

Katarzyna JAROMIN<sup>1</sup>, Roman BABKO<sup>2</sup> i Grzegorz ŁAGÓD<sup>1</sup>

## LICZEBNOŚĆ PIERWOTNIAKÓW W POSZCZEGÓLNYCH URZĄDZENIACH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW „HAJDÓW” NA TLE ZMIAN STĘŻEŃ AZOTU

### ABUNDANCES OF PROTOZOA ON PARTICULAR DEVICES OF “HAJDÓW” WWTP ON THE BACKGROUND OF THE NITROGEN COMPOUNDS CONCENTRATION

**Abstrakt:** Postępujący proces urbanizacji powoduje wzrost strumienia ścieków oraz złożony ich skład, co z kolei wpływa na rozwój metod i urządzeń służących ich oczyszczaniu. Każda z opracowanych i wdrożonych metod wymaga z kolei odpowiednich procedur kontroli prowadzonych procesów, a także metod kontroli jakości oczyszczonych ścieków przed skierowaniem do wód odbiornika. Ważne jest w pełnej skali technicznej, aby metody takie były efektywne oraz w miarę szybkie i jednocześnie tanie. Stosowane standardowo metody biofizyczne wymagają zwykle dosyć długiego czasu na przeprowadzenie całej procedury - na przykład ważny z punktu widzenia realizowanych na oczyszczalni procesów wskaźnik zanieczyszczenia BZT<sub>5</sub> wymaga aż 5 dni. Istniejące inne metody oznaczeń, np. OWO, wymagają kosztownego sprzętu bądź też reagentów. Te same problemy odnoszą się do oznaczeń stężenia w ściekach związków biogenych. Stąd też wielu badaczy stara się opracować odpowiednią metodę bioindykacyjną, która mogłaby stanowić użyteczne uzupełnienie standardowych badań fizykochemicznych wykonywanych przez eksploatatorów oczyszczalni ścieków. Niniejszy artykuł nawiązuje do tych badań, przedstawiając zmiany stężeń związków azotu w ściekach poddawanych procesom technologicznym w kolejnych urządzeniach Miejskiej Oczyszczalni Ścieków „Hajdów” w Lublinie. Na tle wspomnianych badań fizykochemicznych zaprezentowane zostały liczebności organizmów wskaźnikowych, takich jak ameby i orzęski, przy użyciu których obliczono wskaźniki biocenotyczne Shannona i Margalefa. Z prezentowanych badań wynika, iż w komorach bioreakcji wartości liczbowe indeksów są zauważalnie wyższe niż w części mechanicznej oraz kanale zrzutu do odbiornika. Jednocześnie w tych samych punktach pomiarowych zanotowano niższe stężenia związków azotu.

**Słowa kluczowe:** bioindykatory, pierwotniaki, oczyszczanie ścieków, związki azotu

Zanieczyszczenia, które usuwane są ze ścieków za pomocą urządzeń nowoczesnych oczyszczalni ścieków z częścią biologiczną, to nie tylko związki węgla, ale również związki azotu i fosforu. Dzieje się tak z uwagi na fakt, iż wspomniane związki biogenne, jeśli występują w zbyt dużym stężeniu, mogą powodować eutrofizację wód powierzchniowych, które w wielu przypadkach stanowią odbiornik oczyszczonych ścieków [1, 2]. Z drugiej strony jednak obecność związków azotu w ściekach surowych nie jest zjawiskiem niepożądanym, są one bowiem potrzebne dla zachowania równowagi substratowej w komorach bioreaktorów oraz do wzrostu mikroorganizmów wchodzących w skład osadu czynnego oczyszczającego ścieki. W strumieniu ścieków komunalno-przemysłowych trafiających do oczyszczalni stężenia związków azotu są zwykle na tyle wysokie, iż powodują trudności z osiągnięciem odpowiedniego stężenia na wylocie z oczyszczalni. Zrzut zbyt dużych ładunków związków azotu do odbiorników ścieków może zachwiać równowagę ekosystemów, prowadząc do degradacji środowiska

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, tel. 81 538 43 22, email: G.Lagod@wis.pol.lublin.pl

<sup>2</sup> Laboratorium Zoologii, Instytut Zoologii im. I.I. Schmalhausena, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, ul. B. Khmel'nitskogo 15, 01601, Kijów, Ukraina

naturalnego oraz niszczenia naturalnej fauny i flory w skali mikro i makro. Przejawiać może się to w fazie początkowej między innymi w postaci deficytów tlenowych i eutrofizacji wód odbiornika [3, 4].

