

JADWIGA FURCZAK

*Częstotliwość występowania bentosowych  
bakterii heterotroficznych w dwu różniących się poziomem trofii  
jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (SE — Polska)*

Frequency of the Occurrence of Benthos Heterotrophic Bacteria in Two Lakes  
of Different Levels of Trophicity in the Łęczna — Włodawa Lake District

Osady dennie są miejscem najliczniejszego występowania bakterii heterotroficznych w zbiornikach wodnych (2). Zjawisko to spowodowane jest nagromadzeniem w tej strefie i mikrobiologiczną transformacją dużych ilości substancji organicznych (14). Zdaniem Niewołaka (11, 12) poziome rozmieszczenie bakterii w osadach dennych jezior uzależnione jest od charakteru dna oraz rodzaju osadu. Osady muliste zawierają z reguły więcej bakterii heterotroficznych niż osady piaszczyste czy ilaste, a zwłaszcza czarne ily (8, 11, 12).

W dotychczasowych badaniach znacznie mniej uwagi poświęcono heterotroficznym bakteriom bentosowym jezior niż planktonowym. W zbiornikach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego badania z tego zakresu dotyczyły jedynie strefy litoralnej (4). Dlatego też uznano za celowe poznanie rozmieszczenia oraz dynamiki rocznych i sezonowych zmian ilościowych populacji bakterii heterotroficznych w osadzie dennym mezotroficznego jeziora Piaseczno i eutroficznego zbiornika Głębokie.

OBSZAR BADAWCZY, MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto dwa jeziora Południowo-Wschodniej Polski: mezotroficzne jezioro Piaseczno z postępującą eutrofizacją spowodowaną rozwojem rolnictwa i rekreacji oraz eutroficzne jezioro Głębokie zlokalizowane w terenie rolniczym. Szczegółową charakterystykę jezior i ich zlewni podano we wcześniejszej pracy (5).

\* Badania prowadzono w ramach problemu CPBP 04.02 koordynowanego przez Instytut Mikrobiologii Uniwersytetu Łódzkiego.



Z badań G ó r n i a k a i in. (7) oraz M i s z t a l a i in. (10) wynika, że osady dennie jeziora Piaseczno mają w obrębie litoralu charakter piasków luźnych, zaś w pozostałych strefach są to gytie wolne od węglanów, cechujące się zmiennym składem makro- i mikroelementów. Natomiast w zbiorniku Głębokie zalegają osady muliste o grubej warstwie detrytusu (13), decydującej o ich wysokiej, naturalnej żyzności. Zostały one sklasyfikowane jako gytie bogate w węglany oraz ility jeziorne zawierające średnio 31% (w % s.m.) węgla organicznego (6, 9).

Badania bakteriologiczne osadu dennego jezior prowadzono w latach 1986-1990 w okresie wiosennym (23-29 IV i 27-29 V), letnim (3-11 VII) i wczesnojesiennym (27-29 IX). Materiał do badań stanowiły próbki osadów dennych z trzech stref jezior Piaseczno – litoralu (gł. 1m), sublitoralu (gł. 10m) i pelagialu (gł. 30 m) oraz dwu stref zbiornika Głębokie – litoralu (gł. 1m) i sublitoralu (gł. 5m). Osady litoralne pobierano aparatem rurowym Kajaka o powierzchni 20 cm<sup>2</sup>, natomiast z sublitoralu i pelagialu – aparatem Boruckiego o powierzchni 225 cm<sup>2</sup>. Badaniami objęto górną warstwę osadów (0-5 cm), które po przeniesieniu do jałowych słoików szklanych, a następnie odsączeniu wody przy pomocy bibuły filtracyjnej (przez ok. 20 h) poddano analizie bakteriologicznej.

Bakterie heterotroficzne, w tym bakterie barwne, określano płytkową metodą rozcieńczeń z użyciem pożywki żelazowo-peptonowej F e r r e r a i in. (3). Posianą bakteriami pożywkę inkubowano przez okres 10 dni w temp. 20°C. Analizy wykonywano w trzech równoległych powtórzeniach. Wyniki przedstawiono w postaci średniej z jednostkowych oznaczeń.

