

Władysława WOJCIECHOWSKA,
Danuta KRUPA

**Dwuletnie zmiany biomasy grup taksonomicznych fitoplanktonu
w a-mezotroficznym jeziorze**

Двухлетние изменения биомассы таксономических групп фитопланктона
в а-мезотрофном озере

Two Years' Changes in Biomass of Taxonomic Groups of Phytoplankton
in a-mesotrophic Lake

WSTĘP

Badania prowadzono w a-mezotroficznym jeziorze Piaseczno (na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim). Powierzchnia jeziora równa się 85 ha, a maksymalna głębokość 38,8 m. Jest ono holomiktyczne z wyraźną stratyfikacją termiczną. W okresie stagnacji letniej epilimnion ma miąższość 7 m, metalimnion sięga do głębokości 12 m. Oprócz badań fitoplanktonu mierzono w okresie stagnacji letniej koncentrację tlenu w przydennej warstwie wody. Nasylenie tlenem w tej warstwie wynosi zawsze $>20\%$, co pozwala sądzić, że w wyższych warstwach hypolimnionu jest ono jeszcze większe.

Ze względu na „czystość” wody i równoczesną intensyfikację turystycznego zagospodarowania zlewni i jeziora, Piaseczno jest stałym obiektem badań. Wcześniej wykazano (18, 20), że jakościowe i ilościowe zmiany fitoplanktonu wskazują na powolne, lecz zauważalne tempo procesu eutrofizacji. Jednym z wielu czynników potwierdzających a-mezotroficzny charakter jeziora jest charakterystyczna sezonowość występowania poszczególnych grup taksonomicznych glonów (3, 8, 10) oraz znaczny udział w fitoplanktonie form nannoplanktonowych (4, 11, 19).

W badaniach zwrócono uwagę na dynamikę biomasy poszczególnych

grup taksonomicznych oraz na udział w tej biomasy form nannoplanktonowych. Za gatunki nannoplanktonowe uważa się osobniki o wymiarach $<60 \mu\text{m}$ (14). Wartości ogólnej biomasy porównano z wcześniej opublikowanymi wynikami badań z lat 1971—1972 i 1975—1976 (20).

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w pelagialu, blisko punktu maksymalnej głębokości, w okresie od kwietnia do października 1978 i 1979 r. Odstęp między kolejnymi terminami badań nie przekraczały miesiąca, a niekiedy były krótsze. Badania fitoplanktonu ograniczono do warstwy eufotycznej. Miąższość tej warstwy w obu latach badań wynosiła średnio ok. 12 m, co odpowiada granicy między meta- i hypolimnionem.