Wspomniane powyżej zjawiska uzasadniają działania polegające na stałym monitoringu ilości poszczególnych związków: azotu amonowego (N-NH<sub>4</sub>), azotanów(III) (N-NO<sub>2</sub>), azotanów(V) (N-NO<sub>3</sub>) zawartych w ściekach surowych i oczyszczonych przed ich zrzutem z oczyszczalni ścieków do wód powierzchniowych odbiornika.

Określanie ilości związków azotu w ściekach jest ważnym wskaźnikiem ich jakości, stąd też dopuszczalne stężenia określone są przez odpowiednie normy prawne, m.in. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [DzU2006.137.984] [5]. Według wymagań rozporządzenia (numer 137 pozycja 984), dopuszczalna zawartość związków azotu dla azotu amonowego wynosi 10 mg/dm<sup>3</sup>, azotanów(V) 30 mg/dm<sup>3</sup>, azotanów(III) 1 mg/dm<sup>3</sup>. Azot występuje na różnych stopniach utleniania od (-III) azot amonowy do (+III) oraz (+V) w azotanach. Azot amonowy (N-NH<sub>4</sub>) w związkach organicznych jest utleniany w procesie nityfikacji w pierwszym etapie przez bakterie *Nitrosomanas* do azotanów(III) (N-NO<sub>2</sub>), w drugim za pomocą bakterii *Nitrobacter* z azotanów(III) (N-NO<sub>2</sub>) do azotanów(V) (N-NO<sub>3</sub>). W procesie denityfikacji następuje redukcja azotanów(V) (N-NO<sub>3</sub>) do azotu molekularnego i tlenków azotu (azotany(III) i azotany(V)). Przemiana azotu organicznego do azotu amonowego (N-NH<sub>4</sub>) odbywa się w procesie amonifikacji [1, 3, 6].

Stosowane standardowo metody oznaczania wskaźników zanieczyszczeń wymagają zwykle dosyć długiego czasu na przeprowadzenie całej procedury bądź też kosztownego sprzętu lub reagentów. Te same trudności odnoszą się do oznaczeń w ściekach stężenia związków biogenych. Stąd też wielu badaczy stara się opracować odpowiednią metodę bioindykacyjną, która mogłaby stanowić użyteczne uzupełnienie standardowych badań fizykochemicznych wykonywanych przez eksploatatorów oczyszczalni ścieków. Badania nad tego typu metodami trwają cały czas wśród specjalistów różnych dziedzin nauki (chemików, biologów, hydrobiologów, ekologów) [7-12].

W związku z faktem, iż realizowane w pełnej skali technicznej procesy oczyszczania mają najczęściej charakter heterotroficzny, dobrym pomysłem wydaje się wybór organizmów wskaźnikowych (indykatorów) wśród organizmów heterotroficznych. Do tej grupy najczęściej zaliczane bywają: bakterie, drożdże, pierwotniaki, ameby, wiciowce, orzęski, wrotki, nicienie. Z kolei organizmy najliczniej występujące w próbkach pobranych w oczyszczalni Hajdów to: bakterie, wiciowce, ameby i orzęski. W związku z potrzebą wyboru do analizy organizmów charakteryzujących się dużą wrażliwością na zmiany stężenia zanieczyszczeń w badanych obiektach jako najbardziej odpowiednie wytypowano ameby oraz orzęski [7-12].

### **Materiał i metoda**

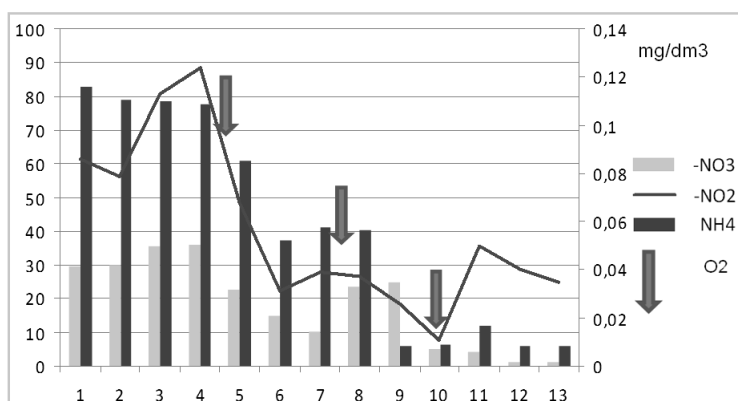
W celu pomiaru stężeń związków azotu w ściekach oraz wykonania ilościowej i jakościowej analizy występowania wybranych bioindykatorów posłużyły próbki ścieków pochodzące z 13 miejsc pobrania w ciągu technologicznym Miejskiej Oczyszczalni Ścieków „Hajdów” w Lublinie. Próbkę pobierano w środy (w tym dniu prowadzone są