## WYNIKI BADAŃ

Pięcioletnie badania wykazały, że mezotroficzne jezioro Piaseczno zawiera mniej bentosowych bakterii heterotroficznych niż eutroficzny zbiornik Głębokie (tab. 1, ryc. 1). W latach 1986-1990 liczba tych bakterii w obu jeziorach mieściła się w bardzo szerokich granicach i dla zbiornika Piaseczno wynosiła od 2 tys. do 2, 466 mln g<sup>-1</sup>, a dla akwenu Głębokie kształtowała się od 6 tys. do 4, 072 mln g<sup>-1</sup> (tab. 1). Średnia



Ryc. 1. Liczebność bentosowych bakterii heterotroficznych tys. · g<sup>-1</sup> s.m. osadu, średnie roczne i z 5 lat  
Number of benthos heterotrophic bacteria ths. · g<sup>-1</sup> d.m. of the sediment, mean values of a year and five years



Tab. 1. Liczebność bentosowych bakterii heterotroficznych (H) w tys.  $g^{-1}$  dsu. osadu oraz procentowy udział bakterii barwnych (B)Number of benthos heterotrophic bacteria (H) in thousands  $g^{-1}$  d.m. of the sediment, and proportion of pigment bacteria (B), %

| Miejsce<br>Lata-miesiące |     | Jezioro Piaseczno |    |            |    |          |    | Jezioro Głębokie |    |            |    |
|--------------------------|-----|-------------------|----|------------|----|----------|----|------------------|----|------------|----|
|                          |     | litoral           |    | sublitoral |    | pelagial |    | litoral          |    | sublitoral |    |
|                          |     | H                 | B  | H          | B  | H        | B  | H                | B  | H          | B  |
| 1986                     | IV  | 79                | 25 | 201        | 33 | 456      | 14 | 2079             | 27 | 1930       | 16 |
|                          | V   | 318               | 22 | 67         | 15 | 495      | 5  | 2144             | 13 | 256        | 10 |
|                          | VII | 489               | 9  | 1198       | 8  | 283      | 5  | 2793             | 11 | 309        | 8  |
|                          | IX  | 33                | 12 | 35         | 15 | 79       | 11 | 485              | 10 | 45         | 14 |
| 1987                     | IV  | 101               | 46 | 19         | 26 | 209      | 37 | 980              | 41 | 397        | 20 |
|                          | V   | 12                | 37 | 27         | 24 | 136      | 13 | 1657             | 31 | -          | -  |
|                          | VII | 40                | 11 | 63         | 18 | 379      | 2  | 1407             | 19 | 59         | 6  |
|                          | IX  | 36                | 14 | 20         | 15 | 263      | 14 | 513              | 29 | 53         | 24 |
| 1988                     | IV  | 120               | 47 | 44         | 14 | 719      | 16 | 1826             | 29 | 67         | 33 |
|                          | V   | 11                | 64 | 366        | 14 | 350      | 16 | 451              | 20 | 39         | 24 |
|                          | VII | 10                | 38 | 25         | 10 | 766      | 23 | 4072             | 26 | 421        | 13 |
|                          | IX  | 7                 | 28 | 9          | 12 | 108      | 16 | 663              | 34 | -          | -  |
| 1989                     | IV  | 2                 | 45 | 24         | 19 | 65       | 21 | 957              | 26 | 48         | 26 |
|                          | V   | 5                 | 26 | 60         | 45 | 66       | 8  | 372              | 16 | 69         | 11 |
|                          | VII | 121               | 13 | 680        | 16 | 1192     | 20 | 2682             | 23 | 312        | 22 |
|                          | IX  | 11                | 12 | 10         | 12 | 263      | 8  | 847              | 16 | 70         | 9  |
| 1990                     | IV  | 86                | 19 | 64         | 14 | 1834     | 5  | 3139             | 12 | 770        | 8  |
|                          | V   | 28                | 10 | 397        | 35 | 2466     | 6  | 3067             | 21 | 1116       | 31 |
|                          | VII | 33                | 16 | 59         | 15 | 481      | 13 | 2031             | 20 | 444        | 21 |
|                          | IX  | 33                | 33 | 170        | 38 | 449      | 21 | 296              | 36 | 96         | 35 |
| Średnia z 5 lat          |     | 79                | 26 | 177        | 20 | 553      | 14 | 1623             | 23 | 361        | 18 |

