niebieskawego (sinawego) zabarwienia, spowodowanego obecnością niebieskich i czerwonych barwników (fikocyjaniny i fikoerytryny).

Sinice to fotosyntetyzujące bakterie, dla których światło słoneczne jest źródłem energii w czasie przetwarzania CO₂ na biomasę. Dowody kopalne wskazują, że na Ziemi występowały licznie ponad 2,5 mld lat temu, ale mogły pojawić się nawet 3,5 mld lat temu. Obecnie przyjmuje się, że są organizmami, które pierwsze produkowały tlen i tym samym wywołały jedno z najważniejszych zdarzeń na Ziemi, czyli pojawienie się warunków tlenowych. Poza tym odgrywają kluczową rolę w globalnej produkcji pierwotnej i wiązaniu azotu.

Chociaż sinice występują na Ziemi od dawna, to wiele badań wskazuje, że eutrofizacja, wzrastający poziom CO₂ i globalne ocieplenie są odpowiedzialne za liczniejszą obecność, intensywność i długość trwania zakwitów sinicowych, zwłaszcza w północnych częściach globu. Trend ten jest niebezpieczny, ponieważ zakwity sinicowe powodują spadek bioróżnorodności, mogą mieć szkodliwe oddziaływanie na sieci

troficzne i stwarzają niebezpieczeństwo w użytkowaniu wód, np. do spożycia, przeznaczonych do rekreacji czy hodowlanych (hodowla ryb, skorupiaków).

Ulubiona pogoda sinic, przy której możemy spodziewać się zakwitów wody, to słońce i brak wiatru. W czasie upalnego lata częściej pojawiają się zakwity tworzone przez sinice niż wtedy kiedy lato jest chłodne i deszczowe.

Wyjątkowe umiejętności sinic

Masowy rozwój sinic jest wskaźnikiem zasobności ekosystemu wodnego w składniki odżywcze, zwłaszcza w takie makroelementy jak fosfor i azot. Jednak zdarza się, że dostępne zasoby tych związków zostaną wyczerpane poprzez silny rozwój innych glonów. Sinice magazynują nadmiar fosforu w komórkach w postaci polifosforanu. Dzięki takiemu zapasowi mogą przeprowadzać podziały komórkowe nawet wówczas, gdy zewnętrzna pula pierwiastka została wyczerpana.

Aby pozyskać azot potrafią korzystać z różnych jego źródeł: azotanów, azotynów, amoniaku czy też mocznika. Jednak cechą charakterystyczną niektórych gatunków sinic jest umiejętność wiązania azotu atmosferycznego (N_2). Zdolność tę posiadają gatunki określane jako diazotroficzne. Wiązanie azotu atmosferycznego jest kosztowne energetycznie ze względu na konieczność rozerwania potrójnego wiązania łączącego cząsteczki N_2 , jak i utrzymania przez komórkę enzymu nitrogenazy, niezbędnego do katalizowania reakcji. Jednak inwestycje energetyczne w wiązanie azotu mogą być zrównoważone przez przewagę konkurencyjną, jaką zapewniają im środowiska o znacznym niedoborze azotu.

Gatunki, które nie potrafią przyswajać azotu atmosferycznego, mogą korzystać z zapasów, które są uwalniane do wody z obumierających komórek gatunków potrafiących to robić. Zdolność wiązania N_2 powoduje więc, że sinice zwiększają pulę azotu w środowisku wodnym poprzez wprowadzanie go do środowiska, wpływając tym samym na globalny cykl geochemiczny tego pierwiastka.

Te wyjątkowe zdolności powodują, że sinice nie tylko świetnie odnajdują się w środowisku niesprzyjającym innym organizmom, ale też potrafią się tam bardzo skutecznie rozmnażać.

Zakwity sinic źródłem chorób i zatruc

Sinice mają zdolność wytwarzania wielu związków chemicznych. Niektóre z nich są szkodliwe dla ludzi i zwierząt i zaliczono je do najbardziej toksycznych substancji występujących naturalnie. Ich dawki śmiertelne porównywane są z toksynami grzybów (amanityny, faloidyna) lub roślin (akonityny, strychniny). Toksyny sinic są bardzo stabilne i pozostają aktywne nawet po przegotowaniu wody.

