

Słowa kluczowe: zakwity sinicowe, toksyny sinicowe, mikrocyстыny,
stan zagrożenia na terenie Polski.

Andrzej KABZIŃSKI*

STAN ZAGROŻENIA ZAKWITAMI SINICOWYMI NA OBSZARZE POLSKI W LATACH 1995–2007

Wielkość zakwitów sinicowych zależy głównie od warunków termicznych i troficznych zbiornika. W Polsce najczęściej spotykanymi rodzajami są *Microcystis* i *Anabaena*, produkujące wiele różnego rodzaju toksyn. Zakwity stanowią więc problem natury estetycznej, zdrowotnej czy też technologicznej. Pomimo, że warunki klimatyczne nie są tak dogodne w Polsce jak w krajach o klimacie gorącym to jednak zakwity są spotykane dość często w naszym kraju, czemu sprzyja dodatkowo wysoka eutrofizacja zbiorników. W materiałach przedstawiono najważniejsze wyniki dotyczące zagrożenia zakwitami sinicowymi i toksynami sinicowymi Polskich jezior, zbiorników zaporowych i rzek.

1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

1.1. CHARAKTERYSTYKA ZAKWITÓW SINICOWYCH

Wielkość populacji fitoplanktonu i sinic w zbiornikach wodnych może być zróżnicowana w zależności od warunków termicznych i troficznych danego zbiornika. O ile w przypadku zbiorników oligotroficznych zawartości te są w przedziale 1,5–10,5 µg/L to dla jezior eutroficznych wartość ta może dochodzić do 300 µg/L. W skali globalnej szacuje się, że znanych jest około 1500 gatunków sinic, z czego jedynie około 2% (60–80 gatunków) może wykazywać się umiarkowaną lub wysoką toksycznością. W warunkach europejskich sinice są gatunkami dominującymi w zbiornikach w okresie późnego lata i wczesnej jesieni, choć w krajach o bardzo ciepłym klimacie toksyczne sinice mogą być gatunkami dominującymi przez okres 6–10 miesięcy w roku.

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Ogólnej i Nieorganicznej, Pracownia Badań Środowiskowych i Biomedycznych, 90-136 Łódź, ul. Narutowicza 68

W zakwitach najczęściej dominującym rodzajem jest *Microcystis* i *Anabaena* choć mogą także występować sinice z rodzaju *Nodularia*, *Nostoc*, *Oscillatoria* czy też *Aphanizo-menon*. produkujące kilkadziesiąt rodzajów toksyn. Masowe zakwity są problemem natury estetycznej ale przede wszystkim ekologicznej.

Masowe zakwity sinicowe są także olbrzymim problemem natury higienicznej i zdrowotnej ze względu na fakt, że są one producentami licznych toksyn stanowiących zagrożenie dla ludzi i zwierząt (tab. 1 [1,2]). Toksyczne zakwity sinicowe stanowią w końcu problem natury technologicznej ze względu na wysoką trwałość toksyn sinicowych i niską efektywność uzdatniania wody klasycznymi metodami. Najlepsze rezultaty dają w tym wypadku metody ozonowania i ozonowania katalitycznego jak też fotokatalityczny rozkład toksyn przy czym duża ilość materii organicznej, pochodząca z rozkładu materiału zakwitu jest tu dodatkowym czynnikiem utrudniającym efektywne oczyszczanie i uzdatnianie wody.

Tab. 1. Charakterystyka głównych rodzajów toksyn sinicowych [1,2]

Lp.	Rodzaj toksyn	Przykłady toksyn	Liczba izoform
1.	Hepatotoksyny	Nodularyna Mikrocystyna Cylindrospermopsyna	>6 >75 1
2.	Neurotoksyny	Anataksyna-a Anatoksyna-a(s) Afanatoksyna Ciguatoksyna Kwas domoinowy	2 1 20 24 1
3.	Cytotoksyny (Dermatotoksyny)	Aplazjatoksyna Lyngbiatoksyna-a Akutyficyna Cyjanobakteryna	2 3 2 1
4.	Endotoksyny	Lipopolisacharydy (LPS)	>3