(z 5 lat) liczebność bentosowych bakterii heterotroficznych wahała się w jeziorze Piaseczno od 79 tys. do 553 tys.  $g^{-1}$ , a w zbiorniku Głębokie wynosiła od 361 tys. do 1,623 mln  $g^{-1}$  (tab. 1, ryc. 1). Spośród analizowanych stref akwenu Piaseczno najwyższym poziomem omawianej grupy bakterii cechował się osad pelagialny, a najmniej tych drobnoustrojów odnotowano w litoralu. Natomiast porównując bakterie heterotroficzne badanych stref jeziora Głębokie zauważa się odmienną tendencję. Osad litoralu zawierał większą liczbę tych bakterii niż sublitoralny.

Natężenie występowania populacji bentosowych bakterii heterotroficznych podlegało w obu zbiornikach wahaniom rocznym, przy czym amplituda tych zmian była większa w jeziorze Piaseczno w porównaniu z akwenem Głębokie (ryc. 1). W jeziorze Piaseczno wahania roczne zaznaczyły się wyraźniej w litoralu i sublitoralu niż w pelagialu. Zaś w zbiorniku Głębokie litoral okazał się strefą stabilniejszą pod tym względem niż sublitoral. Maksimum rozwoju bakterii heterotroficznych w osadzie litoralu i sublitoralu akwenu Piaseczno oraz sublitoralu jeziora Głębokie wystąpiło w r. 1986, a w pelagialu zbiornika Piaseczno – w r. 1990. Litoral jeziora Głębokie



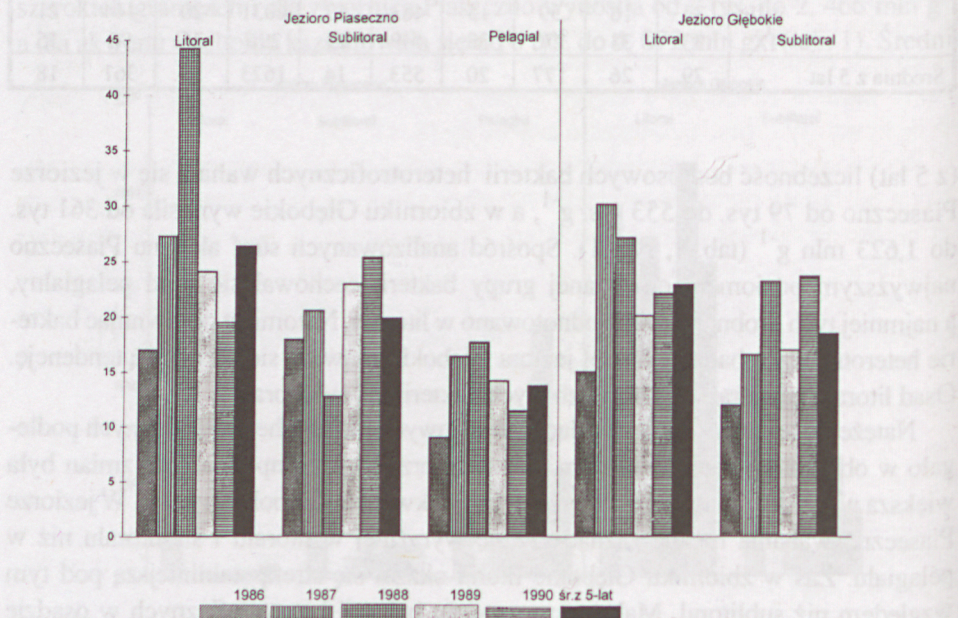
cechował się w pięcioletnim okresie zbliżonym rocznym poziomem omawianej grupy bakterii. Natomiast najmniejszą średnią roczną liczbę tych drobnoustrojów w osadzie dennym większości stref obu zbiorników odnotowano w r. 1987.

