

ROLA ROŚLINNOŚCI BAGIENNEJ W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM DOLINY NARWI W ASPEKCIE OCZYSZCZANIA SIĘ WÓD

Jan Oświt

WSTĘP

Powyższe zagadnienie może być rozpatrywane w różnym aspekcie, na przykład hydrologicznym, glebotwórczym, biologicznym itp. W opracowaniu tym zostanie omówione znaczenie roślinności bagiennej dla samooczyszczania wód płynących doliną, obecnie coraz częściej i silniej zanieczyszczanych jako wynik rozwijającego się przemysłu i chemizacji rolnictwa [2, 6, 5, 18]. Należy przy tym pamiętać, że rośliny wyższe są na ogół tylko jednym z wielu elementów złożonego zespołu organizmów określonego siedliska, tworzących pewną całość biologiczną nazywaną biocenozą. Biocenozę tworzą bowiem, oprócz roślin wyższych, również glony, bakterie, grzyby, a także liczne organizmy zwierzęce. Uwzględniając fakt, że poszczególne gatunki roślin i zwierząt występują z reguły w bardzo licznych populacjach, można powiedzieć, że łącznie tworzą one potężną „armię” organizmów o różnych właściwościach biologicznych rozporządzających niezwykle sprawnymi i wydajnymi mechanizmami rozkładu, przeobrażania i pobierania składników występujących w siedlisku. Stwarza to oczywiście duże możliwości oddziaływania na jakość wody. Na wstępie zostanie przedstawiony w zarysie stan środowiska wodnego przy różnym stopniu zanieczyszczenia wody.

OGÓLNY CHARAKTER ŚRODOWISKA WODNEGO PRZY RÓŻNYM STOPNIU ZANIECZYSZCZENIA WODY

Z punktu widzenia hydrobiologii dopływ substancji zanieczyszczających do wody naturalnej nazywa się ściekiem [12]. Wyróżnia się ścieki bytowo-gospodarcze zawierające wydaliny (ludzkie i zwierzęce) i dodatkowe zanieczyszczenia różnego pochodzenia oraz ścieki przemysłowe (przemysłu rolno-spożywczego, chemicznego itd.). Mniej szkodliwe są ścieki niosące substancje chemiczne rozpuszczone, zwłaszcza mineralne

gdyż ulegają szybko „rozwodnieniu”. Ścieki zawierające związki organiczne i zawiesiny trudno rozkładające się są bardziej szkodliwe. Zanieczyszczenia mineralne mogą działać toksycznie na organizmy (Pb, Cu, Zn, Hg), zmieniają pH środowiska, wytrącają z roztworu elektrolity lub utleniając je wiążą tlen. Stały dopływ substancji z zewnątrz, zmieniając warunki fizyczne i chemiczne środowiska wodnego, wpływa na charakter biocenozy, oraz kierunek obiegu materii i energii (metabolizm). Olszewski [14] omawiając koncepcje Caspersa i Karbego [3, 4] na temat pojęcia trofizmu i saprobowości ujmuje metabolizm środowisk wodnych w 6-stopniowej skali. Bierze przy tym głównie pod uwagę nasilenie procesów produkcyjnych (genicznych) decydujących o wielkości produkcji pierwotnej i procesów rozpadowych (litycznych), określających intensywność rozkładu substancji organicznej.

Stopień I. Występują procesy zrównoważone dzięki zgodności budowy i rozkładu, zachodzące w małym wymiarze. Charakteryzuje go więc oligogeniczność i oligolityczność.

Stopień II. Występuje zgodność procesów genicznych i litycznych, zachodzących jednak w większym wymiarze (mezogeniczność i mezolityczność).

Stopień III. Wyraźnie zwiększony dopływ substancji allochtonicznych. Nasilenie procesów genicznych i litycznych zapewnia jeszcze „wydolność” ekosystemu i utrzymanie normalnego obiegu substancji, znajduje się już jednak na granicy „wydolności”. Metabolizm charakteryzuje więc poligeniczność i polilityczność. Przemiany zachodzą tu niekiedy w warunkach tzw. hypernutrii czyli nadmiaru soli odżywczych (nutrientów), nie wciąganych w obieg i gromadzących się w wodzie jako odpływający depozyt.

Stopień IV. Na procesy przemiany wpływa nadmiar substancji organicznych (hyperorganica). Procesy lityczne, chociaż coraz silniejsze, zaczynają nie domagać i rozkład nie zostaje doprowadzony do końca, przez co krążenie substancji ma obieg skrócony, heterotroficzny. To wpływa na procesy geniczne, zahamowane częściowo przez napływ substancji niepełnego rozkładu, wprowadzonych do roztworu zamiast nutrientów. Byłby to więc stan mezogeniczny i polilityczny.

Stopień V. Występuje częściowe ale wyraźne zahamowanie podstawowego procesu genicznego, podczas gdy procesy lityczne silnie się rozwijają. Następuje przy tym zacieśnienie obiegu substancji w ramach produkcji wtórnej, z niepełną jej mineralizacją i z jej rozplynnianiem. Jest to stan oligogeniczny i hyperlityczny.

Stopień VI. Całkowite zatrzymanie podstawowych procesów genicznych i dalszy nasilony proces lityczny nie prowadzący do powstania

nutrientów, zamknięty w obiegu wtórnym (stan ageniczny i hyperlityczny).

