

Jadwiga FURCZAK

**Tlenowe bakterie heterotroficzne litoralu dwu różniących się troficznością jezior
Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Cz. I. Planktonowe bakterie heterotroficzne**

Кислородные гетеротрофические бактерии литорали двух отличающихся трофичностью озер Ленчинско-Влодавского озерного края. Ч. I. Планктонные гетеротрофические бактерии

Heterotrophic Aerobic Bacteria of the Lithoral of Two Trophically Different Lakes of the
Łęczyńsko-Włodawskie Lake District. Part I. Heterotrophic Planktonic Bacteria

W ekologii zbiorników wodnych jednym z najważniejszych problemów jest wyjaśnienie zależności między substancją organiczną występującą w tym środowisku a organizmami, które je produkują, przekształcają i wykorzystują (6). Bakterioplankton jest jednym z funkcjonalnych komponentów planktonu zbiorników wodnych (25), a bakterie heterotroficzne są niewątpliwie najważniejszym ogniwem w transformacji, mineralizacji i pobieraniu materii organicznej (6). W zbiornikach wodnych mineralizują one ponad połowę substancji organicznej (cyt. za 7). Pokarmem dla bakterii heterotroficznych w zbiornikach wodnych obok substancji allochtonicznych wprowadzanych przez wody opadowe i dopływy (1) są przede wszystkim glony i rośliny wyższe, których wydaliny i obumarłe ciała stanowią główne źródło energii i budulca (14, 17). Ilość i jakość materii organicznej, stanowi zdaniem wielu badaczy podstawowy czynnik regulujący liczebność, skład i rozmieszczenie bakterii heterotroficznych w zbiornikach wodnych. Natomiast ogólna liczebność tych mikroorganizmów oraz ich fizjologiczna aktywność mogą służyć zdaniem Korzeniowskiego i in. (13) jako ilościowy wskaźnik nasilenia rozkładu materii organicznej w wodach oraz osadach dennych zbiorników wodnych.

Literatura dotycząca bakterii heterotroficznych oraz ich grup fizjologicznych (szczególnie związanych z krążeniem azotu) w zbiornikach wodnych Polski Północnej jest dość liczna (3–9, 12–13, 18–21, 26). Znacznie mniej uwagi w dotychczasowych badaniach poświęcono bakteriom uczestniczącym w przemianach wielkocząsteczkowych połączeń węglowych. Dlatego też uznano za

celowe podjęcie badań nad występowaniem bakterii heterotroficznych, a wśród nich amylopolitycznych i celulozylitycznych w nie analizowanych pod tym kątem jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Zwrócono ponadto uwagę na zależność rozwoju w/w grup bakterii od sposobu użytkowania poszczególnych sektorów zlewni badanych jezior.

METODY I TEREN

Badaniami objęto dwa jeziora wchodzące w skład Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, mezotroficzne jezioro Piaseczno (2) i eutroficzne jezioro Głębokie (11).

Jezioro Piaseczno posiada powierzchnię 84,7 ha i głębokość maksymalną 38,8 m. Brzegi jeziora na styku z wodą są w większości pokryte piaszczystą plażą, jedynie na brzegu północno-zachodnim rozciągają się łąki z rozwiniętą silnie trzciną w strefie przybrzeżnej. Pobrzeże południowo-zachodnie jeziora porasta las mieszany, stanowiący w okresie letnim miejsce rekreacji i wypoczynku. Natomiast wschodni obszar zlewni stanowią głównie pola uprawne (23).

Zlewnia jeziora Piaseczno jest płaska, niewielka (240 ha) i występują w niej przede wszystkim gleby lekkie, bielcowe wytworzone z piasków. Charakteryzują się one niewielką żyznością i słabymi właściwościami sorpcyjnymi. Jedynie od strony północnej przylegają do jeziora gleby torfowe — powstające z torfowiska niskiego, które stanowią bardzo żyzne środowisko w stosunku do gleb piaszczystych (15, 16).

Jezioro Głębokie jest zbiornikiem o powierzchni 20,5 ha i głębokości 7,1 m. Otacza go wąski pierścień łąk, nie przekraczający 100 m szerokości, który oddziela jezioro od pól uprawnych i wsi znajdującej się na terenie zlewni. Jezioro nie ma dopływu ani odpływu, a jego zlewnia zajmuje powierzchnię 75 ha (27). Zlewnię tego zbiornika zalega kompleks gleb pobagiennych, głównie czarnych ziem wytworzonych z luźnych lub słabogliniastych piasków. W małych fragmentach przybrzeżnych występują gleby murszowe. Ten typ gleb wykazuje naturalną, znaczną żyzność i stwarza eutroficzne środowisko wokół jeziora (16).

