

Astrid Hebrowska-Grzesiak

MOŻLIWOŚCI OCZYSZCZANIA WÓD DRENAŻOWYCH W STAWACH

Stawy wykorzystywano od dawna do odprowadzania i magazynowania ścieków. Obecnie służą do oczyszczania ścieków, zwykle jako III i IV stopień oczyszczania. Do bezpośredniego oczyszczania w stawach nadają się niewielkie ilości ścieków pochodzące od małych skupisk ludzkich, odizolowanego przemysłu (zawierające łatwo przyswajalne przez glony związki azotu i fosforu), a także wody zanieczyszczone rolniczo. Wody drenażowe oraz spływy powierzchniowe zawierają związki azotu i fosforu, będące niewykorzystaną częścią nawozów mineralnych lub naturalnych. Związki te są usuwane z wód poprzez wbudowanie węgla, azotu i fosforu w struktury glonowe. Proces oczyszczania zanieczyszczeń wód drenażowych w stawach można zintensyfikować poprzez sterowanie tym procesem, a także optymalizację czynników, wpływających na lepszy efekt oczyszczania. Serie płytkich, połączonych szeregowo meandrujących stawów, celowo zasiedlonych organizmami roślinnymi i zwierzęcymi, mającymi na celu oczyszczanie zanieczyszczonych wód lub ścieków, przyjęły nazwę akwakultur. Akwakultury zyskały dużą popularność w ciepłych strefach klimatycznych. Oczyszczanie wód i ścieków w akwakulturach jest bowiem tanie i wysoce efektywne [1, 2]. Pierwszy z serii stawów jest zwykle glonowo-bakteryjny. W nim przebiega rozkład złożonych związków organicznych oraz pobieranie przez glony, a tym samym usuwanie z wody, prostych związków węgla, azotu i fosforu. W następnych stawach usuwane są zwykle glony i bakterie wynoszone z pierwszej jednostki. Do tego celu służą często skorupiaki, którymi zasiedla się dalsze stawy [2]. Następne stawy mają na celu usunięcie związków biogenych dostarczonych przez skorupiaki. Wykorzystuje się do tego glony nitkowate lub roślinę wyższą — rzęś (Lemna sp.) [2, 3, 4]. Dodatkowym stawem bywa często staw rybny. Skorupiaki bowiem stanowią doskonałą bazę pokarmową dla ryb. Wysokie, bo dochodzące do 100% efekty usuwania związków azotu i fosforu są osiągane w ciepłych strefach klimatycznych lub w badaniach laboratoryjnych. W naszych warunkach geograficznych, efekty oczyszczania wód i ścieków będą niższe. Można jednak dążyć do intensyfikacji procesu oczyszczania w okresie zimowym. Wydaje się to celowe chociażby z tego

względu, że budowa, eksploatacja, a także obsługa stawów jest stosunkowo tania. Dodatkowym efektem pracy stawów mogłaby być biomasa roślinna wykorzystywana na paszę lub nawóz, a także mięso ryb.

Charakterystyka składu wód drenażowych

Skład wód drenażowych zależy od różnych czynników. Ustalono, że niewykorzystana część nawozów mineralnych, które są głównym źródłem związków azotu i fosforu w wodach drenażowych i spływach powierzchniowych może wynosić od kilku do kilkudziesięciu procent całej dawki azotu oraz 1—5% fosforu. Wzrost wymywanych ilości azotu, fosforu i potasu spowodowany jest m. in. erozją gleby. Zmiany sezonowe są także przyczyną zmian w zawartości związków biogenych w odpływach drenarskich.

Na podstawie badań własnych oraz danych literaturowych stwierdzono, że zawartość związków biogenych w wodach drenażowych jest następująca [1, 5]:

fosforany: ślady — $2 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$
fosfor ogólny $0,1\text{—}10,0 \text{ mg P}_{\text{og}}/\text{dm}^3$
azot amonowy: ślady— $17,0 \text{ mg N}/\text{dm}^3$
azot azotynowy $0,001\text{—}0,2 \text{ mg N}/\text{dm}^3$
azot azotanowy $0,01\text{—}60 \text{ mg N}/\text{dm}^3$
potas $0,5\text{—}25 \text{ mg K}_2\text{O}/\text{dm}^3$.

Cel i metodyka badań

Celem badań była próba oczyszczania wód drenażowych, które stanowią poważną część ogólnej ilości wody spływającej ze zlewni. Do usuwania biogenów z wód drenażowych zastosowano modelowe stawy biologiczne — zbiorniki szklane o objętości 10 dm^3 każdy. Do 4 połączonych szeregowo zbiorników tłoczono bez przerwy wodę drenażową. Pierwszy i drugi zbiornik zaszczepiono zielenicami (Chlorella i Scenedesmus), do trzeciego wprowadzono skorupiaki (Daphnia sp.), natomiast do czwartego rośliny wyższe (Lemna minor). Układ badawczy oświetlany był światłem sztucznym o natężeniu równym 4700 luksów na powierzchni zbiornika, w godz. 5.00 do 21.00.