Stopnie I, II, III tworzą ciąg narastania zasobności nutrientów i procesu genicznego (trofia), zaś stopnie IV-VI tworzą układ, w którym użytkowanie i produkcja pierwotna są zahamowane przez występującą w przewodzie substancję organiczną (saprotrofia).

Korelację omówionych stopni ze stopniami zanieczyszczenia, jakie zaproponował Sladeček [28], przedstawiono w tabeli 1.

Na zakończenie należy podkreślić, że saprotrofia nie stanowi dalszego ciągu rozwojowego politrofii, lecz jest nowym typem środowiska wodnego nieharmonijnego. Jeśli w przyrodzie saprotrofia następuje po politrofii, to jest tak dlatego, że harmonijne jezioro do pewnego stadium „broni się” i przy tym politrofizuje się aż nastąpi „przełamanie” tej obronności i „przeskakuje” ono do całkowicie innej linii rozwojowej [14].

ZASADNICZE REAKCJE BIOCHEMICZNE W PROCESIE SAMOOCZYSZCZANIA WÓD

Na proces samooczyszczania (usuwanie nadmiaru soli pokarmowych i substancji organicznych) działają czynniki natury fizycznej, chemicznej i biologicznej wzajemnie się wiążące i warunkujące.

Do czynników fizycznych należy kształt łóżyska rzeki czy niecki jeziora, gęstość, lepkość i temperatura wody, szybkość nurtu, turbulencja, sedymentacja nie rozpuszczonej materii itp. Z czynników chemicznych bardzo duże znaczenie ma zawartość CO_2 i O_2 w wodzie.

Do czynników biologicznych należy zasobność wody w zwierzęta i rośliny. Im jest ona większa, tym większa jej zdolność do samooczyszczania. Wyróżnia się 2 rodzaje naturalnego samooczyszczania: beztlenowe w środowiskach polisaprobowych, w którym biorą udział prawie wyłącznie bakterie anaerobowe, a proces gnicia zaznacza się nieprzyjemnymi woniami i tlenowe, przebiegające w wodzie zawierającej tlen (środowiska mezosaprobowe). Obok bakterii udział biorą liczne grzyby, glony, rośliny wyższe i zwierzęta. Wprowadzone do środowiska wodnego substancje organiczne podlegają intensywnym przemianom, biorąc udział w złożonym procesie obiegu substancji.

Węglowodany: cukry proste i skrobia oraz ich pochodne ulegają fermentacji i są stopniowo rozkładane poprzez kwasy organiczne, alkohole i ketony na CO_2 i H_2O . Wspomniane kwasy organiczne (mlekowy, masłowy, szczawiowy, octowy, mrówkowy) wpływają na pH środowiska. Białka ulegają hydrolizie pod działaniem proteinaz wytwarzanych przez bakterie. W wyniku rozkładu wiązań peptydowych powstają polipeptydy i aminokwasy. Przy udziale innych mikroorganizmów są one rozkładane

Tabela I

Stan środowiska wodnego przy różnym stopniu zanieczyszczenia wody (wg Caspersa i Karbergo oraz Olszewskiego)

Stopnie sprobowości wg S l a d e č k a	Stopnie zanieczyszczenia		Procesy		Stan środowiska					
	β	α	I	II	III	IV	V	VI		
1. Ksenosaprobia	β — oligosaprobia		I oligogeniczne i oligolityczne						oligotrofia	} trofia
2. Oligosaprobia	α — oligosaprobia		II mezogeniczne i mezolityczne						mezotrofia	
3. β — mezosaprobia	β — mezosaprobia		III poligeniczne i polilityczne						politrofia	
4. α — mezosaprobia	α — mezosaprobia		IV mezogeniczne i polilityczne						saprotrofia a	
5. Polissaprobia	β — polissaprobia		V oligogeniczne i hyperlityczne						saprotrofia b	
6. Izosaprobia	α — polissaprobia		VI ageniczne i hyperlityczne						saprotrofia c	

Skala Sladečka obejmuje jeszcze: 7 — metasaprobia (ścieki septyczne) 8 — hypersaprobia (ścieki septyczne przemysłowe), 9 — ultrasaprobia (ścieki skoncentrowane przemysłowe) 10 — antysaprobia (ścieki wyraźnie trujące), 11 — radiosaprobia (ścieki skażone radioaktywnie).

Biocenoza: 1-3 — normalny rozwój roślinności, produkcja pierwotna przebiega bez zakłóceń, 4-5 — rozwój roślinności upośledzony, produkcja pierwotna zmniejszona na rzecz produkcji wtórnej, wzmożony rozwój konsumentów, 6-7 — zanik roślinności i brak produkcji pierwotnej, biocenozę tworzą konsumenci i reducenty (orzęski, wiciowce, bakterie), 8 — biocenozę tworzą reducenty (bakterie anaerobowe), 9 — brak życia, życie zamiera.