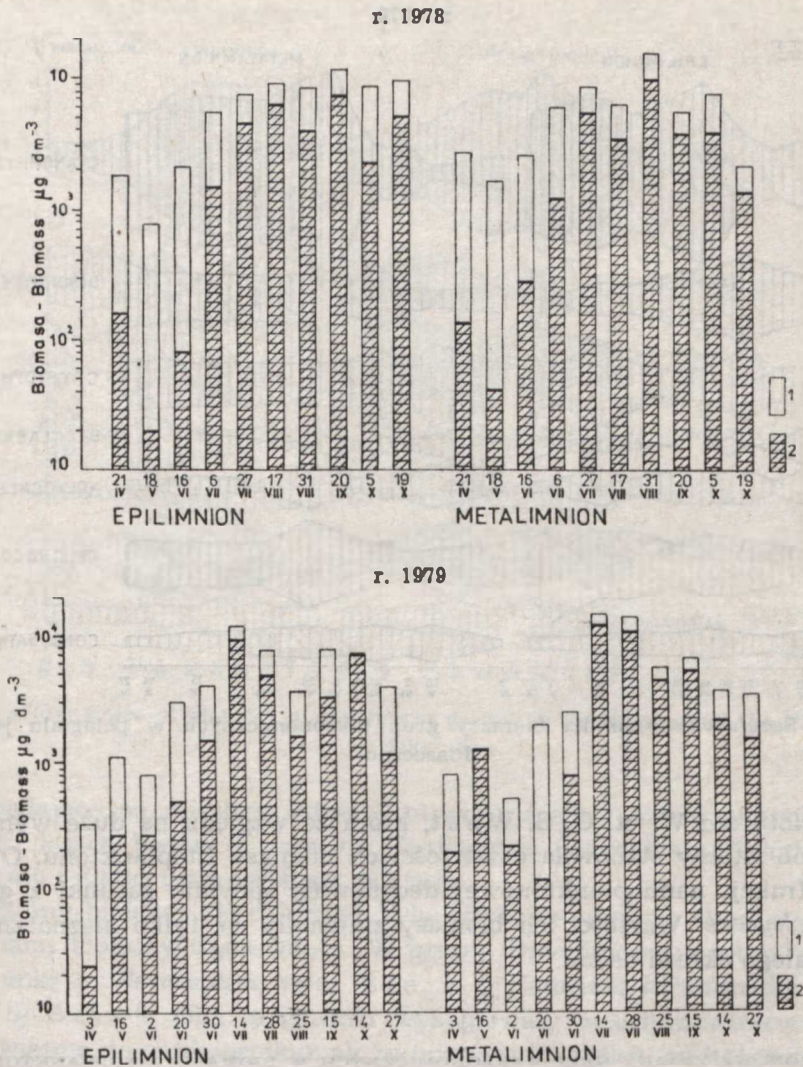
Próby planktonu pobierano czerpaczem Bernatowicza z kolejnych warstw wody co 1 m i zlewano w 2 próby łączne — oddzielnie dla epi- i metalimnionu. Z każdej próby łącznej pobierano reprezentatywną próbę o objętości $0,25 \text{ dm}^3$, utrwalano płynem Lugola, a następnie konserwowano mieszaniną gliceryny z formaliną. Liczebność fitoplanktonu określano przy użyciu mikroskopu odwróconego metodą Utermöhl'a (17). Liczono komórki lub kolonie poszczególnych gatunków, zależnie od formy występowania w jeziorze. W celu obliczenia biomasy w każdej dacie i w każdej warstwie termicznej mierzono co najmniej 10 okazów, a następnie obliczano objętość każdego gatunku, porównując kształty osobników z odpowiednimi bryłami geometrycznymi. Znając liczebność i objętość gatunków, obliczano biomasy przy założeniu, że ciężar właściwy glonów planktonowych wynosi $1,0$ (2). Biomasy przeliczano na jednostkę objętości wody (dm^3). Dynamikę grup taksonomicznych prześledzono na podstawie zmian ich biomasy i przedstawiono za pomocą krzywych kulistych Lohmanna (16).

WYNIKI

1. ZMIANY OGÓLNEJ BIOMASY FITOPLANKTONU I UDZIAŁ PROCENTOWY NANNOPLANKTONU W KOLEJNYCH LATACH

Zmiany ogólnej biomasy fitoplanktonu w kolejnych terminach i latach badań przedstawiono na ryc. 1. W obu latach badań najniższe wartości biomasy były w miesiącach wiosennych (od kwietnia do ok. 20 czerwca), a najwyższe latem (koniec czerwca, lipiec, sierpień). Średnie arytmetyczne wartości biomasy nie różniły się istotnie między warstwami termicznymi ani między kolejnymi latami. W r. 1978 w epilimnionie średnia arytmetyczna wartość biomasy wynosiła $4,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w r. 1979 — $6,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Podobnie było w metalimnionie, gdzie wartości te wynosiły odpowiednio $4,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $5,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

