

Maria Martynelis
Bogumił Rzerzycha

WPŁYW ORGANIZMÓW PLANKTONOWYCH NA UZDATNIANIE WODY W WODOCIĄGU SULEJÓW—ŁÓDŹ

Wodociąg Sulejów—Łódź od 1973 roku zaopatrza m. Łódź w wodę do picia i celów przemysłowych ze zbiornika zaporowego na Pilicy. Woda surowa poddawana jest procesowi wstępnego chlorowania i następnie przesyłana do stacji uzdatniania rurociągiem stalowym $\varnothing$ 1600 mm o dł. 37 km. Podstawowym procesem uzdatniającym jest koagulacja siarczanem glinowym, wspomagana krzemionką aktywną w klarownikach z zawieszonym osadem. Końcowymi procesami są: filtracja na filtrach pospiesznych otwartych, ozonowanie i chlorowanie dezynfekcyjne. Najistotniejsze problemy technologiczne wodociągu związane są z obecnością w wodzie surowej dużej ilości organizmów planktonowych, które rozwijają się w żywej wodzie zbiornika, dobrze nagrzanej i prześwietlonej (średnia głębokość zbiornika wynosi 3,3 m, a jego pojemność całkowita 75 mln m³).

Metodyka badań

Analizę ilościową planktonu wykonywano metodą sedymentacyjną, przy użyciu mikroskopu odwróconego MOD 2. Wyniki są podawane jako ogólna liczba organizmów w 1 cm³ (w przypadku organizmów kolonialnych uwzględniono liczbę komórek). W wodzie ujmowanej określono również biomasę organizmów planktonowych, podając wynik w mg/dm³. W wodzie uzdatnionej oznaczono liczbę organizmów żywych w 1 dm³ oraz tzw. liczbę pozostałości w 1 cm³. Liczba pozostałości wyraża liczebność organizmów martwych, pochodzących z ujmowanej wody, które można zidentyfikować. W liczbie pozostałości mieszczą się również nieliczne formy przetrwalne i organizmy wyjątkowo odporne na procesy uzdatniające. Określenie żywotności tych form w zwykłym badaniu mikroskopowym jest niemożliwe.

Struktura ilościowa i jakościowa planktonu

W tabelach 1 i 2 zawarto dane charakteryzujące plankton wody, ujmowanej w latach 1983—1984.

Przedstawione w nich średnie miesięczne wartości liczby organizmów i biomasy zostały wy-

Tabela 1
STRUKTURA ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA PLANKTONU W WODZIE
UJMOWANEJ ZE ZBIORNIKA SULEJOWSKIEGO
W 1983 ROKU

M-c	Liczba planktonu szt/cm ³	Biomasa planktonu mg/dm ³	Udział w biomacie %					
			Okrzemki	Sinice	Wiciowce	Zielonice	Zooplan- kton	Nannoplan- kton
I	1210	0,49	58	2	25	5	10	69
II	1491	0,59	66	3	23	2	6	75
III	1374	0,57	58	3	36	1	2	62
IV	33177	29,2	89	—	6	1	4	94
V	18118	22,4	46	—	2	3	49	38
VI	2734	15,4	5	2	11	3	79	15
VII	4871	17,6	8	5	11	3	73	14
VIII	15245	19,7	30	3	11	2	54	14
IX	15387	17,0	37	2	9	3	49	26
X	17022	37,1	54	—	1	1	44	48
XI	6491	12,7	59	—	4	1	36	59
XII	3212	2,6	85	1	7	2	5	92

TABELA 2
STRUKTURA ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA PLANKTONU W WODZIE
UJMOWANEJ ZE ZBIORNIKA SULEJOWSKIEGO
W 1984 ROKU