Biorąc pod uwagę sposób gospodarczego wykorzystania zlewni badanych jezior wydzielono z nich różnie użytkowane zlewnie cząstkowe, tzw. sektory. Dokładną charakterystykę sektorów zlewni obu jezior zamieszcza Misztal i in. (16). Wydzielenie sektorów miało na celu umożliwienie śledzenia wpływu ich użytkowania na tempo i kierunek procesów zachodzących w litoralu zbiorników, tj. w strefie, w której to oddziaływanie zaznacza się najwyraźniej. W litoralu jeziora Piaseczno stanowiska badawcze zostały umiejscowione w trzech sektorach — rolniczym, leśno-rekreacyjnym i torfowym, natomiast w litoralu jeziora Głębokie zlokalizowano jedno stanowisko badawcze — podporządkowane sektorowi rolniczemu.

W wodzie litoralu w/w sektorów obu jezior określano w latach 1984–1985 (od kwietnia do października) ogólną liczebność tlenowych bakterii heterotroficznych, amylopolitycznych i celulozylitycznych. Próbkę wody do analiz pobierano do sterylnych butelek z warstwy leżącej ok. 30 cm od powierzchni. Liczebność bakterii heterotroficznych oraz amylopolitycznych w wodzie określano metodą wysiewu powierzchniowego. Do hodowli bakterii heterotroficznych użyto pożywkę żelazowo-peptonową Ferrera i in. (10), a inkubację prowadzono w temperaturze 20°C przez 10 dni. Bakterie amylopolityczne hodowano na pożywce podanej przez Donderskiego (7) w temperaturze 20°C przez okres 3 dni. Właściwości amylopolityczne bakterii wykrywano na podstawie stref przejaśnienia wokół kolonii po zalaniu pożywki płynem Lugola. Ilość bakterii celulozylitycznych oznaczano za pomocą miana. Do hodowli tych bakterii zastosowano płynną pożywkę Winogradskiego (24) zawierającą bibułę firmy Whatmana. Po 3-tygodniowej inkubacji w temperaturze 20°C odczytywano najbardziej prawdopodobną liczbę bakterii posługując się tablicami Mc Cradyego

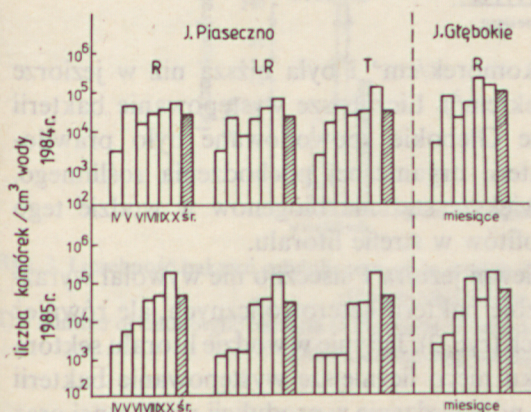
(24). Wszystkie analizy mikrobiologiczne wykonywano w 3–5 powtórzeniach, a przedstawione wyniki stanowią średnią z tych powtórzeń.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ogólną liczbę bakterii heterotroficznych w wodzie litoralu jeziora Piaseczno i Głębokie przedstawia ryc. 1. Zamieszczone w niej dane wskazują, że liczebność tych organizmów w jeziorze Piaseczno wahała się w badanym, 2-letnim okresie w granicach od 10^3 – $2,7 \times 10^5$ komórek/cm³ wody i była tylko nieco niższa niż w jeziorze Głębokie (4×10^3 – 3×10^5 komórek/cm³ wody). Obserwowana liczebność bakterii heterotroficznych w wodzie obu jezior kształtowała się na niższym poziomie niż podaje Chróst i in. (3) dla wody litoralu jeziora Mikołajskie. Jednakże na wyższym w porównaniu z danymi uzyskanymi przez Donderskiego (7) dla warstwy kompensacyjnej jezior Pojezierza ławskiego.