— bakterie siarkowe — utleniają H_2S (uwalniany z gnijącego białka, częściowo z redukcji siarczanów) na siarkę elementarną; siarkę elementarną i inne nieorganiczne związki siarki — na siarczany;

— bakterie nitryfikacyjne — utleniają NH_3 —————→ azotyny —————→ azotany;

\downarrow \downarrow
Nitrosomonas *Nitrobacter*

— bakterie żelaziste — utleniają sole żelazawe (np. węglan żelazawy) —————→ żelazowe (węglan żelazowy) który hydrolytycznie rozpada się na Fe_2O_3 ;

— bakterie metanowe — utleniają H_2 —————→ H_2O ;

— zielenica *Scenedesmus* utlenia H_2 —————→ H_2O ;

— bakterie manganowe utleniają związki manganowe.

Powyższe reakcje utleniania zachodzą głównie przy większym natlenieniu wody (strefy mezosaprobowe). Obok bakterii występują w takich wodach rośliny zielone i większość zwierząt. Glony (wiciowce, sinice, okrzemki, sprzężnice, zielenice) pobierają z rozpuszczonych związków organicznych związki węgla i azot organiczny, przetwarzają kwasy tłuszczowe, aminokwasy, moczniki, peptony. Organizmy zwierzęce, które mogą występować w strefach mezosaprobowych dzięki polepszeniu się warunków oddechowych, współdziałają przy samooczyszczaniu wody w różny sposób:

— jako filtratory (np. małże): powodują że zawiesina pobrana zostaje częściowo strawiona, reszta wydalana jest w postaci zaglutynowanych śluzem bryłek opadających na dno,

— jako plankton detrytożerny: usuwają część zawiesiny,

— jako mułojady (np. skąposzczety): dokonują trawienia substancji organicznej, a ich odchody zawierają głównie części mineralne,

— jako konsumenci różnych poziomów troficznych: regulują korzystanie i rozkład szczątków roślinnych, trupów zwierzęcych itp.

Jak stwierdzono, jeden osobnik szczeżui amerykańskiej filtrował w ciągu 1 godziny 42 litry wody. Robaki rureczniki, tkwiące na dnie zbiornika w mule, pobierają pozbawiony tlenu szlam i przerabiają go, a ekskrementy wydzielają na powierzchnię mułu. Stają się one pokarmem bakterii i podlegają dalszej mineralizacji. Na 1 m² mułu żyje 970 tys. rureczników. Transportują one w ciągu roku 2400 kg szlamu.

Jak wykazały badania [5, 18, 19-27] bardzo duże znaczenie w procesie samooczyszczania mają także makrofity (rośliny wyższe wodne i szuwarowe). Zagadnieniu temu poświęcony jest osobny rozdział.

ZNACZENIE ROŚLINNOŚCI BAGIENNEJ W PROCESIE SAMOOCZYSZCZANIA WÓD

Rośliny bagienne np.: oczeret (*Schoenoplectus lacustris*), trzcina (*Phragmites communis*), kosaciec (*Iris pseudoacorus*), żabieniec (*Alisma*

plantago-aquatica), pałka (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*), tatarak (*Acorus calamus*) i inne tak dalece wiążą się swoim występowaniem z czystą wodą, że powstało w związku z tym pytanie: czy wspomniane rośliny występują w określonych siedliskach tylko dlatego, że jest tam czysta woda, czy też odwrotnie — woda jest czysta ponieważ te rośliny w niej żyją.

Badania przeprowadzone ostatnio, głównie w Republice Federalnej Niemiec przez K. Seidel [19-27], dały odpowiedź jednoznaczną. Wspomniane rośliny same, w sposób aktywny, stwarzają sobie środowisko czystej wody. Wykorzystując procesy metabolizmu niszczą one różne skażenia organiczne i nieorganiczne. Usuwają na przykład tak trujące substancje jak fenol, cyjanki i rodanki. Neutralizują ścieki zasadowe i kwasowe. Oczyszczają wodę skażoną ściekami komunalnymi i przemysłowymi, wchłaniają cząsteczki substancji zanieczyszczających rozpuszczone przy ich korzeniach. Filtrują poprzez system korzeniowy stałą zawiesinę w wodzie. Wpływają też na stan sanitarny wody niszcząc zarazki. W odniesieniu do *Schoenoplectus lacustris* stwierdzono, że roślina ta znosiła przez długi czas tak duże stężenie rtęci, przy którym ginęły szybko glony i bakterie. Powyższe właściwości roślin w „epoce czystych wód” jakby utajone i nieznane, zostały ujawnione w wyniku eksperymentów z wysoko obciążonymi ściekami. Tak na przykład przy kontaktowaniu żywych korzeni *Schoenoplectus lacustris* z kulturą *Escherichia coli* obserwowano zmiany, a następnie likwidację kolonii bakterii w bezpośrednim ich sąsiedztwie. Stwierdzono w ten sposób bakteriobójcze działanie wydzielin korzeniowych mających najprawdopodobniej charakter enzymatyczny i być może produkowanych przy udziale specyficznych dla danego gatunku rośliny bakterii [1]. Podobne zdolności niszczenia bakterii, w tym między innymi także pałeczki duru brzuszego i durów rzekomych (*Salmonella*) wykazały również i inne gatunki roślin (tab. 2). Godny uwagi jest fakt, że bakterie niszczone są, choć wyraźnie w mniejszym stopniu, także w okresie zimy (tab. 2d).