Wśród toksyn sinicowych wyróżnia się:

- mikrocystyny i nodularyny zaliczane do hepatotoksyn. Są endotoksynami, czyli pozostają w komórkach sinic do czasu ich uszkodzenia lub obumarcia. Aby przedostać się do komórki wymagają transportu błonowego zapewnianego przez komórki wątroby, przez co są one najbardziej narażone na negatywne oddziaływanie tego typu toksyny. Wpływają na nerki, układ pokarmowy,

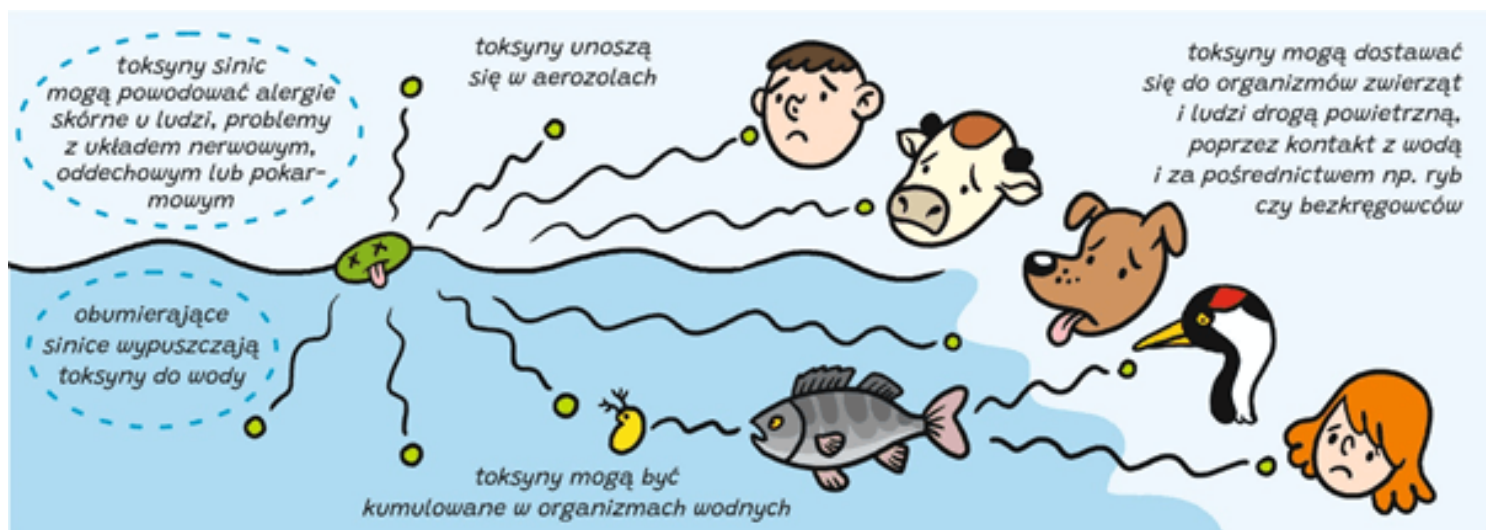
ograniczają zdolności do naprawy DNA, mają też działanie rakotwórcze. Aktualnie znanych jest ok. 250 kongenerów (rodzajów) mikrocystyn. Mikrocystyny i nodularyny mogą być kumulowane w tkankach zwierząt. Ich obecność została stwierdzona w bezkręgowcach i kręgowcach wodnych: zooplanktonie, małżach, krewetkach, rybach.

- cylindrospermopsynę, toksynę wydzielaną pozakomórkowo. Może oddziaływać na wątrobę, nerki i erytrocyty. Jej obecność została stwierdzona w małżach, ślimakach, rakach, rybach i roślinach.
- anatoksynę-a, zaliczaną do neurotoksyn, które uszkodzają ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy. Po spożyciu jest szybko i biernie wchłaniana i rozprowadzana do różnych narządów, w tym do mózgu. Jej działanie może spowodować paraliż mięśni i prowadzić do niewydolności oddechowej. Kumuluje się w tkankach ryb (np. tilapia, karp, pstrąg).
- saksitoksynę produkowaną przez sinice, ale także przez morskie bruzdnice. Saksitoksyna powoduje blokadę kanału sodowego w komórkach nerwowych i kanału wapniowego i potasowego w komórkach mięśnia sercowego. Jej działanie prowadzi do typowych objawów neurologicznych, takich jak nerwowość, drgawki, ataksja oraz porażenie mięśni i układu oddechowego. Stwierdzono akumulację w wioślarkach (*Daphnia*), krabach, ośmiornicach, rybach i ssakach, jak np. wieloryby.
- anatoksynę-a(s), która hamuje acetylocholinoesterazę w połączeniach nerwowo-mięśniowych, blokując hydrolizę neuroprzekaźnika. Wynikiem tego jest kumulacja acetylocholino. Prowadzi ona do nadpobudliwości nerwów, skutkiem czego u ssaków występuje osłabienie mięśni, zaburzenia oddychania (duszność) i konwulsje poprzedzające zgon, który występuje w wyniku zatrzymania oddechu.
- dermatotoksyny wydzielane przez morskie gatunki sinic. Wywołują reakcje alergiczne po bezpośrednim kontakcie ze skórą.
- BMAA – uznaje się, że może być jedną z przyczyn choroby neurodegradacyjnej (parkinsonizm) i choroby Alzheimerera. Kumuluje się w mięczakach i rybach.
- lipopolisacharydy sinicowe (LPS), które są częścią zewnętrznego błony większości gram-ujemnych prokariotów, w tym bakterii jelitowych i sinic. Mogą powodować podrażnienia skóry, gorączkę i nudności.