również standardowe pomiary jakości ścieków przez eksploatatorów oczyszczalni) przez trzy tygodnie, w lipcu 2010 r. o godzinie 9 rano. Punktami poboru były kolejno: 1 - komora przed kratami, 2 - komora za kratami, 3 - wlot na piaskownik, 4 - wylot z piaskownika, 5 - wylot z osadnika wstępnego, 6 - komora mieszania, 7 - wylot z komory beztlenowej, 8 - wylot z komory denitryfikacji, 9 - wlot z komory denitryfikacji II, 10 - wylot z komory nityfikacji (napowietrzania), 11 - recyrkulat, 12 - wylot z osadnika wtórnego, 13 - kanał odprowadzający oczyszczone ścieki do odbiornika.

Analizy wykonywano w laboratoriach Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej. Do przeprowadzenia badań wykorzystano spektrofotometr HACH DR2800 i określoną dla danej substancji odpowiednią metodę spektrofotometryczną. Równoległe z badaniami fizykochemicznymi prowadzono badania mikroskopowe liczebności grup pierwotniaków i bezkręgowców. Najwięcej uwagi poświęcono amebom i orzęskom jako drapieżnikom regulującym i utrzymującym bakterie w stanie wzrostu wykładniczego [7, 8, 12]. Wyniki przedstawiają uśrednione wartości z trzech serii pomiarowych.

### Omówienie wyników

Najbardziej zauważalne zmiany w stężeniach związków azotu występują w komorach bioreakcji w punktach 6-10 (rys. 1). Efektem oczyszczania ścieków w badanych próbach jest spadek wartości stężenia azotanów(V) z blisko 30 mg/dm<sup>3</sup> do około 1 mg/dm<sup>3</sup>, azotanów(III) z około 0,1 mg/dm<sup>3</sup> do około 0,03 mg/dm<sup>3</sup> oraz azotu amonowego z ponad 80 mg/dm<sup>3</sup> do około 5 mg/dm<sup>3</sup>.

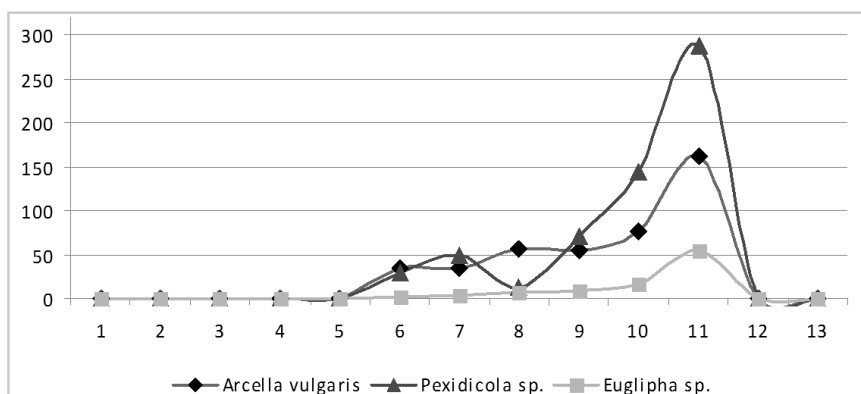


Rys. 1. Wartości stężeń związków azotu w poszczególnych punktach pobrania próbek

Fig. 1. Nitrogen compounds concentration at the different sampling points

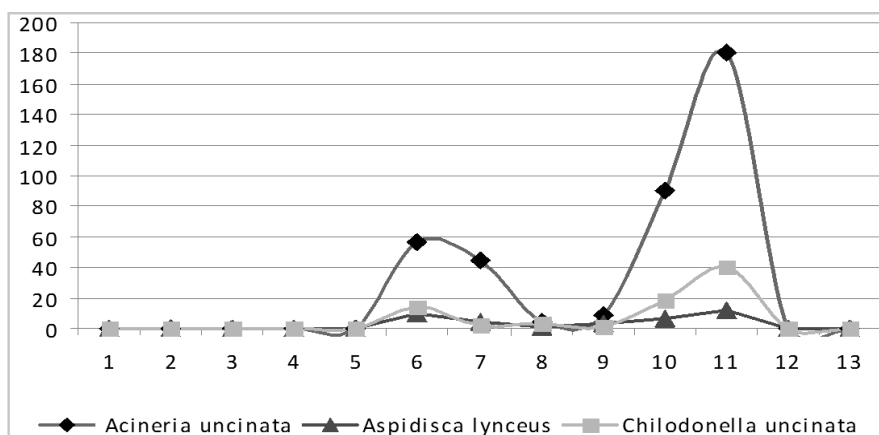
Podczas analizy mikroskopowej pobranych próbek odnotowano największą ilość ameb *Pexidicola*, sięgającą blisko 300 osobników, w recyrkulacie odprowadzanym z osadnika wtórnego (rys. 2). Podobna sytuacja występowała również w przypadku pozostałych dwu analizowanych taksonów *Arcella* oraz *Euglipha*. Znaczna ilość ameb w recyrkulacie może być spowodowana ciągłym napływem osadu czynnego z komór napowietrzania i w efekcie akumulacją następującą w wyniku procesu fizycznego zagęszczenia. Najmniejsza liczba przedstawicieli wspomnianych gatunków odnotowana została