M-c	Liczba planktonu szt/cm ³	Biomasa planktonu mg/dm ³	Udział w biomacie %					
			Okrzemki	Sinice	Wiciowce	Zielonice	Zooplan- kton	Nannoplan- kton
I	2933	2,5	73	1	4	1	21	77
II	21488	11,4	90	—	7	—	3	94
III	28927	10,3	69	—	22	—	9	93
IV	32299	24,7	87	—	5	—	8	94
V	13820	19,2	52	—	7	2	39	48
VI	3321	11,9	6	2	37	6	49	20
VII	2623	8,4	14	—	18	9	59	7
VIII	10834	14,8	27	13	14	6	40	24
IX	3989	20,4	47	1	3	1	48	51
X	7220	46,5	36	—	2	1	61	36
XI	5916	12,1	47	—	2	1	50	46
XII	7880	10,2	63	—	4	1	32	70

liczone z 4—8 badań w miesiącu. W latach 1983—1984 średnia roczna biomasa planktonu wynosiła odpowiednio 14,6 i 16,4 mg/dm³, przez 8—10 miesięcy w roku przekraczając wartość 10,0 mg/dm³, uważaną za próg wysokiej żywności wody. Od kilku lat zaznacza się w zbiorniku sulejowskim cykliczność występowania poszczególnych grup i gatunków organizmów planktonowych. Notowane są wiosenne i jesienne maksima rozwojowe okrzemek (*Stephanodiscus hantzschii*, *Melosira granulata*, *Asterionella formosa*), letnie zakwity sinic (*Micro-*

cystis aeruginosa, *Aphanizomenon flos — aquae*, *Gomphosphaeria Naegelianae*) oraz liczne występowanie skorupiaków planktonowych w okresie od maja do października (*Bosmina longirostris*, *Bosmina coregoni*, *Daphnia cucullata*, *Mesocyclops* sp.). W zbiorniku sulejowskim przeważa nannoplankton tj. organizmy o maksymalnych rozmiarach do 30 mikrometrów. Przez 6 miesięcy w roku jego udział w biomasy planktonu przekracza 50% (np. okrzemka *Stephanodiscus h.*, wiciowiec roślinny *Trachelomonas volvocina*, komórki kolonii sinicy *Microcystis a.*).

Usuwanie organizmów planktonowych podczas uzdatniania wody

Organizmy planktonowe, poza nielicznymi wyjątkami, dotyczącymi form przetrwalnych glonów oraz młodocianych stadiów rozwojowych skorupiaków planktonowych, zostają zabite podczas chlorowania wstępnego. Skuteczność usuwania planktonu w dalszych procesach zależy od budowy chemicznej błon komórkowych i stopnia organizacji morfologicznej, występujących gatunków. W trakcie pompowania wody organizmy kolonialne ulegają fragmentacji na mniejsze odcinki lub pojedyncze komórki. W wyniku reakcji chloru z uwolnioną treścią zniszczonych mechanicznie komórek i galaretowatych osłon kolonii sinic powstaje silne zmętnienie i opalizacja wody.

Procesy koagulacji i klarowania są zakłócone w następujących przypadkach:

- wynoszenia kłaczek przez nitki kolonialnych okrzemek i przez sinice zawierające wodniczki gazowe,
- niewiązania w kłaczki drobnych organizmów przy ich dużej liczbie,
- występowania na klarownikach żywych skorupiaków planktonowych.

Proces filtracji nie jest w pełni skuteczny w czasie masowego rozwoju organizmów nannoplanktonowych. Wyodrębniono następujące gatunki, które w przypadku ich masowego rozwoju mają wyraźny wpływ na przebieg procesu uzdatniania:

Okrzemki

Stephanodiscus hantzschii Grun. — organizm jednokomórkowy, w kształcie krótkiego walca o wym. 7—26×4—17 μm. Przenika przez filtry, w odcieku ze złóż bardzo często obserwowano martwe komórki, niejednokrotnie z nierozłożoną całkowicie treścią komórkową. *Melosira granulata* (Ehr.) Ralf. — kolonialna okrzemka w postaci długich walców o wym. 4—8×120—800 μm. Kolonie łamią się na odcinku różnej długości i wtedy przenikają przez złożę.