Przeprowadzono pięć doświadczeń na wodzie drenażowej, odpływającej z terenów nawadnianych ściekami z Wrocławia oraz dwa doświadczenia na wodzie pobranej z rowu polnego, za-

silającego Jezioro Lubinieckie w pobliżu Świebodzina. Teoretyczne czasy przepływu wody w układzie badawczym wynosiły od 10,8 do 15,9 dni. Temperatura otoczenia wynosiła od 295 do 299 K. Stężenia związków biogenych w wodzie drenażowej, wykorzystywanej w doświadczeniach były niskie. Ich zakres wynosił: dla ortofosforanów 0—0,48 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, dla azotu amonowego 0—24 mg N/dm³, azotu azotynowego 0,001—0,06 mg N/dm³, azotu azotanowego 0,03—4,5 mg N/dm³.

Omówienie wyników badań

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy stężeniu ortofosforanów w wodzie zasilającej układ badawczy, w granicach od 0,2 do 0,48 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ efektywność usuwania tej formy fosforu wynosiła od 51,9 do 100%. Dla wód, w których początkowe stężenie ortofosforanów mieściło się w granicach od 0 do 0,14 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, stwierdzono okresowe zwiększenie się ilości tego związku w wodzie oczyszczonej. Analizy fosforu i azotu ogólnego wskazywały na krótkotrwały lub stały wzrost stężeń tych pierwiastków, po przejściu przez układ badawczy. Podobnie, stężenia azotu amonowego w odpływie przekraczały okresowo stężenia tego związku w wodzie, zasilającej układ badawczy.

W trzech doświadczeniach stwierdzono usuwanie azotanów maksymalnie do 81,8%. W pozostałych doświadczeniach wzrost stężenia azotu azotanowego był spowodowany utlenianiem amonowej formy azotu, uwalnianej ze związków organicznych, dopływających do układu badawczego lub pochodzących z rozkładu wprowadzanych do zbiorników organizmów. Poziom azotynów ulegał wahaniom w szerokim zakresie stężeń, co może świadczyć o intensywnie przebiegających przemianach związków azotowych.

W doświadczeniach, w których stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie zasilającej układ przekraczało 10 mg O_2/dm^3 obserwowano pogorszenie warunków tlenowych po przejściu wody przez układ badawczy. Dla stężeń tlenu 7—8 mg O_2/dm^3 w dopływie stwierdzano, że w odpływie stężenia tlenu przekraczały wspomniane wartości. Należy jednak stwierdzić, że we wszystkich doświadczeniach stężenia tlenu, w całym okresie badań nie były niższe od wartości charakterystycznych dla I klasy czystości wód. Analizy BZT₅ i utlenialności wskazywały na wzrost wartości tych wskaźników w większości badanych przypadków. Wzrost tych wskaźników oraz wzrost stężenia potasu związane były prawdopodobnie z obumieraniem i rozkładem biomasy roślinno-zwierzęcej. Stwierdzono natomiast zmniejszenie ilości wodorowęglanów wapnia i w mniejszym stopniu magnezu. Obserwowano zmiany odczynu wody w odpływie, w granicach od pH 7,0 do 8,4.

W okresie badań stwierdzono wzrost liczby komórek glonów, wzrost biomasy skorupiaków (*Daphnia magna*) i roślin wyższych (*Lemna minor*).

Podsumowując wyniki badań można stwierdzić, że układ stawów spełnił założenie usuwania związków biogenych tylko w stosunku do wód drenażowych o stężeniu ortofosforanów od 0,2 do 0,48 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Układ stawów w większości przypadków spełnił także oczekiwania co do produkcji biomasy glonów, rozwielitek *Daphnia magna* oraz roślin wyższych *Lemna minor*.

Ponieważ zdarza się, że stężenia związków biogenych w wodach drenażowych są wyższe od wspomnianych w poprzedniej serii badań, przeprowadzono serię doświadczeń nad usuwaniem związków biogenych z wód drenażowych, wzbogaconych związkami biogennymi. W związku z tym do wód drenażowych dodano związki azotu i fosforu, węgla, potasu i żelaza. Stosunek węgla do azotu w badanej wodzie drenażowej wynosił 5:1. Teoretyczne czasy przetrzymania wody drenażowej w układzie badawczym wynosiły od 10,5 do 15,6 dni. Temperatura otoczenia wynosiła od 295 do 299 K. Zakres stężeń związków biogenych w wodzie zasilającej zbiorniki przedstawiał się następująco: ortofosforany 2,08—10,8 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, fosfor ogólny 4,6—13,6 mg P/dm³, azot amonowy 3,1—36,0 mg N/dm³, azotyty od 0,002 do 1,000 mg N/dm³, azotany od 9,48 do 146 mg N/dm³.