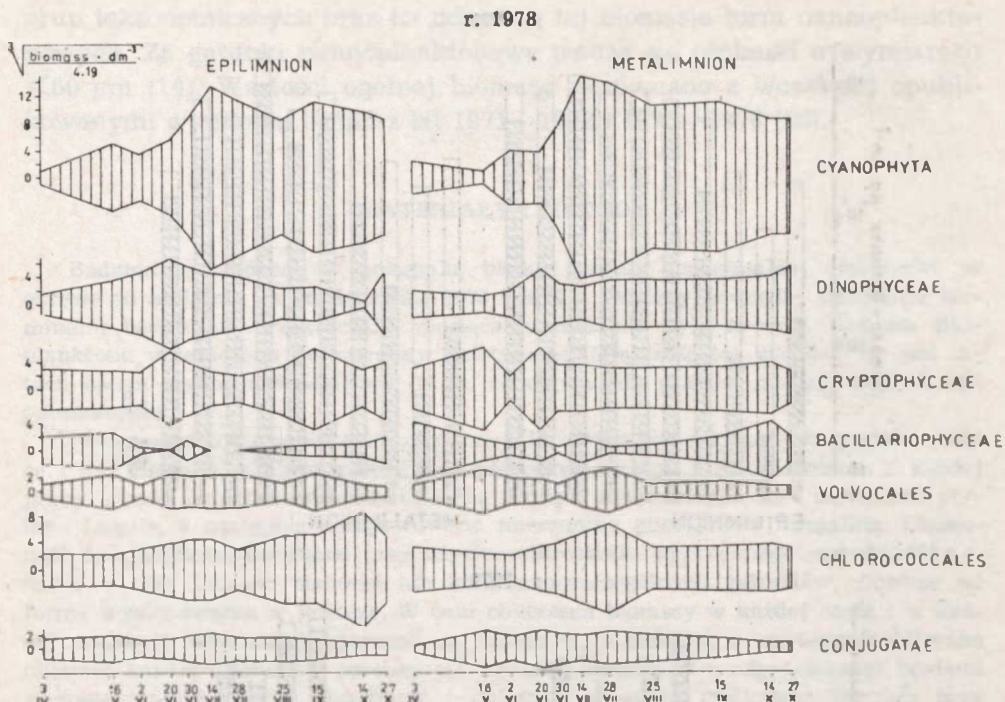
Dla każdego terminu badań oznaczono udział procentowy frakcji mikro- i nannoplanktonowej, odniesiony do bezwzględnej wysokości „słupka” w danym terminie (=100%). Udział procentowy nannoplanktonu w



Ryc. 1. Zmiany ogólnej biomasy fitoplanktonu z uwzględnieniem udziału procentowego frakcji nannoplanktonowej (1) i mikroplanktonowej (2) w pelagialu jeziora Piaseczno

Changes in total biomass of phytoplankton with regard to per cent share of nannoplankton fraction (1) and microplankton fraction (2) in the pelagial of the Piaseczno lake

biomasie w obu latach badań był niewielki, a tylko wiosną (kwiecień—maj) wynosił 30—70% w r. 1978 i 50—80% w r. 1979. Od lipca do października obu lat nannoplankton stanowił w obu warstwach termicznych <10% ogólnej biomasy fitoplanktonu. Przyczyną tego było długie utrzymywanie się w planktonie dużych mikroplanktonowych kolonii sinicy *Aphano-*



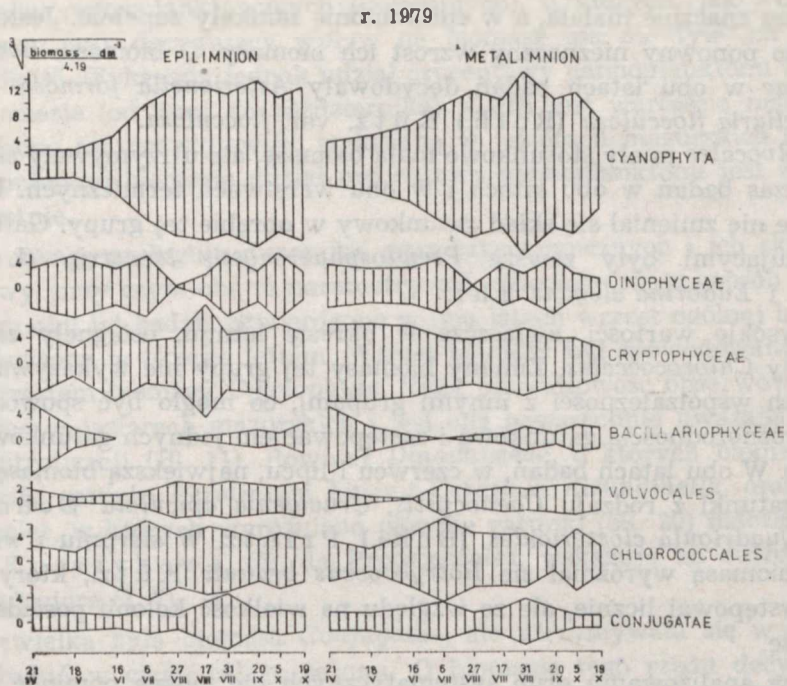
Ryc. 2. Sezonowa dynamika biomasy grup taksonomicznych w pelagialu jeziora Piaseczno