Godlewska-Lipowa (12), na podstawie ogólnej liczby bakterii, uszeregowała jeziora w gradient troficzny. Zgodnie z tą klasyfikacją zbiorniki zawierające poniżej 1 mln komórek/cm³ wody należą do oligotroficznych. Ponieważ w/w autorka zastosowała w badaniach metodę bezpośredniego liczenia na filtrach membranowych wszystkich komórek bakteryjnych, stąd też trudno jest porównywać te wyniki z naszymi, uzyskanymi metodą hodowlaną. Nieco liczniejsze występowanie bakterii heterotroficznych w wodzie jeziora Głębokie związane było zapewne z większą zawartością substancji pokarmowej oraz wyższym odczynem wody, na co wskazują badania Misztala i in. (16). Potter (22) donosi, że odczyn wody może wpływać nie tylko na skład mikroflory, ale i na jej liczebność.

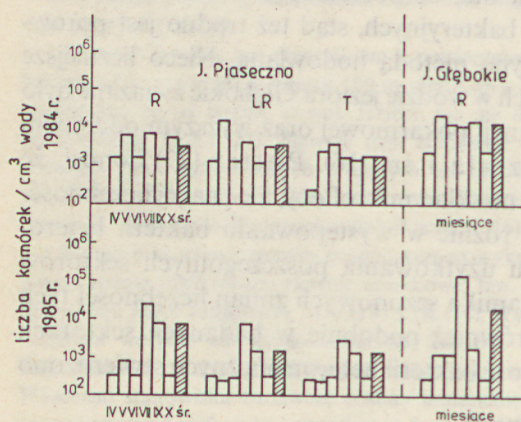
Dwuletnie badania nie wykazały różnic w występowaniu bakterii heterotroficznych w zależności od sposobu użytkowania poszczególnych sektorów zlewni jeziora Piaseczno (ryc. 1). Dynamika sezonowych zmian liczebności tych mikroorganizmów kształtowała się również podobnie w badanych sektorach obu jezior (ryc. 1). Największą liczebność bakterii heterotroficznych stwierdzono



Ryc. 1. Liczebność bakterii heterotroficznych w wodzie jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego; R — sektor rolniczy, LR — sektor leśno-rekreacyjny, T — sektor torfowy, śr — średnio w sektorze. The number of heterotrophic bacteria in the water of the lakes belonging to the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District; R — agricultural sector, LR — forest-recreational sector, T — peaty sector, śr — medium in sector

latem i jesienią, a najmniejszą — wiosną. Obserwowane minima wiosenne są w sprzeczności z danymi uzyskanymi przez Donderskiego i in. (7, 9) oraz Niewolaka (19, 20), którzy w wodzie niektórych jezior Polski Północnej stwierdzili w okresie tym intensywny rozwój bakterii heterotroficznych. Liczniejsze występowanie tej grupy bakterii latem i jesienią znajduje jednak potwierdzenie w wynikach Donderskiego (5), który w wodzie jeziora Gopło wykazał największą liczebność bakterii heterotroficznych latem, a w jeziorze Jasne — jesienią. O liczniejszym występowaniu tych mikroorganizmów w okresie lata donosi także Niewolak (18) oraz Donderski (4, 7). Wzrost liczebności bakterii heterotroficznych w wodzie litoralu jeziora Piaseczno i Głębokie latem i jesienią mógł mieć związek ze wzbogaceniem tej strefy w autochtoniczną substancję pokarmową pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Sugerowałoby to większy jej udział w rozwoju omawianej grupy bakterii niż allochtonicznej substancji pokarmowej wprowadzanej wiosną z wodami opadowymi oraz pochodzącej z wiosennych roztopów.

W wodzie litoralu obu badanych jezior stwierdzono obecność bakterii amylolitycznych (ryc. 2). Ich liczebność w jeziorze Piaseczno wahała się



Ryc. 2. Liczebność bakterii amylolitycznych w wodzie jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Objasnienia jak na ryc. 1

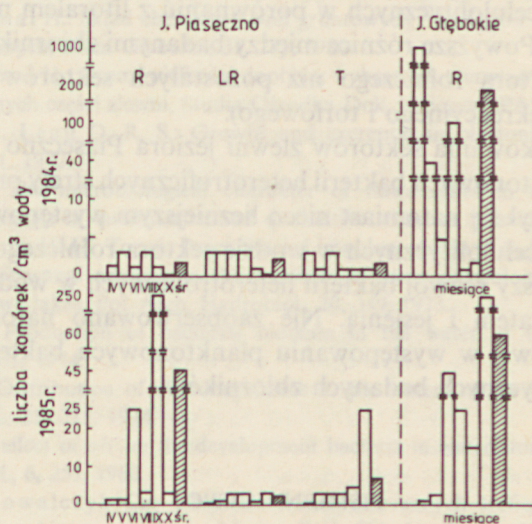
The number of amylolytic bacteria in the water of the lakes belonging to the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District. Explanations see fig. 1