1.2. WARUNKI KLIMATYCZNE POLSKI

Warunki klimatyczne Polski nie są tak dogodne jak krajów południowych (np. Australia) nie mniej dają one możliwość rozwoju zakwitów sinicowych. W ostatnim okresie temperatury powietrza w okresie wiosennym mogą nawet wahać się w zakresie 18–29°C, podczas gdy latem temperatury mogą przekraczać nawet 35°C. Także ciepła jesień (złota jesień) daje temperatury dzienne w granicach 21–25°C. Powoduje to, że temperatury zbiorników wodnych w zależności od ich głębokości, szybkości wymiany wody mogą przekraczać nawet 18–26°C, co daje dobre warunki do rozwoju koloni sinicowych [3]. Rozwój i intensyfikacja produkcji

rolniczej oraz zwiększenie ilości ścieków bytowych powoduje, że ilość zanieczyszczeń biogenicznych w wodach znacznie wzrasta. Ponieważ dostępność związków azotu a zwłaszcza fosforu jest czynnikiem limitującym wielkość zakwitów, przy dobrej dostępności obu grup związków należy się spodziewać intensywnych zakwitów, zależnych głównie od warunków termicznych panujących w wodzie. Niekiedy bardzo wysokie stężenia związków azotowych i fosforowych sprzyjają także ich akumulacji w osadach. Niewielkie głębokości jezior i nizinnych zbiorników zaporowych są przyczyną częstego mieszania wód, które powoduje unoszenie osadów do warstw powierzchniowych i wymianę związków biogenicznych pomiędzy osadem a wodą.

Tab. 2. Większe polskie zbiorniki wodne badane na obecność zakwitów sinicowych oraz ich toksyn w latach 1995-2007 (*)

Lp.	Nazwa	Położenie (Rzeka)	Powierzchnia [km ²]	Pojemność [km ³]	Głębokość [m]
Jeziora					
1.	Śniardwy	Warm.-Maz.	113,8	0,660	23,4
2.	Jeziorak	Warm.-Maz.	34,6	0,142	12,0
3.	Niegocin	Warm.-Maz.	26,0	0,258	39,7
4.	Mamry	Warm.-Maz.	104,4	1,010	43,8
5.	Jamno	Zach.Pomor.	22,4	0,032	3,9
6.	Miedwie	Zach.-Pomor.	35,3	0,682	43,8
7.	Drawsko	Zach.-Pomor.	19,6	0,331	79,7
8.	Dąbie	Zach.-Pomor.	56,0	0,168	4,2
9.	Gardno	Pomorskie	24,7	0,031	2,6
10.	Łebsko	Pomorskie	71,4	0,118	6,3
11.	Gopło	Kujaw.-Pomor.	21,8	0,078	16,6
12.	Hańcza	Podlaskie	3,1	0,120	108,5
13.	Wielki Staw	Małopolskie	0,3	0,013	79,3
14.	Czarny Staw	Małopolskie	0,2	0,008	76,4
Zbiorniki zaporowe					
1.	Sulejowski	Pilica	19,8	0,079	x
2.	Włocławski	Wisła	70,4	0,387	x
3.	Jeziorsko	Warta	42,3	0,203	x
4.	Dobczyce	Raba	11,5	0,125	x
5.	Siemianówka	Narew	32,5	0,080	x
6.	Zegrzyński	Narew	30,3	0,094	x
7.	Otmuchowski	Nysa Kłodzka	19,8	0,124	x
8.	Nyski	Nysa Kłodzka	20,4	0,114	x
9.	Goczałkowicki	Wisła	37,1	0,167	x
10.	Czorsztyński	Dunajec	12,3	0,232	x
11.	Rożnowski	Dunajec	16,0	0,167	x
12.	Soliński	San	21,1	0,472	x

(*) przebadano też około 25 jezior i stawów o powierzchni poniżej 3,0 km² (n=2-7)

Efektem tego procesu jest wysoka eutrofizacja zbiornika. Także ze względu na niewielką głębokość, zbiorniki te są bardzo dobrze naświetlone a temperatura wody dość wysoka. Wszystko to powoduje, że nizinne zbiorniki zaporowe oraz płytkie jeziora są bardzo podatne na zakwity, w tym także na zakwity sinicowe. Tak więc w Polsce istnieją potencjalne warunki do powstawania zakwitów i proces ten raczej będzie się nasilał.

2. OCENA WIELKOŚCI I CHARAKTERU ZAKWITÓW W POLSCE

2.1. OKREŚLENIE OBSZARU BADAŃ

Badania w Polsce na zakwitami sinicowymi rozpoczęto w Polsce w 1993 roku [4]. Głównymi obiektami zainteresowania były zbiorniki Sulejowski, Jeziorsko i Włocławek.

Nie mniej, skринingowymi badaniami objęto około 15 dużych jezior oraz ponad 25 małych jezior i stawów a także około 12 zbiorników zaporowych (tab. 2). Przebadano także fragmenty około 10 rzek (tab. 3) oraz wody Zalewu Wiślanego i Szczecińskiego, a także wody Zatoki Puckiej.