these clathrata W. et. G. S. West, która ze względu na duże wymiary w sposób istotny stanowiła o wartościach biomasy fitoplanktonu. O biomase frakcji nannoplanktonowej decydowały głównie gatunki z grupy *Cryptophyceae*. Wartości ich biomasy zmieniały się tylko nieznacznie w ciągu całego okresu badań.

2. SEZONOWE ZMIANY GRUP TAKSONOMICZNYCH W BIOMASIE FITOPLANKTONU

Sezonową dynamikę grup taksonomicznych w 2-letnim okresie badań przedstawiono na ryc. 2. W obu latach badań wyróżniono 11 grup taksonomicznych. Przy analizowaniu zmian biomasy pominięto *Euglenophyta*, *Chrysophyceae*, *Xanthophyceae* i *Ulotrichales*, ponieważ występowały sporadycznie, a ich biomasa miała bardzo niskie wartości. Pozostałe grupy charakteryzowały się dużą frekwencją w całym okresie badań. Na rycinach uszeregowano je według systemu przyjętego we Florze słodkowodnej Polski (15).

Największą biomasę w obu latach badań i w obu warstwach termicznych miały *Cyanophyta*. Wykazywały one wyraźne sezonowe maksima,



Seasonal dynamics of biomass of taxonomic groups in the pelagial of the Piaseczno lake

przypadające na miesiące letnie i utrzymujące się aż do października. W obu latach badań o biomasy *Cyanophyta* decydowały *Aphanothece clathrata* i *Radiocystis geminata* Sk u j a.

Zmiany biomasy *Dinophyceae* były wyraźnie ujemnie skorelowane ze zmianami biomasy *Cyanophyta*. W grupie *Dinophyceae* wystąpiły tylko 2 gatunki — *Peridinium bipes* Stein i *Ceratium hirundinella* (O. F. Müll.) Bergh. Oba te gatunki występowały w całym okresie badań (od kwietnia do października), ale w miesiącach letnich, od końca czerwca do sierpnia włącznie, w większych ilościach występowało *Ceratium hirundinella*.

Trudno jest scharakteryzować dynamikę biomasy grupy *Cryptophyceae*, która utrzymywała się w cyklu całorocznym na poziomie prawie wyrównanym. Najbardziej niezróżnicowaną biomasę miała ta grupa w metalimnionie w obu latach badań. Zmiany biomasy *Cryptophyceae* w obu warstwach termicznych były na ogół odwrotnie skorelowane ze zmianami biomasy *Cyanophyta*.

Grupą o najmniejszej frekwencji i stosunkowo małej biomasy były *Bacillariophyceae*. Wykazywały one wyraźną zależność zmian biomasy od pory roku. Najwyższą biomasę osiągały wczesną wiosną, latem ich

biomasa znacznie malała, a w epilimnionie zanikały zupełnie. Jesienią notowano ponowny nieznaczny wzrost ich biomasy. O biomacie *Bacillariophyceae* w obu latach badań decydowały *Asterionella formosa* Hass. i *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz. var. *flocculosa*.

Volvocales miały stosunkowo małą biomase, ale utrzymywały się przez cały czas badań w obu latach i w obu warstwach termicznych. Równocześnie nie zmieniał się skład gatunkowy w obrębie tej grupy. Gatunkami dominującymi były zawsze *Pseudosphaerocystis lacustris* (Lemm.) Nov. i *Eudorina elegans* Ehr.