Osoby, które miały bezpośredni kontakt z wodą z zakwittem, mogą skarżyć się na alergie skórne (wysypki), podrażnienia oczu, a także wymioty, biegunkę, gorączkę, bóle mięśni i stawów. Istnieją dowody, że toksyczne zakwity sinic mogą powodować choroby, a nawet śmierć psów, koni, bydła, ptaków i ryb. Jeśli więc wystąpi zakwit wody należy unikać kontaktu z nią, chronić dzieci i zwierzęta. Właściciele psów nie powinni pozwalać im się bawić, pływać ani pić wody ze zbiornika, w którym zakwity są widoczne.

Komórki sinic i ich toksyny są obecne także w aerozolach unoszących się przy brzegach zbiorników wodnych. Jeśli będziemy je wdychać, to możemy mieć problemy z układem oddechowym. Na szczęście mijają one szybko, jeśli oddalimy się od brzegu.

Nie każdy zakwit jest zakwittem toksycznym. Ale nawet te nietoksyczne są zjawiskiem niebezpiecznym, ponieważ powodują zaburzenia w ekosystemie. Nagromadzenie materii organicznej wskutek zagęszczenia obumierających komórek sinic, pogarsza warunki bytowe innych organizmów wodnych. W wyniku procesów rozkładu materii organicznej w warstwach przydennych zbiorników następuje wyczerpywanie się tlenu i powstają deficyty tlenowe. Takie warunki mogą powodować masowe śnięcie ryb czy bezkręgowców wodnych. W warunkach beztlenowych następuje uwalnianie z osadów dennych do wody naddennej jonów amonowych, fosforanowych czy też siarkowodoru. Tym sposobem zbiornik wodny zostaje wzbogacony w substancje odżywcze wewnętrznie.



Autor rysunku: Tomasz Samojlik

Zakwity niesinicowe

Inne, równie niebezpieczne zakwity wywołują gatunki glonów eukariotycznych, takich jak bruzdnice czy haptofity. Zakwity tworzone przez bruzdnice powstają najczęściej w oceanach. Silne toksyny, które wydzielają, mogą powodować szkody i zagrażać zdrowiu i życiu ludzi i zwierząt.

Haptofity to także eukariotyczne glony, które zasiedlają wody słone. Negatywne skutki zakwitu wody utworzonego w [Odrze](#) przez *Prymnesium parvum*, należące do haptofitów, widzieliśmy w ubiegłym roku, kiedy to zginęło tysiące ton ryb, małży i innych zwierząt oddychających skrzelami.

„Złota alga” przyczyną wielu problemów na całym świecie

Prymnesium parvum po raz pierwszy został odkryty w słonawej wodzie stawu Bembridge (wyspa Wight, Anglia) i opisany przez Carter w 1937 r. Do tej pory jego obecność stwierdzono na wyspach na Oceanie Atlantyckim, w Morzu Bałtyckim, w Morzu Czarnym, a także na Bałkanach, w Wielkiej Brytanii, Irlandii, Danii, Finlandii, Hiszpanii, Holandii, Niemczech, Norwegii, Polsce, Portugalii, Rumuni, Rosji, Szwecji, Ukrainie, Stanach Zjednoczonych, Brazylii, Izraelu, Chinach, Australii i Nowej Zelandii oraz w północnej Afryce (Maroko).

Komórki *Prymnesium parvum* posiadają dwa chloroplasty koloru brunatno-złotego, który zawdzięcza obecności barwnika fukoksantyny. Z tego powodu w okresie ich masowego rozwoju woda przybiera kolor złotawy, a gatunek nazywany jest „golden algae” w dosłownym tłumaczeniu „złota alga (glon)”. Gatunek ten zaliczamy do grupy euryhalinowych i eurytermalnych, co oznacza, że toleruje szeroki zakres zasolenia (1 do ponad 35 psu) i temperatury w zakresie 2 – 32°C. Jest gatunkiem kosmopolitycznym, występującym na wszystkich kontynentach, z wyjątkiem Antarktydy. Najczęściej wiąże się z wodami zasolonymi (estuaria) lub słonymi, morskimi, ale także obecny jest w wodach śródlądowych, często tych zanieczyszczonych (silnie zasolonych) i o wysokim przewodnictwie elektrolitycznym.