Tab. 3. Najważniejsze rzeki których fragmenty objęto badaniem na obecność zakwitów sinicowych oraz toksyn sinicowych w latach 1995–2007

Lp.	Rzeka	Ujście	Długość [km]	Powierzchnia dorzecza [km ²]	Przepływ [m ³ /s] (*)
1.	Wisła	Bałtyk	1047	194424	1080
2.	Odra	Bałtyk	854	118861	575
3.	Warta	Odra	808	54529	220
4.	Bug	Narew	772	39420	158
5.	Narew	Wisła	484	75175	324
6.	San	Wisła	443	16861	127
7.	Pilica	Wisła	319	9273	48,4
8.	Dunajec	Wisła	247	6804	85,2
9.	Nysa Kłodzka	Odra	182	4566	38,4
10.	Raba	Wisła	132	1537	18,8

(*) średni przepływ z lat 1951-1990 u ujścia rzeki

2.2. CHARAKTER I WIELKOŚĆ ZAKWITÓW SINICOWYCH

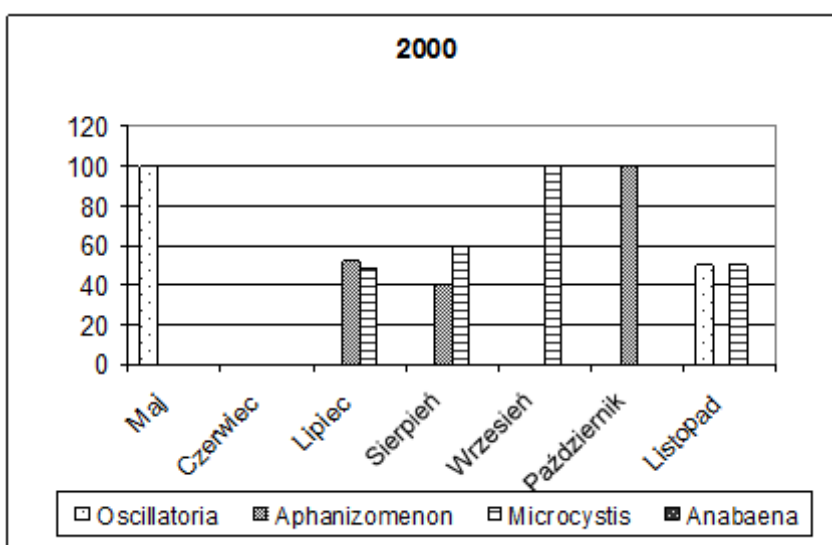
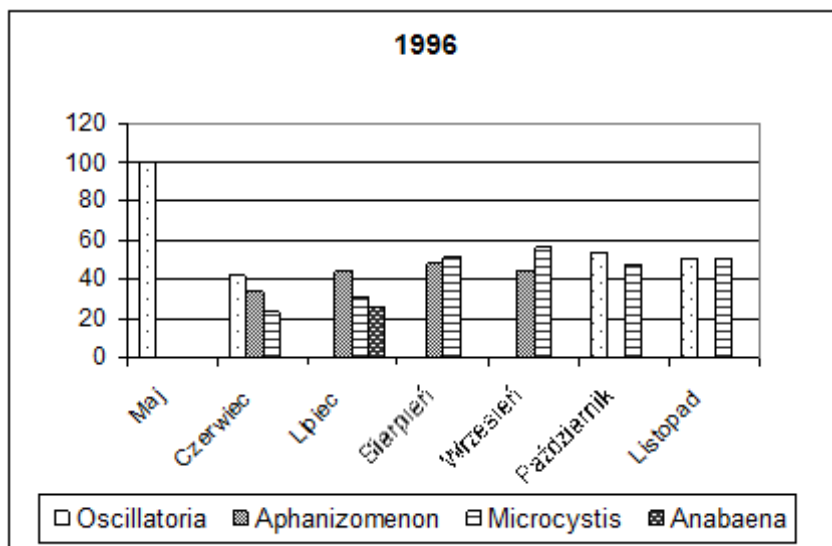
Badania wykonane dla Zbiornika Sulejowskiego w latach 1996–2003 pokazują pewną tendencję. *Zbiornik zasiedlają głównie cztery rodzaje sinic: Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis oraz Oscillatoria, z czego dominującymi są Aphanizomenon i Microcystis. O ile w połowie lat 90-tych XX wieku dominującym rodzajem był raczej rodzaj Aphanizomenon (1996 rok około 95%, 1998 rok 61%) to*