Wysokie wartości, zwłaszcza w okresie letnim, osiągnęły zielenice z grupy *Chlorococcales*. Zmiany biomasy tej grupy nie wykazywały wyraźnych współzależności z innymi grupami, co mogło być spowodowane dużą różnorodnością gatunkową i zastępowaniem jednych gatunków przez drugie. W obu latach badań, w czerwcu i lipcu, największą biomase osiągnęły gatunki z rodzaju *Coenocystis*, *Crucigenia apiculata* Schmidle oraz *Quadrigula closterioides* (Bohl.) Printz. W sierpniu i wrześniu dużą biomase wyróżniał się *Botryococcus braunii* Kütz., który nigdy nie występował licznie, ale ze względu na wielkość kolonii posiadał dużą biomase.

Przy analizowaniu grup systematycznych nie można pominąć *Conjugatae*, których biomasa wprawdzie nie była wysoka, ale charakteryzowały się dużą różnorodnością gatunkową w obrębie rodziny *Desmidiaceae*. W analizach ilościowych wyróżniono ok. 20 gatunków z tej rodziny.

DYSKUSJA

Fitoplankton jest jednym z czynników odzwierciedlających zmiany zachodzące w ekosystemie jeziornym. W jeziorze Piaseczno wyrażono je zmianami biomasy. Porównanie średnich arytmetycznych wartości biomasy w latach 1978—1979 ze średnimi wartościami biomasy w latach 1971, 1972, 1975 i 1976 (20) wskazuje, że utrzymują się one na poziomie prawie wyrównanym i oscylują między 4,4 a 7,5 mg · dm⁻³. Chociaż różne wartości uważane są za wysokie, przeważa pogląd, że w naszej strefie klimatycznej za wysokie dla biomasy, charakterystyczne dla eutrofii, przyjmuje się wartości powyżej 7 mg · dm⁻³ (1) lub 8 mg · dm⁻³ (6, 9, 11). Również za pewien wskaźnik stopnia zeutrofizowania jeziora uważany jest udział nannoplanktonu w liczebności lub w biomacie. W jeziorze Piaseczno bezwzględne wartości biomasy nannoplanktonu były najwyższe w okresie wiosny (kwiecień—maj), jednak w późniejszych miesiącach biomasa nie spadała tak gwałtownie, jak wskazuje na to udział nannoplanktonu w ogólnej biomacie. Było to spowodowane rozwojem or-

ganizmów mikroplanktonowych (kolonijnych), u których, jak wcześniej wykazano (19), decydujący wpływ na biomasę ma nie tyle ich liczba, co wielkość. Wykazany jednak udział procentowy nannoplanktonu w ogólnej biomacie (od lipca do października) $<10\%$ jest wartością niską. Potwierdzono też prawidłowość wykazaną w jeziorach mazurskich (12), że przy mniejszej biomacie udział procentowy nannoplanktonu jest większy i odwrotnie.

Na uwagę zasługuje dynamika grup taksonomicznych i ich skład gatunkowy, przy czym oba te parametry nie zmieniały się w sposób istotny w ciągu obu lat badań. Stwierdzono w obu latach wzrost ogólnej biomasy fitoplanktonu w okresie letnim. Wzrost biomasy był spowodowany głównie wzrostem biomasy *Cyanophyta*. Taką prawidłowość obserwowano na przykład w jeziorach mazurskich i jest ona powszechnie uważana za objaw eutrofizacji (10, 11). Również *Dinophyceae*, o których biomacie decydowały gatunki *Peridinium bipes* i *Ceratium hirundinella*, oraz *Chlorococcales*, w których wyróżniono głównie gatunki (ok. 20) należące, według K o r s z y k o w a (5), do *Protococcales*, wskazują na eutrofizowanie się jeziora (3, 7).

Niewielka była biomasa *Conjugatae*, ale utrzymywała się w obu latach badań w ciągu całego sezonu. O biomacie tego rzędu decydowały gatunki z rodziny *Desmidiaceae*, które mogą występować w wodach oligotroficznyc, ale też i eutroficznyc (3).