P. parvum jest gatunkiem mikсотroficznym, co oznacza, że posiada zdolność fotosyntezy (autotrofia), ale może odżywiać się także rozpuszczoną materią organiczną, bakteriami lub protistami (heterotrofia). *Prymnesium* posiada zdolność zabijania i zjadania gatunków

konkurujących z nim lub nawet będących drapieżnikami. Miksotrofia *Prymnesium* wzrasta wraz ze spadkiem dostępności nieorganicznych związków. Większość zakwitów tworzona jest przez ten gatunek w wodach bogatych w związki pokarmowe. Obserwacje wskazują, że przy pH równym 7 lub niższym toksyczność gatunku nie występuje. Czynnikiem, które powodują zakwity *Prymnesium*, najczęściej są: wysoka temperatura, wzrost zasolenia, zmiany w hydrologii i wzrost koncentracji związków pokarmowych. Przyjmuje się także, że mogą to być zmiany twardości wody, obecność herbicydów i wzrost pH.

Prymnesium parvum produkuje wiele związków, wśród których szczególnie znana jest prymnezyna, silnie działająca na skrzelą ryb (ichtiotoksyna). Efekt toksyczności może być wzmocniony przez szereg czynników środowiskowych. Niektóre substancje działające toksycznie na ryby są wrażliwe na światło, a ich działanie może zostać zahamowane przy pH 7 lub niższym.

Zakwity *Prymnesium parvum* powodują śmierć organizmów oddychających skrzelami: ryb, mięczaków, kijanek. Powszechnym sposobem działania *Prymnesium* jest niszczenie selektywnej przepuszczalności błon komórkowych i zakłócanie regulacji jonów w skrzelach. Zaatakowane toksyną ryby mają charakterystycznie przekrwione skrzelę, które mogą produkować bardzo grubą warstwę śluzu. Potem pływają coraz wolniej, kładą się przy dnie, gromadzą przy brzegu, przy źródłach świeżej wody lub wyskakują na brzeg.

Zakwity – ekonomiczne skutki

Toksyczne zakwity znacząco oddziałują na jakość życia ludzi związanych zawodowo z rybactwem komercyjnym, właścicieli restauracji, sklepów z żywnością, z turystyką i rekreacją. Miliony dolarów rocznie wydawane są na uświadamianie ludzi, jaki wpływ mają na ich zdrowie zakwity glonów, a także jakie szkody związane z rybactwem komercyjnym, rekreacją i turystyką powodują oraz ile kosztuje monitoring środowiskowy i zarządzanie zakwitami. Mało kto zdaje sobie sprawę z ukrytych kosztów, takich jak wspomaganie akwakultur, przetwarzanie jedzenia, medyczna opieka dla niezdiagnozowanych chorób, spadek konsumpcji ryb i owoców morza, straty w turystyce. Oto kilka przykładów:

- W Południowej Afryce masowe obumieranie i gnicie zakwitu sinicowego spowodowało gwałtowne pojawienie się warunków beztlenowych, a to z kolei wywołało masową ucieczkę homarów, które, pomimo zaangażowania wojska w ich ratowanie, zostały wyzbierane i zjedzone przez miejscową ludność.
- Zakwit sinic, obejmujący 2400 km² powierzchni jeziora Taihu w Chinach, spowodował brak wody pitnej dla 2 mln ludzi przez tydzień.
- Zakwit sinic na jeziorze Erie objął 5 000 km² jego powierzchni i poskutkował zakazem spożywania wody na 48 godzin dla 400 000 mieszkańców Toledo w Ohio, USA.
- Oszacowano, że koszty opieki medycznej związanej z dolegliwościami żołądkowymi spowodowanymi przez toksyny sinic wynosi: dla lekkich przypadków – 86 dol., dla średnich – 1015 dol., a dla ciężkich – 12 605 dol.; koszty opieki medycznej w przypadku dolegliwości związanych z układem oddechowym oszacowano: dla lekkich przypadków – 86 dol., średnich – 1235 dol., a dla ciężkich – 14 600 dol.

Krótkotrwałe zakwity w naturalnie eutroficznych wodach są zjawiskiem naturalnym. Jednak te trwają coraz dłużej oraz występują coraz częściej i są efektem zmian globalnych oraz narastającej antropopresji. Jeśli chcemy mieć czyste rzeki i jeziora, to musimy zacząć o nie dbać i

przestać traktować je jak śmietnik, do którego można wyrzucić (wylać) wszystko.