w urządzeniach części mechanicznej oczyszczalni (pkt. 1-5) oraz na wylocie z osadnika wtórnego do kanału odprowadzającego ścieki do odbiornika (pkt. 12 i 13). Natomiast w komorach bioreakcji realizujących procesy przy braku rozpuszczonego tlenu molekularnego odnotowano najmniejszą liczbę ameb (pkt. 8 i 9), wystąpił tam również zauważalny wzrost stężenia azotanów.



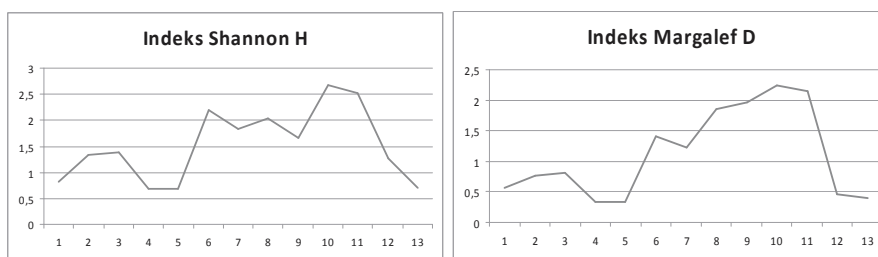
Rys. 2. Liczba przedstawicieli wybranych gatunków ameb w poszczególnych punktach pobrania próbek  
Fig. 2. Abundances of amoebas at the different sampling points

Analizując próbki ścieków oraz osadu czynnego pobrane w kolejnych urządzeniach ciągu technologicznego oczyszczalni, odnotowano znaczące liczebności przedstawicieli orzęsków występujące w komorze mieszania (pkt 6) (gdzie do ścieków po części mechanicznej zawracany jest osad czynny w postaci recyrkulatu). Znaczny spadek ilościowości orzęsków następuje w punktach 8 i 9, najprawdopodobniej z uwagi na panujące tam warunki procesowe, z kolei największą ilość pierwotniaków, podobnie jak i ameb, stwierdzono w punktach 10 i 11 (rys. 3).



Rys. 3. Liczba przedstawicieli wybranych gatunków orzęsków w poszczególnych punktach pobierania próbek  
Fig. 3. Abundances of ciliates at the different sampling points

Na podstawie ilości orzęsków w poszczególnych urządzeniach ciągu technologicznego obliczono indeksy biocenotyczne: Shanona  $H$  oraz Margalefa  $D$ . W komorach bioreakcji oczyszczalni ścieków (pkt. 6-10) indeks Shannona i indeks Margalefa mają ogólną tendencję do wzrostu, w części mechanicznej i odpływie do odbiornika mają wartości minimalne (rys. 4). Wskaźnik Shannona przybiera w komorach bioreakcji wartości od 1,5 do 3, natomiast wskaźnik Margalefa od 1 do 2,5.



Rys. 4. Wartość wskaźników Shannona  $H$  i Margalefa  $D$  w poszczególnych punktach pobierania próbek

Fig. 4. Shannon's  $H$  and Margalef's  $D$  Index at the different sampling points

### Podsumowanie i wnioski

Rezultatem przeprowadzonych badań fizykochemicznych jest określenie zmian stężeń związków azotu następujące w poszczególnych urządzeniach ciągu technologicznego MOŚ „Hajdów”. Badania te stanowią tło i punkt odniesienia dla badań bioindykacyjnych, które powinny pozwolić na określenie korelacji pomiędzy ilościowością indykatorów (bądź też będącymi ich pochodną indeksami biocenotycznymi) a wybranymi fizykochemicznymi wskaźnikami jakości ścieków. Przedstawiciele analizowanych gatunków pierwotniaków pojawiają się w komorach mieszania (pochodzą one z osadu czynnego zagęszczanego w osadnikach i zawracanego na początek części biologicznej w formie recyrkulatu) i stykają się ze ściekami z osadnika wstępnego w celu zapoczątkowania procesów oczyszczania biologicznego. Analizowane gatunki pierwotniaków występują kolejno: w komorach beztlenowych, niedotlenionych, napowietrzania, aż do kanału odprowadzającego ścieki do odbiornika, gdzie praktycznie nie występują. Odpowiedni zespół pierwotniaków powoduje kształtowanie populacji organizmów osadu czynnego odpowiedzialnych za zmniejszanie stężenia związków azotu do wymaganego poziomu. Wśród komór bioreakcji komora napowietrzania cechowała się największą ilością pierwotniaków w osadzie czynnym. W komorze tej odnotowane zostało również najniższe stężenie związków azotu.