w miarę czasu dominującym rodzajem stawał się *Microcystis* (lata 2001–2003 około 85–99%) (tab. 4). Obecność pozostałych dwóch rodzajów była ilościowo niewielka i ograniczona do bardzo krótkich odstępów czasu. Inaczej sytuacja przedstawia się, jeśli brać pod uwagę oznaczenia dla innych zbiorników. Generalnie dominującymi rodzajami w zakwitach są: *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Limnothrix*, *Pseudoanabaena*, *Planktolyngbya* czy wreszcie *Microcystis*. W niektórych zbiornikach i wodach płynących *Aphanizomenon* i *Planktothrix* stanowiły około 65–70% biomasy. Tak więc zbiornik sulejowski z silną dominacją rodzaju *Microcystis* jest odmienny od innych badanych w tym okresie zbiorników.

Tab. 4. Średnie roczne udziały poszczególnych rodzajów sinic w zakwitach na obszarze Zbiornika Sulejowskiego w latach 1996-2003

Rok	Średnia roczna zawartość w zakwicie [% w/w]			
	<i>Anabaena</i>	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Oscillatoria</i>
1996	0,12	95,21	3,76	0,91
1997	0,22	6,84	92,94	0
1998	5,26	61,11	33,63	0
1999	0	0,53	99,44	0,03
2000	2,29	20,37	77,28	0,06
2001	0	0,28	99,01	0,71
2002	0	15,89	84,00	0,11
2003	0	0	99,97	0,03
Średnio	0,986	25,029	73,754	0,231

W przypadku Zbiornika Sulejowskiego zakwit rozpoczyna w maju *Oscillatoria* po czym dominującym rodzajem stają się po kolei *Aphanizomenon*, *Microcystis* i wreszcie *Oscillatoria*. *Anabaena* pojawia się w zakwicie tylko sporadycznie w niewielkiej ilości.



Rys. 1. Przykładowe procentowe udziały poszczególnych rodzajów sinic w biomase zakwitła w kolejnych miesiącach w sezonie letnim 1996 oraz 2000 dla Zbiornika Sulejowskiego

2.3. CHARAKTER I RODZAJE TOKSYN SINICOWYCH

W prowadzonych badaniach oznaczano głównie zawartość hepatotoksyn sinicowych, w tym głównie mikrocystyn (MCYST). Wieloletnie badania Zbiornika Sulejowskiego wykazały, że główną izoformą jest MCYST-LR stanowiąca 78–95% masy frakcji hepatotoksyn. Obok najliczniej występowała MCYST-RR, LA, YR, YA, AR oraz LY stanowiące około 1–8% zawartości w zależności od sezonu przy czym ilość izoform w poszczególnych latach ulegała znacznym wahaniom (tab. 5). W pozostałych zbiornikach MCYST-LR stanowiła 61–84% zawartości toksyn a obok niej najczęściej pojawiającą się izoformą była MCYST-RR.

Tab. 5. Główne izoformy mikrocystyny występujące w Zbiorniku Sulejowskim w latach 1993–2004

Lp.	Mikrocystyna	Zawartość [%]	MW [Da]	LD ₅₀ [µg/g]
1.	MCYST-LR	78–95	994	50
2.	MCYST-RR	2–8	1037	600
3.	MCYST-LA	1–5	909	50
4.	MCYST-YR	1–5	1044	70
5.	MCYST-YA	1–2	959	100
6.	MCYST-AR	1–2	952	250
7.	MCYST-LY	1–2	1001	90

LITERATURA

- [1] Kabziński A., Kabziński T. 2005. *Toksyczne zakwity sinicowe: (V) Efekty środowiskowe zakwitów sinicowych*, BIOSKOP, 4: 10-16.
- [2] Kabziński A. 2007. *Sinice i ich toksyny w uzdatnianiu wód. Zakwity sinicowe i wytwarzanie toksyn*, AURA, 9: 14-18.
- [3] Kabziński A. 2005. *Toksyczne zakwity sinicowe: (II) Podstawy ekologii sinic*, BIOSKOP, 1: 6-13.
- [4] Kabziński A. 2006. *Toksyczne zakwity sinicowe: (VIII) Efektywność uzdatniania wody w Polsce w obecności toksyn sinicowych*, BIOSKOP, 4: 5-10.

STATE OF THREAT BY CYANOBACTERIAL BLOOMS IN POLAND AT PERIOD 1995–2007

The value of cyanobacterial blooms depending on thermal and trophic conditions. In Poland the main genera are *Microcystis* and *Anabaena* produce different toxins. The blooms are very important problems from technological and hygienic point of view. In present material the main material about were presented the main results about blooms and cyanobacterial in water at Poland.