w granicach od 4×10^2 – 4×10^4 komórek/cm³ i była niższa niż w jeziorze Głębokie (5×10^2 – 2×10^5 komórek/cm³). Liczniejsze występowanie bakterii hydrolizujących skrobię w jeziorze Głębokie spowodowane było prawdopodobnie większą zawartością materii organicznej pochodzenia roślinnego, czego pośrednim dowodem było większe stężenie biogenów w wodzie tego zbiornika (16) oraz obecność makrofytów w strefie litoralu.

Sposób użytkowania sektorów zlewni jeziora Piaseczno nie wywołał wyraźnych zmian nie tylko w ogólnej liczbie bakterii heterotroficznych, ale również w liczebności bakterii amylolitycznych (ryc. 2). Jedynie w wodzie litoralu sektora rolniczego odnotowano w 1985 roku nieco liczniejsze występowanie bakterii należących do tej grupy. Znajduje to potwierdzenie w produkcji pierwotnej oraz

sumarycznej ilości C zasymilowanego przez zbiorowiska glonów w planktonie tego zbiornika (28). Oba w/w wskaźniki były najwyższe w sektorze rolniczym. W badanych latach średni, procentowy udział bakterii hydrolizujących skrobię wśród ogólnej liczby planktonowych bakterii heterotroficznych kształtował się w jeziorze Piaseczno od około 5–14%, natomiast w jeziorze Głębokie wynosił około 20%. Dane te mieszczą się w dolnych granicach zakresów wartości podawanych przez innych autorów (4, 7–9, 26) dla wód jezior Pojezierza Mazurskiego oraz Pomorza Zachodniego. Przeprowadzone badania nie wykazały wyraźnej regularności występowania bakterii amylolitycznych w zależności od pory roku. Na ogół jednak większe ilości tych mikroorganizmów obserwowano w obu zbiornikach latem.

Bakteriom celulolitycznym ekosystemów wodnych poświęcono dotychczas niewiele uwagi. Z dostępnych informacji na ten temat, dotyczących jezior Polski Północnej wynika, że występują one w wodzie nielicznie lub też nie spotyka się ich wcale w tym środowisku (7, 8). W wodzie badanych jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego liczebność bakterii celulolitycznych była również niewielka, wielokrotnie mniejsza niż bakterii amylolitycznych, przy czym eutroficzne jezioro Głębokie zawierało więcej tych mikroorganizmów w porównaniu z mezotroficznym jeziorem Piaseczno (ryc. 3). Procentowy udział tej grupy bakterii wśród ogółu bakterii heterotroficznych osiągnął okresowo w jeziorze Głębokie około 16%, natomiast w jeziorze Piaseczno nie przekroczył nigdy 1%.



Ryc. 3. Liczebność bakterii celulolitycznych w wodzie jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Objasnienia jak na ryc. 1

The number of cellulolytic bacteria in the water of the lakes belonging to the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District. Explanations see fig. 1

Przyczyną liczniejszego występowania w jeziorze Głębokie bakterii hydrolizujących celulozę mogła być większa zawartość w nim materii organicznej pochodzenia roślinnego.

Analogicznie jak w przypadku bakterii amylolitycznych sektor rolniczy jeziora Piaseczno zawierał w 1985 roku większą liczbę bakterii celulolitycznych niż pozostałe sektory. Fakt ten mógł być związany z silniejszym rozwojem glonów planktonowych, które jak wiadomo zawierają w swoim ciele substrat pokarmowy dla tych bakterii. Wskazywałyby na to wyższy poziom w sektorze rolniczym niż w dwu pozostałych produkcji pierwotnej oraz sumarycznej ilości węgla zasymilowanego przez zbiorowiska glonów w planktonie (28). W wodzie litoralnej obu jezior nie zaobserwowano wyraźnej regularności rozwoju bakterii błonnikowych w zależności od sezonu (ryc. 3). Spowodowane było to zapewne między innymi niewielką częstotliwością występowania bakterii tej grupy, oscylującą, szczególnie w przypadku jeziora Piaseczno na granicy wykrywalności metody.