Bentosowe bakterie heterotroficzne badanych jezior podlegały również pewnym wahaniom sezonowym (tab. 1). W obu akwenach maksimum rozwoju tych bakterii stwierdzono na ogół w lipcu. Kolejny, mniejszy od poprzedniego wzrost omawianej grupy drobnoustrojów pojawił się w maju. Zaś najniższą liczbę bakterii heterotroficznych obserwowano zazwyczaj na początku jesieni.

Wśród bentosowych bakterii heterotroficznych obu zbiorników występowały bakterie barwne. W latach 1986-1990 ich procentowy udział w jeziorze Piaseczno był większy (5-64%) niż w zbiorniku Głębokie (6-41%) (tab. 1). Natomiast średni (z 5 lat) udział bakterii pigmentujących w badanych strefach obu jezior kształtował się podobnie i dla akwenu Piaseczno wynosił od 14 do 26, a dla zbiornika Głębokie mieścił się w granicach od 18 do 23% (tab. 1, ryc. 1).

W jeziorze Piaseczno bakterie te występowały najliczniej w osadzie litoralnej, następnie sublitoralnej, a najrzadziej spotykano je w pelagialu. W eutroficznym zbiorniku Głębokie osad badanych stref wykazywał się zbliżonym, procentowym udziałem bakterii barwnych.

Bentosowe bakterie pigmentujące obu zbiorników podlegały również wahaniom rocznym (ryc. 2). Nasilenie i kierunek zaistniałych zmian były jednak odmienne niż dla ogółu bakterii heterotroficznych. Wahania w tym przypadku charakteryzowała mniejsza siła, a maksima i minima rozwoju bakterii barwnych



Ryc. 2. Procentowy udział bentosowych bakterii barwnych wśród heterotrofów, średnie roczne i z 5 lat  
 Percentage proportion of benthic pigment heterotrophic bacteria among heterotrophic bacteria, mean values of a year and five years



przypadały na inne lata. W litoralu i pelagialu jeziora Piaseczno największy udział bakterii pigmentujących wśród heterotrofów odnotowano w r. 1988, zaś w sublitoralu tego jeziora – w r. 1989. W akwenu Głębokie maksimum rozwoju omawianej grupy bakterii w osadzie litoralu przypadło na r. 1987, a w sublitoralu – na r. 1990. Natomiast najmniejszy udział bentosowych bakterii pigmentujących w litoralu i pelagialu zbiornika Piaseczno stwierdzono w latach 1986 i 1990, a w sublitoralu – w r. 1988. W osadzie obu stref jeziora Głębokie minimum rozwoju bakterii barwnych obserwowano w r. 1986.

Częstotliwość występowania bakterii barwnych w stosunku do ogólnej liczby bakterii heterotroficznych wykazywała pewne powiązania z porami roku, zwłaszcza w osadzie litoralu i sublitoralu jeziora Piaseczno (tab. 1). W strefach tych więcej omawianych bakterii odnotowano zwykle wczesną i późną wiosną niż latem i wczesną jesienią. Natomiast w osadzie pelagialu zbiornika Piaseczno i analizowanych strefach jeziora Głębokie widoczne zależności między bakteriami barwnymi a porami roku nie wystąpiły (tab. 1).