### Podziękowania

Środki finansowe, które pozwoliły na wykonanie badań, pochodzą z grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr 4949/B/T02/2008/34.

### Literatura

- [1] Plizga O., Jaromin K. i Łągód G.: *Examination of nitrogen compounds concentration in sewage from following devices of "Hajdów" WWTP by spectrophotometry methods*. Water management - state and prospects of development. Collected articles of young scientists. Rivne 2010, 1, 204-207.

- [2] Henze M., Harremoes P. i Arvin E.: Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes. Springer 2001.
- [3] Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J.A. i Sozański M.M.: Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 1997.
- [4] Лагуд Г., Яромін К. і Гіроль А.: Біоіндексаційні дослідження процесу очищення міських стоків на прикладі очисних споруд «Хайдув» в Любліні - ЕТЕВК 2009, Міжнародний Конгрес і Технічна Виставка, Ялта 2009, 270-274.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [DzU2006.137.984].
- [6] Janosz-Rajczyk M.: Badania wybranych procesów oczyszczania ścieków. Wyd. Polit. Częstochowskiej, Częstochowa 2008.
- [7] Klimowicz H.: Znaczenie mikrofauny przy oczyszczaniu ścieków osadem czynnym. Zakład Wyd. Instytutu Kształtowania Środowiska, Warszawa 1983.
- [8] Fyda J. i Babko R.: *Prosty klucz o oznaczaniu orzęsków osiadłych (Peritrichia) najczęściej występujących w osadzie czynnym*. Forum Eksploatatora, 2007, 4, 27-30.
- [9] Bitton G.: Wastewater Microbiology. Hoboken, John Wiley & Sons Inc., New Jersey 2005.
- [10] Buck H.: Mikroorganizmy w osadzie czynnym. Wyd. Seidel-Przywecki, Szczecin 1999.
- [11] Eikelboom, D.H. i Van Buijssen H.J.J.: Microscopic Sludge Investigation Manual, 2nd edition. TNO Research Institute for Environmental Hygiene, Delft 1983.
- [12] Eikelboom D.H.: Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation. IWA Publishing, London 2000.

## ABUNDANCES OF PROTOZOA ON PARTICULAR DEVICES OF "HAJDÓW" WWTP ON THE BACKGROUND OF THE NITROGEN COMPOUNDS CONCENTRATION

<sup>1</sup>Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology

<sup>2</sup>Laboratory of Zoogeography, Department of Fauna and Systematic of Invertebrates,  
Schmalhausen Institute of Zoology NAS of Ukraine, Kiev

**Abstract:** Urbanization progress and complex sewage composition are the reasons of development of methods and devices for its purification. All of developed and implemented methods require suitable procedures of inspection of the processes, as well as quality control of treatment sludge before it comes to the receiver. It is a very important for technical reasons these methods to be effective, quite fast and cheap. Traditionally applied standard biophysical methods require long time for the procedure fulfillment - for example from the point of view of the processes implemented on WWTP, pollution indicator BOD<sub>5</sub> to 5 days. Other existing methods of identification like TOC require expensive equipment or reagents. The same problems refer to the concentration of biogenic compounds in sludge. That is why a lot of scientists try to create a proper bioindication method, which could provide useful supplement of standard physicochemical tests carrying by advisors of WWPT. This article refers to these researches presenting changes of nitrogen compounds concentration in sewage occurred under the technological processes in particular devices of "Hajdow" WWPT in Lublin. Basing on mentioned physicochemical researches, there have been presented the numbers of bioindicators such as amoeba and ciliates, which were the base to calculate biocenotic Shannon's and Margelf's indices. In the presented researches it is clearly visible that inside bioreaction chambers the values of indices are noticeable higher than in mechanical part, outflow from final settler and inflow to the river. Simultaneously, in the same measuring points low level of nitrogen compounds concentration was observed.

**Keywords:** bioindicators, protozoa, sewage purification, nitrogen compounds