Przeprowadzono także doświadczenia nad usuwaniem przez rośliny wyższe zanieczyszczeń organicznych, które dały również bardzo dobre rezultaty (tab. 3). Wynika z nich na przykład, że 1 m² eksperymentalnej plantacji *Juncus effusus* usuwa ze ścieku w ciągu dnia aż 640 mg fenolu (C₆H₅OH) (tab. 3b). Podobna plantacja *Iris pseudoacorus* zredukowała w ciągu roku zanieczyszczenie z 86 400 mg/l KMnO₄ do 1/4, to jest około 21 600 mg/l KMnO₄. Właściwości takie stwierdzono również u *Schoenoplectus lacustris*, *Phragmites communis*, *Alisma plantagoaquatica*, *Juncus maritimus* i innych. Obecnie rośliny bagienne są już w praktyce wykorzystywane w wielu krajach jako tania i skuteczna metoda oczyszczania ścieków w specjalnie urządzonych bagiennych plantacjach. Oczyszczają

Niszczenie bakterii w ściekach przez niektóre rośliny bagienne (wg K. Seidel)

a

Nazwa bakterii	Procent zniszczonych bakterii po 2 godzinach					Kontakty z roślinami	
	1	2	3	4	5	6	7a
<i>Escherichia coli</i>	80	90	80	70	70	50	70
<i>Enterokokki</i>	80	90	80	80	40	20	50
<i>Salmonelle</i>	90	90	50	60	40	10	50

b

Nazwa bakterii	Procent zniszczonych bakterii po 24 godzinach								
	ściek	ściek na żwirze	ściek na żwirze z roślinami:						
			1	2	3	4	5	6	7b
<i>Enterokokki</i>	30	50	70	69	88	76	70	86	80
<i>Salmonelle</i>	0	0	26	36	97	85	0	50	66

c

Nazwa rośliny	Liczba <i>Escherichia coli</i> w 1 ml				
	przed doświadczeniem	po 24 godz.	48 godz.	72 godz.	
<i>Juncus maritimus</i> (100 g biomasy)		20000	10000	10000	200
		10000	200	0	—
		4900	20	0	—

d

Nazwa rośliny	Procent zniszczonych bakterii po 24 godzinach (średnie z 2 lat)		
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonelle</i>	<i>Enterokokki</i>
<i>Iris pseudoacorus</i> (system korzeniowy)	50	30	40

Objaśnienia:

a — Wyniki z doświadczenia w rynnach przemysłowych 4-metrowej długości, wypełnionych ściekami znacznie zanieczyszczonymi patogennymi zarazkami, po uprzednim ich natlenieniu w rowach.

b — Wyniki z doświadczenia ze ściekami zanieczyszczonymi zarazkami patogennymi stagnującymi 24 godziny w rynnach.

a i b — 1 — *Alisma plantago-aquatica*, 2 — *Mentha aquatica*, 3 — *Juncus effusus*, 4 — *Schoenoplectus lacustris*, 5 — *Phragmites communis*, 6 — *Iris pseudoacorus*, 7a — *Phragmites* + *Schoenoplectus* + *Mentha*, 7b — *Alnus glutinosa*.

c — Doświadczenia laboratoryjne.

d — Wyniki z doświadczenia na zdolność niszczenia bakterii zimą w wodach silnie zanieczyszczonych.

one ścieki z osad ludzkich (RFN), z placów kempingowych na około 5 tys. ludzi (Holandia), rzeźni (USA), cukrowni (NRD) i inne. Bagienną plantację *Schoenoplectus lacustris* zastosowano na przykład z dużym skutkiem

Usuwanie organicznych i nieorganicznych zanieczyszczeń ze ścieków przez niektóre rośliny bagienne (wg K. Seidel)

a

Nazwa rośliny (100 g biomasy)	Czas całkowitego usunięcia fenolu w godz. (średnia z 10 serii doświadczalnych)		
	koncentracja fenolu w mg/l		
	10	50	100
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	65	118	202
<i>Juncus effusus</i>	94	166	230
<i>Juncus maritimus</i>	108	132	204
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	szybka eliminacja w stężeniach do 50 mg/l		

b

Nazwa rośliny	Zawartość fenolu		Ilość usuwanego fenolu dziennie z 1 m ² plantacji <i>Juncus</i>
	w ściekach przed doświadczeniem	po 24 godz. ¹	
<i>Juncus maritimus</i>	4 mg/l/ + 20 g/l /NaCl/	0,9-0,0 mg/l	640 mg
<i>Juncus effusus</i>	4 mg/l/ + 20 g/l /NaCl/	j.w.	

c

Nazwa rośliny	Zawartość zanieczyszczeń organicznych	
	ściek przed doświadczeniem	po rocznym działaniu plantacji <i>Iris</i>
<i>Iris pseudoacorus</i> ²	86400 mg/l KMnO ₄	zredukowane do około 1/4

d

Nazwa rośliny	Procent usuniętych zanieczyszczeń (cyjanki + rodanki) ³			
	po 2-4 godz.		po 6-8 godz.	
	lato	zima	lato	zima
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	66,6	27,7	100	62,6

b — Wyniki doświadczenia z przepływem ścieków przemysłowych przez plantację *Juncus* w basenie ze żwirem.

¹ 3-godzinny przepływ ścieku, 2-godzinny przepływ czystej wody o temperaturze 15 °C splukującej kryształ NaCl, ponowny 3-godzinny przepływ ścieku zakończony powtórny 16 godzinnym przepłukiwaniem nie zanieczyszczoną wodą.

c — Wyniki nad oczyszczaniem ścieków fabryki węgla drzewnego w eksperymentalnej plantacji *Iris*.