Sinice

Microcystis aeruginosa Kutz. — sinica kolonialna składająca się z kilkudziesięciu do kilkuset komórek o śr. 5 μm otoczonych galaretką. W wyniku rozluźnienia lub rozpuszcze-

nia galaretek następuje uwolnienie komórek. Komórki z nierozpuszczoną treścią znajdują się licznie w odpływie z filtrów podczas zakwitów.

Phormidium mucicola Huber-Pestalozzi — gatunek tworzy kolonie mieszane z *Microcystis a.* Jest to również organizm kolonialny w postaci krótkich nitek 2×10—20 μm, w całości przechodzący przez złożę filtracyjne.

Aphanizomenon flos — aquae (L.) Ralf. — tworzy kolonie nitkowate o wym. 4—6×1000 μm, najczęściej zebrane w wiązki do 2 cm dł. i 3 mm szer., które ulegają fragmentacji na odcinki przechodzące przez złożę.

Wymienione sinice zawierają w komórkach wodniczki gazowe, ułatwiające unoszenie się kolonii w toni wodnej. W czasie zakwitów w zbiorniku sulejowskim tworzą kożuchy, a w klarownikach powodują wynoszenie kłaczek.

Eugleniny

Trachelomonas volvocina Ehr. — organizm jednokomórkowy, komórki chronione domkami impregnowanymi solami żelaza o średnicy 5—7 μm, przenika przez złożę filtracyjne.

Skorupiaki planktonowe

Bosmina longirostris — dł. ciała ok. 0,3 mm, jaja oraz młode umieszczone w komorze łęgowej pod skorupką samicy, chroni to młode przed wpływem niekorzystnych czynników (stąd ich duża odporność na działanie chloru). *Daphnia cucullata* — dł. ciała 0,5-1,2 mm, biologia rozwoju jak u poprzedniego gatunku.

Cyclops sp. — dł. ciała 0,3—2,5 mm, jaja chronione galaretowatą otoczką, przytwierdzone w formie gron u nasady odwłoka samicy, larwa typu nauplius o dł. 0,1 mm, sporadycznie pojawiały się w wodzie po filtrach.

W tabelach 3 i 4 przedstawiono wyniki analiz hydrobiologicznych wody odpływającej z filtrów. Pojawienie się żywych organizmów miało charakter jednostkowy i były to głównie bezbarwne wiciowce pochodzące z rozwoju w złożu filtracyjnym.

Tabela 3
ZAWARTOŚĆ ORGANIZMÓW PLANKTONOWYCH W WODZIE
PO FILTRACH ZPW — KALINKO W 1983 ROKU

M-c	Liczba żywych organizmów		Ogólna liczba pozostałości	
	szt. kom. w dm ³	Grupy występujące	szt. kom. w cm ³	Gatunki dominujące
I	0		20	
II	0		23	
III	0		6	
IV	0		614	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>
V	20	Młodociane stadia skorupiaków plankt.	315	Kaulobakterie
VI	0		71	Wiciowce roślinne
VII	509	Wiciowce, orzeski, słonecznice, wrotki	55	
VIII	38	Wiciowce bezbarwne	312	<i>Microcystis</i> sp., fragmenty <i>Aphanizomenon</i>
IX	0		2224	<i>Microcystis a.</i> , <i>Gomphosphaeria n.</i>
X	0		18	
XI	0		48	<i>Stephanodiscus h.</i>
XII	0		157	<i>Stephanodiscus h.</i>