WNIOSKI

1. W latach 1984–1985 w litoralu eutroficznego jeziora Głębokie stwierdzono większą ogólną liczebność planktonowych bakterii heterotroficznych, amylolitycznych i celulolitycznych w porównaniu z litoralem mezotroficznego jeziora Piaseczno. Powyższe różnice między badanymi zbiornikami zaznaczyły się słabiej dla sektora rolniczego niż pozostałych sektorów zlewni jeziora Piaseczno (leśno-rekreacyjnego i torfowego).

2. Sposób użytkowania sektorów zlewni jeziora Piaseczno nie wpłynął na ogólną liczbę planktonowych bakterii heterotroficznych strefy przybrzeżnej tego zbiornika. Zaznaczył się natomiast nieco liczniejszym występowaniem bakterii amylolitycznych i celulolitycznych w wodzie sektora rolniczego.

3. Intensywniejszy rozwój bakterii heterotroficznych w wodzie litoralnej obu jezior wykazano latem i jesienią. Nie zaobserwowano natomiast wyraźnej zmienności sezonowej w występowaniu planktonowych bakterii amylolitycznych oraz celulolitycznych badanych zbiorników.

PIŚMIENNICTWO

1. Adijatowa Z. F.: Skorość rozmnożenia bakterii i produkcja bakteryjnej biomasy w Aralskim morze, Trudy Inst. Mikrobiol. i Wirusolog. Akad. Nauk. Kaz. SSR, 13, 104, 1969.
2. Brzęk G., Kowalczyk C., Lecewicz W., Radwan S., Wojciechowski I.: Influence of abiotic environmental factors on plankton in lakes of different trophic, Pol. Arch. Hydrobiol., 22, 123, 1975.
3. Chróst R. J., Sikorska U.: The effect of pollution on photosynthetic activity of algae and physiological activity of bacteria in lake, Pol. Arch. Hydrobiol., 23, 357, 1976.

4. Donderski W.: Incidence of physiological types among bacteria isolated from water and mud of the Lake Jeziorak, Zesz. Nauk. UMK Toruń, Prace Stacji Limnolog. w Iławie **6**, 15, 1971.
5. Donderski W.: The intensity of multiplication of bacteria and biomass production in the water of two lakes, Acta UNC, Nauki Mat.-Przyrod., Prace Limnolog., **10**, 3, 1977.
6. Donderski W.: Effect of organic compounds on development of bacteria in water of three lakes of different trophy, Acta UNC, Nauki Mat.-Przyrod., Prace Limnolog., **13**, 27, 1982.
7. Donderski W.: Tlenowe bakterie heterotroficzne jezior o różnej trofii, UMK, Rozprawy, Toruń, 1983.
8. Donderski W., Bylińska T., Czajkowski H., Gardocka B., Kowalkowska D., Myzyk G., Poziemska E.: Initial studies on heterotrophic bacteria capable of decomposition of some macro-molecular compounds in waters and bottom sediments of six lakes in Iława Lake District, Acta UNC, Nauki Mat.-Przyrod., Prace Limnolog., **14**, 75, 1984.
9. Donderski W., Strzelczyk E.: Bacteriological studies of the mesotrophic Lake Jasne, Acta UNC, Nauki Mat.-Przyrod., Prace Limnolog., **10**, 15, 1977.
10. Ferrer E. B., Stapert E. M., Sokolski W. T.: A medium for improved recovery of bacteria from water, Can. J. Microbiol., **9**, 420, 1963.
11. Fijałkowski D.: Szata roślinna jezior Łęczyńsko-Włodawskich i przylegających do nich torfowisk, Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XIV, 131, 1959.
12. Godlewska-Lipowa W. A.: Bacteria as indicators of the degree of eutrophication and degradation of lakes, Pol. Arch. Hydrobiol., **23**, 341, 1976.
13. Korzeniowski K., Korzeniowska J.: Changes in the composition and physiological properties of the bacterial flora of water and bottom sediments in Lake Łętowo caused by intensive trout culture, Polish Arch. Hydrobiol., **29**, 671, 1982.
14. Mc Feters G. A., Stuart S. A., Olson S. B.: Growth of heterotrophic bacteria and algal extracellular products in oligotrophic waters, Appl. Environ. Microbiol., **35**, 383, 1978.
15. Misztal M., Smal H.: Skład chemiczny wód gruntowych i wyciągów glebowych w terenach różnie użytkowanych, Roczn. Glebozn., **31**, 271, 1980.
16. Misztal M., Smal H.: Ocena wielkości dopływu wybranych pierwiastków do jezior z różnie zagospodarowanych części zlewni, Studia Ośrodka Dok. Fizjograf. PAN, 1990 (w druku).
17. Nalewajko C., Lean D. R. S.: Growth and excretion in planktonic algae and bacteria, J. Phycol., **8**, 361, 1972.
18. Niewolak S.: The microbiological character of Iława lakes in the years 1960–1963. II. Seasonal changes in quantitative and qualitative structure of microflora in Iława lakes waters, Zesz. Nauk. UMK Toruń, Prace Stacji Limnolog. w Iławie, **2**, 55, 1966.
19. Niewolak S.: Seasonal changes in the numbers of some physiological groups of microorganisms in Iława lakes, Pol. Arch. Hydrobiol., **20**, 349, 1973.
20. Niewolak S.: Production of bacterial biomass in the water of the Iława lakes, Acta Hydrobiol., **1**, 101, 1974.
21. Niewolak S.: Distribution of microorganisms in the waters of the Kortowskie lake, Pol. Arch. Hydrobiol., **21**, 315, 1974.
22. Potter L.: The effect of pH on the development bacteria in water stored in glass containers, Can. J. Microbiol., **6**, 257, 1960.
23. Radwan S., Kowalczyk Cz.: Chemizm trzech odmiennych troficznie jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, XXXIV, 9, 1979.
24. Rodina A.: Mikrobiologiczne metody badania wód, PWRiL, Warszawa 1968.
25. Spodniewska I.: Plankton, w „Ekologii wód śródlądowych”, praca zbiorowa pod red. Tarwida K., PWN, Warszawa 1988.
26. Strzelczyk E., Donderski W., Stapińska M.: Studies on physiological properties of heterotrophic bacteria isolated from water and mud of three lakes, Acta UNC, Prace Limnolog., **9**, 27, 1976.