² *Alisma plantago-aquatica* np. zniosła jeszcze obciążenie w wysokości 9630 mg/l MKnO₄.

d — Wyniki nad oczyszczaniem ścieków kombinatu stalowego w Rumunii w eksperymentalnej plantacji *Schoenoplectus*.

³ stopień oczyszczania ścieku w tradycyjnych osadnikach wynosił: cyjanki 32,0%, rodanki 0,0%.

w Rumunii do oczyszczania ścieków kombinatu stalowego, zawierających trujące dla ludzi i zwierząt cyjanki i rodanki (tab. 3d). Bardzo interesujące doświadczenie przeprowadzono z *Alisma plantago-aquatica*, hodując roślinę w roztworach od pH 1 do pH 12. Okazało się, że w zakresie od pH 3 do 10 roślina ta wykazywała normalny wzrost, wyglądała zdrowo i rozwijała się. Roztwory te przyjmowały przy tym odczyn obojętny.

Roślinność bagienna pobiera z wody duże ilości składników mineralnych, tzw. biogenów. Ważne jest stwierdzenie, że ilości te są na ogół tym większe im zasobniejsze jest siedlisko, w którym roślina żyje. Często są one w związku z tym gromadzone w masie roślinnej w niezwykle wysokich koncentracjach. Wskazuje to na duże znaczenie roślin bagiennych w procesie deeutrofizacji wód rzecznych i dolinowych [11, 16]. O możliwościach tego rodzaju można wnioskować analizując skład mineralny roślin (tab. 4).

Na przykład zasobność w fosfor, który jest jednym z ważniejszych biogenów przedstawia się następująco: na 20 analizowanych gatunków szczególnie zasobne w ten składnik okazały się: *Rumex hydrolapathum*, *Oenanthe aquatica*, *Rorippa amphibia*, *Iris pseudoacorus*, *Sium latifolium*, *Stratiotes aloides*, *Carex rostrata*. Zawierają one fosfor (P_2O_5) w ilościach od około 1 do przeszło 1,5 a nawet 2% s.m. Podobne na ogół ilości tego składnika stwierdzono także w pozostałych gatunkach, choć w wielu próbkach występował on w dużo mniejszych koncentracjach (0,15-0,60% s.m.). Podobnie przedstawia się na ogół zawartość w roślinach K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn i Cu, to znaczy oprócz gatunków, które zawierają szczególnie duże ilości określonego składnika, występują i takie, w których jego ilość zmienia się w szerokich granicach, w zależności od zasobów siedliska, w których roślina żyła. Mniej lub bardziej zasobne we wszystkie badane składniki okazały się: *Sium latifolium*, *Oenanthe aquatica*, *Rorippa amphibia*, *Myosotis palustris*, *Symphytum officinale*, *Rumex hydrolapathum*, *Stratiotes aloides* i *Equisetum limosum*. Maksymalne zawartości K_2O dochodziły często do 3 i przekraczały 5% s.m., CaO — do 2-4% s.m., i więcej MgO do 0,60-1,20% s.m., Mn do 300 i ponad 600 ppm, Fe 300-1000 ppm, Zn 50-120 ppm, a nawet 147 ppm, Cu 10-19 ppm.

Na podstawie przedstawionych wyników badań można powiedzieć, że roślinność bagienna, a szerzej ujmując, biocenozy bagienne spełniają w środowisku przyrodniczym doliny ściśle określoną i w aktualnej sytuacji potęgującego się procesu zanieczyszczenia wód, szczególnie ważną rolę. Funkcjonując jako olbrzymi filtr i jednocześnie sorbent odkazający środowisko z trujących substancji organicznych i nieorganicznych wpływa na stan sanitarny wody, mając jednocześnie ogromne znaczenie w procesie jej deeutrofizacji. Możliwości w tym względzie są tym większe,

Tabela 4

Pobranie składników mineralnych przez niektóre rośliny bagienne (z badań w dolinach rzek: Narwi, Biebrzy i Śliny)