Tabela 4

**ZAWARTOŚĆ ORGANIZMÓW PLANKTONOWYCH W WODZIE
PO FILTRACH ZPW — KALINKO W 1984 ROKU**

M-c	Liczba żywych organizmów		Ogólna liczba pozostałości	
	szt. kom. w dm ³	Grupy występujące	szt. kom. w cm ³	Gatunki dominujące
I	0		70	Okrzemki — różne gatunki
II	0		1007	<i>Trachelomonas volvocina</i>
III	0		138	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>
IV	143	Wiciowce bezbarwne	166	<i>Stephanodiscus h.</i> , <i>Synedra acus</i>
V	0		8	
VI	0		5	
VII	0		93	<i>Phormidium mucicola</i> , <i>Microcystis aerug.</i>
VIII	0		8158	<i>Microcystis a.</i> , <i>Phormidium mucicola</i>
IX	0		13352	<i>Microcystis a.</i> , <i>Phormidium m.</i>
X	0		61	<i>Melosira granulata</i> , <i>Microcystis a.</i>
XI	0		63	<i>Microcystis a.</i>
XII	0		36	

Liczba pozostałości w omawianych latach wynosiła 5—13350 szt./cm³ i obejmowała głównie gatunki nanoplanktonu. Wahania liczebności organizmów martwych w wodzie uzdatnionej zależą od aktualnej liczebności i składu gatunkowego planktonu w wodzie ujmowanej, wielkości dominujących organizmów, łatwości fragmentacji kolonii na mniejsze odcinki lub pojedyncze komórki oraz od efektywności procesów chlorowania, koagulacji, klarowania i filtracji. Stopień usuwania organizmów planktonowych w trakcie uzdatniania jest wysoki, średnio 94%. Jego obniżenie zachodzi w przypadku masowego wystąpienia drobnych gatunków, które przedostają się do wody uzdatnionej, nie powodując jednak przekroczeń dopuszczalnych parametrów fizyczno-chemicznych.

W celu osiągnięcia pełnej efektywności procesu uzdatniania wody w trakcie masowego roz-

woju w/w organizmów stosuje się następujące zabiegi technologiczne:

- aby nie dopuścić do rozwoju skorupiaków planktonowych w klarownikach i zapobiec szybkiemu zatykaniu filtrów, utrzymuje się wysokie dawki chloru (chlorowanie wstępne), pozwalające osiągnąć w stacji uzdatniania wartości chloru wolnego pozostałego od 0,3 do 0,6 mg Cl₂/dm³,
- opalizację i zmętnienie wody, wywołane rozbijaniem komórek i kolonii organizmów planktonowych likwiduje się wysokimi dawkami siarczanu glinowego,
- wynoszeniu kłaczek i niepełnemu usuwaniu organizmów nanoplanktonowych w procesach koagulacji, klarowania i filtracji zapobiega się stosując dawki siarczanu glinowego i krzemionki aktywnej.

Podsumowanie

Na przebieg efektywności procesu uzdatniania wody w wodociągu Sulejów—Łódź istotny wpływ wywierają organizmy planktonowe. Prowadzone od początku istnienia wodociągu badania hydrobiologiczne pozwalają dokładniej ocenić ten proces i kontrolować pracę urządzeń technologicznych. Wykazują one, że podczas uzdatniania organizmy planktonowe nie są całkowicie usuwane i przedostają się do wody uzdatnionej. Liczba i jakość tych organizmów, ze względu na brak odpowiednich przepisów sanitarnych nie obliguje do korekt w przebiegu procesu oczyszczania, jeśli zachowane są dopuszczalne parametry fizyczno-chemiczne i bakteriologiczne. Organizmy planktonowe przechodzące do wody uzdatnionej powinny być traktowane jako swoiste mikrozanieczyszczenia, a więc podlegać kontroli i jak najpełniejszej eliminacji.

M. Martynelis, B. Rzerzycha

The contribution of plankton organisms to the course of the water treatment process in the Sulejów-Łódź water works

Water supplied to the water works from the Sulejów reservoir displays large amounts of plankton orga-

nisms. The annual plankton biomass averages from 14.6 to 16.4 mg/dm³ (the threshold value for water bloom reported in the literature being 10.0 mg/dm³). The degree of plankton removal in the course of the water treatment process is usually above 95%. The removal efficiency may decrease due to the occurrence of very fine species (5 to 30 μm) which (after being killed) penetrate the effluent, but do not adversely affect the admissible levels.