We wszystkich badaniach tej serii stwierdzono prawie całkowite usunięcie ortofosforanów (od 95,7 do 100%, średnio 99,6%). Usuwanie ortofosforanów następowało dzięki pobieraniu ich przez glony lub chemicznemu strącaniu w związkach z wapnem i żelazem, wynikającego ze wzrastającego podczas fotosyntezy odczynu wody. Usuwanie fosforu ogólnego wynosiło średnio 81,4—95%. Azot amonowy usuwany był w granicach od 83,9 do 98,4% (średnio 94%). Wysokie stężenia azotynów, dochodzące w odpływie do 9 mg N/dm³, przy równocześnie obniżającym się poziomie soli amonowych, mogą świadczyć o intensywnym procesie nityfikacji pierwszej fazy, natomiast o zablokowaniu funkcji nityfikatorów drugiej fazy. Zwykle obserwowano wahania w ilościach azotanów w odpływie, które czasami przekraczały stężenia wyjściowe tego związku. Obserwowano wzrost stężenia tlenu rozpuszczonego w układzie badawczym. Zdarzało się, że nasycenie wody tlenem dochodziło do 300%. Woda odpływająca z układu badawczego charakteryzowała się zwykle wyższymi wartościami BZT₅ i utlenialności w porównaniu z wodą dopływającą. Podwyższone wartości tych wskaźników mogły być spowodowane uwalnianiem organicznych związków z rozkładanej biomasy roślinnej i zwierzęcej, lub też wydzielaniem przez glony różnych związków organicznych. Intensywna fotosynteza glonów powodowała alkaliczację wody do pH=9,0 a także obniżanie się ilości wodorowęglanów. Przyrost liczby roślin *Lemna minor* był 7—37-krotny. Przyrost suchej masy roślin był zawsze wyższy od przyrostu liczby roślin. Na wzrost wagi suchej masy wpływały korzenie, których długość zwiększała się w okresie badań. Ponadto korzenie stanowiły podłoże, na którym osiadały glony.

Metoda usuwania związków biogenych z wód drenażowych w stawach spełnia zadanie szczególnie w przypadkach podwyższonych stężeń azotu i fosforu. Przypadki, w których stężenia związków biogenych są bardzo niskie (np. stężenia ortosforanów od 0 do 0,14 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$) wymagają dalszych badań. Sugeruje się stosowanie krótszych niż w przeprowadzonych doświadczeniach, czasów przetrzymywania oraz zaszczepianie zbiorników mniejszą ilością biomasy roślinnej i zwierzęcej. Dodatkowym efektem oczyszczania wód drenażowych był znaczny przyrost biomasy roślinnej i zwierzęcej, będącej potencjalnym źródłem białka. Glony *Chlorella* sp. i *Scenedesmus* sp. a także *Lemna* sp. charakteryzują się zwykle wysoką zawartością białka ogólnego. *Lemna* sp. ponadto zawiera dużą ilość białka strawialnego [5].

1. JOHNSTON: Nitrogen and phosphorus in tile drainage affluent. *Proc. Soil. Sei. Soc. Am.*, 1965, 29.
2. L. Y. KAWASAKI, E. TARIFENO-SILVA, D. P. YU, M. S. GORDON, D.J. CHAPMAN: Aquacultural approaches to recycling of dissolved nutrients in secondarily treated domestic wastewaters. 1982, Vol. 16, No 1, p. 37—73.
3. S. EHRLICH: Two experiments in biological clarification of stabilization pond effluents. *Hydrobiologie* (Ysrael), 1966, 27, p. 80—90.
4. A. L. GRAM: Tertiary treatment with a controlled ecological system. *Environm. Protection Technol. Ser. EPA — 660/2 — 73—0,22*, Calabasas, Calif, 1973, p. 43.
5. A. HEBROWSKA-GRZESIAK: Biologiczne usuwanie związków biogenych z wód drenażowych. Rozprawa doktorska. Inst. Inż. Ochr. Środ. Polit. Wrocław, 1980.

A. Hebrowska-Grzesiak

On the usability of ponds as applied to the treatment of drainage water

Shallow ponds, connected in series, with animal and plant organism growth are defined as aquatic cultures. Aquatic cultures are applied for the treatment of drainage waters which carry high concentrations of nitrogen and phosphorus compounds. The investigations

have revealed that the removal of biogenic substances from drainage water by using aquatic cultures is very high, when the water under treatment displays high concentrations of nitrogen and phosphorus compounds. Thus, while orthophosphate removal approached 100%, the efficiency of ammonia nitrogen removal averaged 94%. The results obtained for drainage water carrying biogens at low concentrations do not seem to be reliable, so the problem itself requires more intensive studies.