Zmiany dotyczące fitoplanktonu wskazywały na pewne procesy charakterystyczne dla eutrofizacji, chociaż nie były to procesy gwałtowne. Natomiast nasycenie tlenem niskich warstw hypolimnionu, wynoszące $>20\%$, pozwala, według klasyfikacji S t a n g e n b e r g a (13), nadal zaliczyć jezioro Piaseczno do zbiorników a-mezotroficznyc.

PISMIENICTWO

1. Forsberg C., Ryding S.-O.: Eutrophication Parameters and Trophic State Indices in 30 Swedish Waste-receiving Lakes. Arch. Hydrobiol. 89, 189—207 (1980).
2. Goldman Ch. R. i współprac.: Primary Productivity, Bacteria, Phyto- and Zooplankton in Lake Maggiore: Correlations and Relationships with Ecological Factors. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 23, 49—127 (1968).
3. Heinonen P.: Quantity and Composition of Phytoplankton in Finnish Inland Waters. Publications of the Water Research Institute 37. Vesihallitus — National Board of Waters, Finland, Helsinki 1980.
4. Hutchinson G. E.: A Treatise on Limnology. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley and Sons, New York 1967.
5. K o r s z y k o w a O. A.: Wyznacznik prysnowodnych wodorosłej URSS 5. Pidklas Protokokowi (*Protococcineae*). Akad. Nauk. Kyjiw 1953.

6. Michejewa T. M.: Ocena wieliczyny biomassy fitoplanktona w oзерach mira. *Gidrobiol. Ż.* **11**, 90—104 (1975).
7. Michejewa T. M., Ganczenkova A. P.: Zmieniçziwość koliczestwien-nych charakteristik fitoplanktona mezotrofnogo oziера pri raznoj periodiczności nabludienij. *Gidrobiol. Ż.* **15**, 18—21 (1979).
8. Munavar M., Munavar I. F.: The Abundance and Significance of Phyto-flagellates and Nannoplankton in the St. Lawrence Great Lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **19**, 705—723 (1975).
9. Munavar M., Munavar I. F.: A Lakewide Study of Phytoplankton Bio-mass and Its Species Composition in Lake Erie, April—December 1970. *J. Fish. Res. Bd. Can.* **33**, 581—600 (1976).
10. Spodniewska I.: The Structure and Production of Phytoplankton in Mi-kołajskie Lake. *Ekol. Pol.* **22**, 65—106 (1974).
11. Spodniewska I.: Phytoplankton as the Indicator of Lake Eutrophication. I. Summer Situation in 34 Masurian Lakes in 1973. *Ekol. Pol.* **26**, 53—70 (1978).
12. Spodniewska I.: Phytoplankton as the Indicator of Lake Eutrophication. II. Summer Situation in 25 Masurian Lakes in 1976. *Ekol. Pol.* **27**, 481—496 (1979).
13. Stangenberg M.: Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych Pojezierza Suwalskiego. *Prace i Spraw. Zakł. Icht. Ryb. SGGW* **19**, 7—85 (1936).
14. Starmach K.: Metody badań planktonu. PWRiL, Warszawa 1955.
15. Starmach K.: Flora słodkowodna Polski 1. Rośliny słodkowodne. PWN, War-szawa—Kraków 1963.
16. Thomasson K.: Die Kugelkurven in der Planktologie. *Int. Rev. ges. Hydro-biol.* **47**, 627—628 (1963).
17. Vollenweider R. A.: A Manual on Methods for Measuring Primary Pro-duction in Aquatic Environments. Blackwell Sci. Publ., Oxford—Edinburgh 1969.
18. Wojciechowska W.: Dynamics of Phytoplankton Biomass in Two Lakes of Different Limnological Character. *Ekol. Pol.* **24**, 237—252 (1976).
19. Wojciechowska W.: The Share of Algae with Different Dimensions in the Plankton of Two Lakes of Different Trophic Character in the Annual Cycle. *Acta Hydrobiol.* **18**, 127—138 (1976).
20. Wojciechowska W., Krupa D.: Changes in Numbers and Biomass of Phytoplankton in an a-mesotrophic Lake Piaseczno in the Years 1971—1972 and 1975—1976. *Ekol. Pol.* **28**, 231—243 (1980).