Liczba próbek	Nazwa rośliny	Zawartość składników mineralnych									
		Na ₂ O%	K ₂ O%	P ₂ O ₅ %	CaO%	MgO%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	
1	<i>Sium latifolium</i>	0,45	3,25	0,83	2,20	0,58	450	100	47	16	
1	<i>Sparganium ramosum</i>	0,18	1,78	0,63	1,90	0,31	400	90	26	7,3	
1	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,33	1,0	0,60	2,15	0,35	350	110	46	11,5	
7	<i>Equisetum limosum</i>	0,05-0,32	1,75-2,97	0,33-1,60	1,84-3,00	0,55-0,68	74-410	50-1040	35-68	1,1-4,4	
1	<i>Stratiotes alooides</i>	0,04	2,12	1,55	0,64	0,34	106	160	51	10,3	
4	<i>Rumex hydrolapathum</i>	0,66-1,44	1,62-2,42	1,45-2,60	1,40-1,56	0,66-0,83	84-270	180-210	43-89	3,0-9,9	
1	<i>Oenanthe aguatica</i>	0,82	2,35	1,65	4,52	0,79	360	1290	120	13,0	
1	<i>Rorippa amphibia</i>	0,72	1,92	1,96	3,84	0,61	73	305	147	7,0	
6	<i>Iris pseudoacorus</i>	0,58	1,90-4,02	1,16-1,53	3,20-4,80	0,59-0,81	34-82	65-130	22-41	1,6-5,3	
13	<i>Glyceria aquatica</i>	0,01-0,35	1,08-2,0	0,45-1,66	0,53-4,04	0,17-0,54	33-167	75-310	20-68	1,6-6,3	
21	<i>Phalaris arundinacea</i>	0,01-0,38	0,65-2,65	0,22-1,63	0,38-1,52	0,24-0,74	48-119	140-440	20-61	1,7-11,2	
10	<i>Carex vesicaria</i>	0,01-0,09	0,74-1,67	0,15-1,60	0,55-1,16	0,28-0,52	132-540	95-440	28-70	1,7-8,1	
25	<i>Carex gracilis</i>	0,01-0,97	1,04-3,62	0,25-1,80	0,38-4,80	0,20-0,97	90-655	65-750	17-102	1,6-12,2	
3	<i>Carex stricta</i>	0,01-0,08	0,75-0,98	0,15-0,25	0,55	0,34-0,42	135	70-230	26-40	4,0-7,6	
6	<i>Carex rostrata</i>	0,01-0,05	1,30-1,80	0,96-1,93	0,48-0,88	0,29-0,36	140-222	127-720	29-58	1,0-4,4	
2	<i>Glyceria fluitans</i>	0,01-0,02	1,75-2,50	0,65-0,68	0,27-0,30	0,16-0,18	68	85-95	28-29	4,2-5,9	
2	<i>Myosotis palustris</i>	0,05-1,20	1,64-5,20	0,55-1,03	1,80	0,30	52-140	135-220	40	9,0-12,0	
6	<i>Symphytium officinale</i>	0,74-1,52	1,57-5,30	0,48-1,64	1,60-1,90	0,30-0,48	22-96	115-220	36-65	3,2-15,0	
12	<i>Ranunculus repens</i>	0,58-1,42	0,92-3,85	0,78-1,78	1,46-2,76	0,55-0,89	50-350	160-600	26-102	2,7-19,0	
18	<i>Caltha palustris</i>	0,30-2,37	1,01-5,55	0,29-1,58	2,08-4,05	0,32-1,20	29-120	75-295	16-68	2,0-12,5	

że jak to wynika między innymi z prezentowanych badań K. Seidel, roślinność jest zdolna w pewnym zakresie przystosować się do warunków zwiększonego zanieczyszczenia siedliska, w którym żyje. Niejednokrotnie ujawnia wtedy swoje dotychczas nieznane właściwości biologiczne i możliwości oczyszczania wód. Nic więc dziwnego, że wspomniana autorka jednej ze swoich prac dała tytuł „Niespodziewane możliwości wykorzystania roślin wyższych”. Rzeczywiście możliwości te, w świetle przeprowadzonych eksperymentów i badań, można określić jako nieoczekiwane.

ZAGADNIENIE AZOTU I FOSFORU JAKO GŁÓWNYCH BIOGENÓW

Stały wzrost koncentracji soli pokarmowych (biogenów) w określonym siedlisku nazywa się eutrofizacją. Proces ten wywołuje zmiany w produktywności biologicznej siedliska. W wyniku uaktywnionego rozwoju fitoplanktonu (niekiedy o charakterze toksycznym) i roślinności wyższej następuje sukcesywny wzrost produkcji pierwotnej. Równocześnie zmienia się struktura biocenozy oraz nasilenie, a nawet charakter metabolizmu. Uwarunkowane jest to głównie wzrastającą ilością substancji organicznej w wodzie i stąd zwiększonym zapotrzebowaniem na tlen. Często dochodzi, w wyniku tego, do nadmiaru substancji organicznych (hyperorganica), co jest zjawiskiem zdecydowanie niekorzystnym. Stąd znalezienie czynnika (substancji biogennej), który ograniczyłby rozwój glonów, jest w nauce o zanieczyszczeniach (saprobiologia) bardzo ważnym zagadnieniem. Najskuteczniejszym sposobem wydaje się być usuwanie z wody N i P jako podstawowych substancji biogenych. Zwłaszcza usuwanie fosforu uważa się za bezwzględnie konieczne. Przy braku tego pierwiastka nie może żyć żaden organizm. Fosfor bierze bowiem udział w budowie kwasów nukleinowych, spełnia też ważną rolę w procesach metabolicznych komórki, zwłaszcza w procesach oddychania (reakcja $AP \rightleftharpoons ADP$). Oprócz fosforu organicznego, występują w wodzie związki kompleksowe nieorganiczne z fosforanów używanych przy produkcji środków piorących (polifosforan trójsodowy, pirofosforan czterosodowy, sześciometafosforan oraz heksametafosforan z 15 atomami P). Wymienione fosforany długołańcuchowe ulegają hydrolizie poprzez związki średniołańcuchowe do ortofosforanów [9]. Również azot może występować w różnych formach (azot organiczny, amonowy, azotanowy i azotynowy). Ich występowanie zależy od charakteru metabolizmu w środowisku wodnym, a więc od zachodzących w nim procesów (nityfikacja, denityfikacja, asymilacja azotu). Ilość azotu organicznego zależy od biomasy roślinnej. Jego zawartość wzrasta wraz z przyrostem biomasy bakteryjnej, glonów itp. — począwszy od wiosny, osiągając ekstremalne war-