27. Wilgat T.: Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie, Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, VII, 37, 1953.
28. Wojciechowski I., Czernaś K., Krupa D., Galka J.: Aktywność zbiorowisk glonów w przybrzeżnej strefie Jeziora Piaseczno jako wyraz hamowania dopływu substancji pokarmowych z ładu do jeziora, Studia Ośrodka Dok. Fizjograf. PAN, 1990 (w druku).

РЕЗЮМЕ

В годы 1984–1985 исследовано общую численность гетеротрофических амилолитических и целлюлолитических бактерий в водах мезотрофического литорала озера Пясечно и эвтрофного озера Глембоке — входящих в состав Ленчинско-Влодавского озерного края. В этих исследованиях обращено внимание на зависимость появления этих групп бактерий от способа хозяйственной эксплуатации секторов водосборных площадей обоих озер, а также динамику сезонных изменений исследуемых микроорганизмов.

Доказано, что озеро Пясечно характеризовалось меньшей общей численностью гетеротрофических, амилолитических и целлюлолитических бактерий, чем озеро Глембоке. Способ эксплуатации секторов водосборных площадей озера Пясечно не повлиял на развитие гетеротрофических бактерий, обозначился однако незначительно высшим количеством амилолитических и целлюлолитических бактерий в сельскохозяйственном секторе этого озера. Максимальное количество гетеротрофических бактерий в водах литорала обоих озер замечено летом и осенью. Не обнаружено однако явной регулярности присутствия планктонных амилолитических и целлюлолитических бактерий в зависимости от времени года.

SUMMARY

Between 1984 and 1985 the studies were carried out on the general number of heterotrophic bacteria, both amyolytic and cellulolytic in the water of the mezotrophic lithoral of the Piaseczno lake and the eutrophic Głębokie lake, parts of the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District. These studies drew attention to the dependence between the occurrence of the above groups of bacteria and the way of economic utilization of the sectors of the basins of both lakes and the dynamics of seasonal changes in the examined microorganisms.

It was shown that the Piaseczno lake was characterized by a smaller total number of heterotrophic bacteria, both amyolytic and cellulolytic, than the Głębokie lake. The way of utilizing the sectors of the basin of the Piaseczno lake had no influence on the growth of heterotrophic bacteria, although one could observe a little more numerous occurrence of amyolytic and celulolytic bacteria in the agricultural sector of this lake. The maximum number of heterotrophic bacteria in the water of the lithoral of both lakes was observed in summer and in autumn. However, no clear regularity was observed as regards the occurrence of planktonic amyolytic and celulolytic bacteria depending on the season.