#### DYSKUSJA

Z przeprowadzonych badań wynika, że liczba bentosowych bakterii heterotroficznych w jeziorze Piaseczno utrzymywała się w latach 1986-1990 na poziomie niższym niż w zbiorniku Głębokie. Obserwacje te potwierdzają wcześniejsze wyniki badań własnych (4), uzyskane dla osadów dennych litoralu tych jezior, oraz spostrzeżenia D o n d e r s k i e g o (2), odnotowane dla jezior Polski Północnej. Jak powszechnie wiadomo, najistotniejszym czynnikiem wpływającym na ilościowe rozmieszczenie bakterii heterotroficznych jest obecność martwej materii organicznej. Główną przyczyną zróżnicowanej ilości tych bakterii w analizowanych zbiornikach był więc zapewne odmienny charakter ich osadów oraz różna zawartość w nich substancji organicznej. Z badań Górniaka i in. (7) oraz Misztala i in. (10) wynika bowiem, że osady denne jeziora Piaseczno mają w strefie litoralnej charakter piasków luźnych, ubogich w materię organiczną, zaś w pozostałych strefach są to gytie wolne od węglanów, o dużych wahaniami w poziomie węgla organicznego. W przeciwieństwie do akwenu Piaseczno osady denne zbiornika Głębokie są muliste, o grubej warstwie detrytusu (13) i sklasyfikowane zostały jako gytie bogate w węglany oraz ility jeziorne, cechujące się wysokim udziałem węgla organicznego (6, 9). Przeprowadzone obserwacje zgodne są z wynikami innych autorów, wskazującymi na istotne znaczenie rodzaju osadu w częstotliwości występowania bakterii heterotroficznych, przy czym osady piaszczyste zawierały zwykle mniej tych drobnoustrojów niż muliste czy ilaste, a w szczególności czarne ility (8, 11, 12). Duże zróżnicowanie liczebności badanej grupy bakterii w osadach dennych zbiornika Piaseczno spowodowane było prawdopodobnie znacznymi wahaniami w zawartości węgla organicznego (0,52 – 33,52% suchej masy), o czym donosi Górniak i in. (7). W pelagialu jego poziom przekraczał zwykle 20% suchej



masy. Natomiast w strefie litoralnej zawartość frakcji węgla organicznego była najniższa i nie sięgała nawet 10% suchej masy (7).

Silniej zaznaczające się wahania roczne w częstotliwości występowania bentosowych bakterii heterotroficznych w litoralu i sublitoralu jeziora Piaseczno w porównaniu w pelagiale wywołane były zapewne większym oddziaływaniem na te strefy zlewni zbiornika, w tym turystyki i rekreacji oraz okresowym, dużym udziałem wśród tych drobnoustrojów bakterii allochtonicznych. Niewielkie roczne zmiany w liczebności bakterii heterotroficznych osadu zbiornika Głębokie można tłumaczyć jego znaczną homeostazą, związaną ze zrównoważoną trofią.

Bentosowe bakterie heterotroficzne obu zbiorników podlegały również wahaniom sezonowym. Obserwowane w lipcu maksimum rozwoju tych drobnoustrojów mogło być efektem dopływu do osadu większej ilości materii organicznej w wyniku obumierania fitoplanktonu po zakwitach wiosennych. Podobną zależność występowania bentosowych bakterii heterotroficznych od pór roku odnotowali Niewolak (11, 12) dla jezior Polski Północnej oraz Furczak (4) w badaniach prowadzonych na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim.

Wśród populacji bakterii heterotroficznych stwierdzono bakterie barwne. Strzelczyk i in. (15) oraz Donderski (1, 2) podają, że stanowią one z reguły ponad 50% ogółu bakterii i mniej licznie występują w osadach dennych niż w toni wodnej. Donderski (2) wykazał, że ich średni udział wśród heterotroficznych bakterii bentosowych wynosił tylko około 27%. Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach potwierdzają obserwacje poczynione przez wymienionych autorów, gdyż udział bakterii barwnych w osadach dennych obu jezior mieścił się średnio w granicach od 14 do 26%. Liczniejsze ich występowanie w osadzie litoralu i sublitoralu jeziora Piaseczno mogło być związane z mniejszą warstwą wody w tych strefach i większym przenikaniem promieniowania słonecznego. Natomiast zbliżony udział bentosowych bakterii pigmentujących w litoralu i sublitoralu obu badanych zbiorników stanowiłby dodatkowy dowód, potwierdzający wzrost zanieczyszczenia jeziora Piaseczno i postępującą jego eutrofizację.

#### WNIOSKI

1. W latach 1986-1990 mezotroficzne jezioro Piaseczno cechowało się niższą liczbą bentosowych bakterii heterotroficznych niż eutroficzny zbiornik Głębokie.
2. Najwyższy poziom bakterii heterotroficznych stwierdzono w osadzie pelagialnym jeziora Piaseczno oraz litoralnym zbiornika Głębokie.
3. Udział bentosowych bakterii barwnych wśród ogółu heterotrofów kształtował się w obu jeziorach podobnie i nie przekraczał 30%. Bakterie te występowały liczniej w strefie litoralnej badanych zbiorników.
4. Bentosowe bakterie heterotroficzne oraz bakterie barwne obu jezior podlegały wahaniom rocznym, a także zmianom sezonowym.