tości w okresie letnim i wczesno-jesiennym, po czym spada [17]. Na występowanie azotu amonowego znaczny wpływ wywierają procesy utleniania. Jego ubytek z równoczesnym wzrostem azotynów wskazuje na procesy nitryfikacji. W zbiorniku Tresna [17] obserwowano na przykład w okresie wczesnego lata łagodny wzrost azotu amonowego w warstwach powierzchniowych i jego ubytek w warstwach przydennych, gdzie w przewodzie występował azot azotynowy. Azot azotynowy jest intensywnie przyswajany przez roślinność, stąd też jego dynamika zależy od natężenia rozwoju fitoplanktonu i makrofitów: w warstwach przydennych jest zawsze niższa niż w przypowierzchniowych. Sezonowa dynamika azotu ogólnego jest wypadkową dynamiki przemian poszczególnych form azotu, w szczególności azotanowego, odgrywającego rolę decydującą.

MOŻLIWOŚCI OCZYSZCZANIA WÓD W DOLINIE NARWI

Dolina górnej Narwi stwarza, ze względu na charakter sieci rzecznej jak i różnorodność siedlisk i roślinności bagiennej [13, 15], szczególnie dogodne warunki dla procesu samooczyszczenia wód dolinowych. Stanowi dla nich olbrzymich rozmiarów filtr biologiczny. Filtr ten stwarza z jednej strony silnie zarośnięta roślinnością wodną i szuwarową sieć wielokorytowej rzeki, płynącej licznymi krętymi strumieniami oraz przyległe do niej rozlewiska, z drugiej zaś występujące torfowiska, a więc splot żywych korzeni (rizosfera) i zalegające warstwy torfu.

Przez wiele miesięcy w roku wody płyną po powierzchni całej doliny, a tylko okresowo jest to mocno zwolniony przepływ warstwą korzeniową i wspomnianymi strumieniami. W pierwszym wypadku woda płynie wśród wysokich, wielogatunkowych turzycowisk (*Caricetum elatae*, *Caricetum gracilis*, *Caricetum appropinquatae*), w drugim zaś przez liczne zwarte łany trzciny, oczeretu, skrzypu, pałki, tataraku, jeżogłówki i innych gatunków. Często są to także gęste skupienia roślin wodnych takich jak: osoka, moczarka, grązel, rdestnice, grzybienie itp. W sumie tworzą one jakby cały ciąg naturalnych oczyszczalni, złożonych z różnych roślin i jak to wynika z przedstawionych badań, wyjątkowo sprawnych i wydajnych. Nie bez znaczenia jest fakt, że są to „oczyszczalnie” uzupełniające się w swoim działaniu, gdyż każdą z nich tworzą populacje gatunków o innych właściwościach biologicznych. Ze składu florystycznego występujących tu zbiorowisk roślinnych wynika, że w procesie samooczyszczania wody może brać udział przeszło 130 gatunków roślin.

LITERATURA

1. Badania rzek. Aut. P. A. Krenkel [i in.] Wwa: IGW 1969. Światowa Organizacja Zdrowia. Projekt FS ONZ — Polska 26 T. 2.
2. Balicka N., Sobieszkański J.: Badania terenów nawadnianych ściekami pod względem higieniczno-sanitarnym. 8. Wpływ korzeni niektórych roślin i ich mikroflory korzeniowej na *Escherichia coli*. Acta microb. pol. 1961 nr 4.
3. Boćko J.: Gleba jako środowisko oczyszczania ścieków. Roczn. glebozn. 1965 t. 15 z. 2.
4. Caspers H., Karbe L.: Trophie und Saprobität als stoffwelchseldynamischer Komplex. Arch. Hydrob. 1961 vol. 61 nr 4.
5. Caspers H., Karbe L.: Vorschläge für eine saprobiologische Typisierung der Gewässer. Int. Revue ges. Hydrob. 1967 vol. 52.
6. Charakterystyka limnologiczna kaskady zbiorników zaporowych na rzece Sole. Cz. 2. Chemizm wód i wstępny bilans związków azotowych. Oprac. J. Paluch [i in.] Arch. Ochr. Środ. 1975 z. 1.
7. Chojnacki A., Jędrzyński T. E.: Usuwanie fosforu jako sposób zabezpieczenia zbiorników wodnych przed eutrofizacją. Gosp. wod. 1973 nr 11/12.
8. Falkowski M.: Zmiany w środowisku łąkowym występujące pod wpływem nawodnień ściekami, stosowania nawożenia i emisji pyłów z zakładów przemysłowych. Zesz. probl. Post. Nauk rol. (w druku).
9. Górski T., Rybak J. I.: Dopływ fosforu ze zlewni do Jeziora Międzybuzkiego. Wwa: Instytut Ekologii PAN 1971, maszyn.
10. Grześ M.: Założenia metodyczne do opracowania bilansu soli biogennych jeziora Gopło w oparciu o bilans wodny. Toruń: Instytut Geografii PAN 1974, maszyn.
11. Klimowicz H.: Przegląd piśmiennictwa o oczyszczaniu ścieków w stawach biologicznych. Prz. inf. wod. kan. 1966 nr 2.
12. Liwski S.: Mikroelementy — mangan, żelazo, bor, miedź, kobalt, cynk i molibden — w roślinności łąkowej i bagiennej. Roczn. Nauk rol. Ser. F 1961 t. 75 z. 1.
13. Mikulski J. S.: Biologia wód śródlądowych. Warszawa: 1974.
14. Okruszko H., Oświt J.: Przyrodnicza charakterystyka bagiennej doliny Górnej Narwi jako podstawa melioracji. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1973 z. 134.
15. Olszewski P.: Trofia i saprobia. Zesz. nauk. WSR Olsztyn. Ser. C 1971 supl. 3.
16. Oświt J.: Naturalne łąki mozgowo-mannowe na tle zbiorowisk roślinnych w dolinie Górnej Narwi. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1973 z. 134.
17. Oświt J., Żurek S.: Ustalenie i scharakteryzowanie zasadniczych siedlisk dolinowych. Falenty: IMUZ 1975, maszyn.
18. Prończuk J.: Rola trwałych użytków zielonych w środowisku przyrodniczym kraju. Zesz. probl. Post. Nauk rol. (w druku).
19. Seidel K.: Überraschende Möglichkeiten der Nutzung höherer Wasserpflanzen. Mitt. Max-Planck-Gesellschaft, München: 1974 H. 6.
20. Seidel K.: Eliminierung von Pentachlorphenol durch Pflanze aus Gewässern. Die Naturwissenschaften 1974, 61 H. 2.
21. Seidel K.: Exudat Effekt der Rhizothamnen von *Alnus glutinosa Gaertner*. Die Naturwissenschaften 1972, 59 H. 8.
22. Seidel K.: Physiologische Leistung von *Alisma plantago L.* Die Naturwissenschaften: 1971 58 H. 3.
23. Seidel K.: Reinigung von Industrie — Abwässern durch *Juncus maritimus Lamar.* Die Naturwissenschaften: 1973, 60, H. 3.