РЕЗЮМЕ

Проведены исследования фитопланктона в пелагиале а-мезотрофного, голо-миктного озера Пясечно (Ленчиньско-Влодавское приозерье). Пробы брали в пе-риод апрель—октябрь из эвфотного слоя мощностью около 12 м, что отвечало границе между мета- и гипolimнионом. Подсчитывали биомассу, участие (долю) наннопланктоновой (<60 μm) и микропланктоновой фракций в общей массе (рис. 1) на основе численности водорослей и их объема. Выявлено 11 таксономических групп фитопланктона, динамика биомассы 7-и из них представлена при помощи сферических кривых Ломана (рис. 2).

Самые низкие величины биомассы наблюдали в весенние месяцы, самые высокие — летом. Средние арифметические величины биомассы для эпилимнио-на составляли в 1978 г. 4,5 мг · дм⁻³, в 1979 г. — 6,3 мг · дм⁻³. Эти величины для металимниона соответственно 4,9 и 5,7 мг · дм⁻³. Доля наннопланктона в общей

биомассе была высокой весной (апрель—май) и колебалась в 1978 г. в границах 30—70%, а в 1979 г. — 50—80%. В период июль—октябрь (и в 1978 и в 1979 гг.) она составляла свыше 10% общей биомассы. Большое содержание микропланктонной фракции объясняется колониями синезеленых водорослей (*Aphanothece clathrata*), характеризующихся большими размерами. Виды группы *Cryptophyceae* решающим образом влияли на биомассу наннопланктонной фракции.

И в первый, и во второй год исследований доминирующей группой, имеющей самую большую биомассу, были *Cyanophyta*. Сравнительно большую величину биомассы имели также *Cryptophyceae* и *Chlorococcales*. Самую низкую частоту выступления и сравнительно невысокую биомассу обнаруживали *Bacillariophyceae*.

Изменение фитопланктона указывает на некоторые процессы, характерные для эвтрофикации, хотя насыщение кислородом придонных слоев воды в период стагнации, составляющее менее 20%, велит по-прежнему относить это озеро к а-мезотрофным водоемам.

SUMMARY

The examinations of phytoplankton in the pelagial of a-mesotrophic, holomictic lake Piaseczno in the Łęczna-Włodawa Lake District were carried out. The samples were collected from April until October out of euphotic 12 m thick layer, which corresponded to the border between meta- and hypolimnion. On the basis of the number of algae and their volume the biomass was calculated as well as the share of nanoplankton ($< 60 \mu\text{m}$) and microplankton (Fig. 1) in total biomass. 11 taxonomic groups of phytoplankton were distinguished, and the dynamics of biomass of 7 from among them were shown by means of Lohmann spherical curve (Fig. 2).

The lowest biomass values were noted in spring seasons, and the highest ones — in summer. The arithmetic mean values of biomass were for epilimnion — $4.5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ in 1978, and $6.2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ in 1979. For metalimnion these values were, respectively: 4.9 and $5.7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. In spring (April—May) the share of nanoplankton in total biomass was high and in 1978 it fluctuated from 30 to 70%, and in 1979 — from 50 to 80%. From July to October (in both years of investigations) it was 10% of total biomass. The colonies of the algae *Cyanophyceae* — *Aphanothece clathrata* — whose characteristic feature is big size — decided about large share of microplankton.

The prevailing group of the largest biomass in both years of investigations were *Cyanophyta*, *Cryptophyceae* and *Chlorococcales* also showed relatively high biomass values. The least frequency and relatively small biomass were the characteristic features of *Bacillariophyceae*.

Changes in phytoplankton point to certain processes characteristic of eutrophication, though saturation with oxygen of ground-layers of water during stagnation, which is less than 20% still allows to include this lake in a-mesotrophic reservoirs.