## PIŚMIENNICTWO

1. Donderski W.: Incidence of Physiological Types Among Bacteria Isolated from Water and Mud of the Lake Jeziorak. Zesz. Nauk UMK Toruń. Prace limnologiczne, 6, 1971.
2. Donderski W.: Tlenowe bakterie heterotroficzne jezior o różnej trofii. Toruń. UMK, Rozprawy, 1983.
3. Ferrer E. B., Stapert E. M., Sokolski W. T.: A Medium for Improved Recovery of Bacteria from Water. Can. J. Microbiol., 9, 1963.
4. Furczak J.: Tlenowe bakterie heterotroficzne litoralu dwu różniących się troficznością jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Cz. II. Bentosowe bakterie heterotroficzne. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. 43, Lublin 1988.
5. Furczak J.: Dynamika zmian ilościowych bakterii heterotroficznych w dwóch troficznie różnych jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (Polska). Studia Ośr. Dok. Fizjograf. PAN, Oddział w Krakowie, (w druku).
6. Górniak A.: Composition of the Organic Matter in Lakes Bottom Sediments. Procc. IHSS Inst. Meeting, Bari, ed. Senesi N., Miano T. M. Elsevier Publisher, Amsterdam 1993.
7. Górniak A., Misztal M.: Differentiation of the Composition of Organic Matter in Bottom Sediments of the Mesotrophic Lake Piaseczno (Łęczyńsko-Włodawskie Lake District, Poland). Acta Hydrobiol., 34, 1992.
8. Iwatin A. V.: Dynamika czislennosti bakterii w wodie i donnych otłozhenijach Kujbyszewskowo wodochraniliszcza w 1966 godu. Mikrobiologija, 3, 1969.
9. Misztal M., Górniak A., Smal H.: Dynamika stężeń składników chemicznych wód litoralu jeziora Głębokie na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawski. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. 42/43, Lublin 1987/1988.
10. Misztal M., Smal H.: Skład chemiczny wód gruntowych i wyciągów glebowych w terenach różnie użytkowanych. Roczn. Glebozn., 31, 1980.
11. Niewolak S.: Seasonal Changes of the Heterotrophic Microflora of the Iława Lakes Bottom Deposits. Pol. Arch. Hydrobiol., 3, 1968.
12. Niewolak S.: Seasonal Changes in Numbers of Some Physiological Groups of Microorganisms in Iława Lakes. Pol. Arch. Hydrobiol., 20, 1973.
13. Radwan S., Zwolski W., Kowalczyk Cz., Kowalik W., Popiołek B.: Występowanie bezkręgowców w strefie przybrzeżnej jezior Piaseczno i Głębokie o różnej trofii. Studia Ośr. Dok. Fizjograf. PAN, Oddział w Krakowie, 19, 1991.
14. Rheinheimer G.: Mikrobiologia wód. PWRiL, Warszawa 1987.
15. Strzelczyk E., Rzemieniewski F., Wierzbicki K.: Comparison of Different Media for Enumeration of Bacteria in Water. Zesz. Nauk. UMK Toruń. Prace Limnologiczne, 3, 1967.

## SUMMARY

The studies showed that in the years 1986-1990 the number of benthic heterotrophic bacteria in the mesotrophic Piaseczno lake stayed within the range from 2,000 to 2,466,000g<sup>-1</sup> and was lower than in the eutrophic lake of Głębokie (6,000 — 4,072,000g<sup>-1</sup>). Among the examined zones of both the lakes highest level of those bacteria was observed in the pelagic zone of the Piaseczno lake and in the lithoral zone of the Głębokie lake. The average (of 5 years) proportion of benthic pigment bacteria among all the heterotrophic bacteria was similar in both the lakes and in the Piaseczno lake it ranged between 14 and 26% and in the Głębokie lake from 18 to 23%. In the Piaseczno lake, benthic pigment bacteria were the most frequent in the lithoral zone, and in the Głębokie lake their proportion in most lithoral and sublithoral zones was similar. Benthic heterotrophic bacteria and pigment bacteria in both the lakes changed their number with time of the year and underwent seasonal changes.