24. Seidel K.: *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla zur Reinigung von Gichtwässern. Die Naturwissenschaften 1974, 61 H. 2.
25. Seidel K.: Wirkung höherer Pflanzen auf pathogene Keime in Gewässern. Die Naturwissenschaften 1971, 58 H. 4.
26. Seidel K.: Zur bakteriziden Wirkung höherer Pflanzen. Die Naturwissenschaften 1969, 56 H. 12.
27. Seidel K.: Zur Biologie und Gewässer — Reinigungsvermögen von *Iris pseudoacorus* L. Die Naturwissenschaften 1973, 60 H. 3.
28. Sladeček V.: Water quality system. Verh. int. Verein. Limnol. 1966, 16.
29. Starmach K., Wróbel S., Pasternak K.: Hydrobiologia. Wwa: 1976.

Я. Освіт

РОЛЬ БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ ПОЙМЫ РЕКИ НАРЕВИ В АСПЕКТЕ САМООЧИЩЕНИЯ ВОД

Резюме

В статье рассматривается, главным образом на основании выбранных позиций литературы, значение болотной растительности в процессе самоочищения вод как одной из проблем учитываемых в исследованиях связанных с мелиорацией поймы р. Наревы. Представленный материал показывает, что болотная растительность, используя процессы метаболизма, ликвидирует разные органические и неорганические загрязнения. Она удаляет, например, такие токсические вещества, как феноль, цианиды и роданиды (табл. 3). Она воздействует также на санитарное состояние воды, уничтожая патогенные микроорганизмы. Это показали опыты по воздействию растительности на *Escherichia coli*, *Salmonella* и *Enterococci* (табл. 2). Болотные растения отбирают также из воды большие количества минеральных соединений, т. наз. биогенов. В связи с этим они часто накапливаются в растительной массе в чрезвычайно высоких концентрациях (табл. 4). Все это свидетельствует о значении болотной растительности в деэвтрофизации вод.

Следовательно болотная растительность, а точнее болотные биоценовы, выполняют четко определенную, а в настоящем положении повышающегося загрязнения вод, чрезвычайно важную роль. Поэтому эта растительность не может легкомысленно уничтожаться в связи с мелиорацией и осушительными работами.

J. Oświt

ROLE OF BOG VEGETATION IN THE NATURAL ENVIRONMENT OF THE NAREW RIVER VALLEY UNDER THE ASPECT OF SELF-PURIFICATION OF WATERS

Summary

The importance of bog vegetation in the process of self-purification of water as one of the problems comprised with the study on the Narew river valley re-

clamation, is discussed in the paper, mainly on the basis of selected literature items. The material presented proves that the bog vegetation, while using the metabolism processes contributes to an elimination of various organic and inorganic contaminants. It removes, e.g. such toxic substances, as phenol, cyanides and rhodanates (Table 3). It affects also the sanitary state of water, killing pathogenic microorganisms. The above has been proved by experiments on the effect of bog plants on *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Enterococci* (Table 2). These plants take up also great amounts of mineral compounds, so-called biogenes. In this connection they often accumulate in the plant mass in very high concentrations (Table 4). That proves a great importance of bog vegetation in the deeutrophization of waters.

The bog vegetation, and more precisely bog biocenoses, fulfil thus in the natural environment an exactly defined and important role, particularly at the present situation of increasing water contamination process. Therefore, they must not be recklessly destroyed in connection with reclamation and drainage works.