

AKTYWNOŚĆ BIOCHEMICZNA WODY I OSADU DENNEGO
JEZIOR PIASECZNO I GŁĘBOKIE
(POJEZIERZE ŁĘCZYŃSKO-WŁODAWSKIE)*

J. Furczak, A. Szwed

Katedra Mikrobiologii Rolniczej, Akademia Rolnicza, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Polska

S t r e s z c z e n i e. Pięcioletnimi badaniami objęto mezotroficzne jezioro Piaseczno i eutroficzne jezioro Głębokie (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie). W wodzie i osadzie dennym różnych stref tych zbiorników określano aktywność procesów związanych z krążeniem azotu (proteaza, amonifikacja) i fosforu (fosfatazy zasadowe ogólna, glonowa, bakteryjna, wolna).

Zarówno w wodzie jak i osadzie dennym jeziora Głębokie odnotowano wyższą aktywność biochemiczną niż w zbiorniku Piaseczno. Różnice w aktywności wystąpiły najczęściej silniej w przypadku fosfataz, co wskazywałoby na przydatność tych testów w ocenie poziomu trofii jezior.

S ł o w a k l u c z o w e: aktywność biochemiczna, woda, osad denny, jeziora, trofia

WSTĘP

Substancja organiczna zbiorników wodnych ma pochodzenie autochtoniczne i allochtoniczne [11]. Ponieważ znaczna część (50-70 %) materii organicznej wód naturalnych złożona jest z organicznych związków azotu, wśród których substancje białkowe stanowią główną frakcję (85 %), coraz więcej uwagi poświęca się procesom prowadzącym do hydrolizy i mineralizacji tych połączeń [1,7,11]. Podstawową rolę w przekształcaniu związków białkowych w azot mineralny, przypisuje się egzoproteazom [18] i amonifikacji [11].

Duże znaczenie w zbiornikach wodnych odgrywają również przemiany fosforu, ponieważ pierwiastek ten spełnia kluczową funkcję w produkcji biologicznej i tym samym eutrofizacji środowisk wodnych [16]. W ekosystemach wodnych o

*Praca wykonana w ramach problemu CPBP 04.02 koordynowanego przez Instytut Mikrobiologii Uniwersytetu Łódzkiego

pH > 7,0 za hydrolizę większości organicznych związków fosforu odpowiedzialna jest fosfataza zasadowa. Aktywność jej stwierdzono zarówno w wodach jak i osadach dennych zbiorników wodnych [2,4,8,9,15,17,20].

Z dotychczasowych badań wynika, że fosfatazę alkaliczną syntetyzują bakterie, fitoplankton oraz zooplankton [2,9,17,20]. Niektórzy autorzy sugerują przydatność aktywności tego enzymu jako wskaźnika stopnia eutrofizacji jezior [8] i potencjału enzymatycznego osadów [9].

Badania przedstawione w niniejszej pracy miały na celu prześledzenie i porównanie w przekroju pięciu lat aktywności niektórych parametrów biochemicznych związanych z krążeniem azotu i fosforu w niebadanych pod tym kątem jeziorach, różniących się poziomem trofii.

MATERIAŁ I METODY

Obiekt badań stanowiły dwa zbiorniki Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, tj. mezotroficzne jezioro Piaseczno (pow. 84,7 ha, maks. gł. 38,8 m) i eutroficzne jezioro Głębokie (pow. 20,5 ha, maks. gł. 7,1 m). Charakterystykę zlewni, osadów dennych i wód zbiorników podają m.in. Misztal in. [13], Furczak i in. [4], Górniak i Misztal [6], oraz Górniak [5].

Badania biochemiczne wody i osadu dennego różnych stref jezior przeprowadzono w latach 1986-1990. Materiał analizowano w okresie wiosennym (23-24.04. i 27-29.05.), letnim (3-11.07.) i wczesnojesiennym (27-29.09.).

Próbki wody z jeziora Piaseczno pobierano czerpakiem Bernatowicza o poj. 5 dm³, a z jeziora Głębokie aparatem Ruttnera o poj. 2 dm³.

Osady litoralne pobierano aparatem rurowym Kajaka o pow. 20 cm², natomiast sublitoralne i pelagialne aparatem Boruckiego o pow. 225 cm². Badaniom poddano warstwę osadów od 0-5 cm. Próbki osadów przed analizowaniem odsączano na sączku bibułowym (ok. 20 godz.).

Wodę i osad przechowywano przez około dobę w temperaturze 4°C, a następnie oznaczano w nich:

- aktywność proteazy metodą Ladda i Butlera [12]. W przypadku wody stosowano 10 cm³ próbki wzbogacone kazeinianem sodu;
- nasilenie amonifikacji metodą nessleryzacji w próbkach wody (25 cm³) i osadu (25 g) zawierających 0,1% asparginy, inkubowanych przez 3 dni;
- aktywność fosfataz zasadowych w wodzie (ogólnej, glonowej, bakteryjnej i wolnej) wg metodyki Jonesa [8]. Szczegółowy jej opis zamieszcza również Chróst i in. [2],

- aktywność fosfatazy zasadowej w osadzie zmodyfikowaną metodą Tabatabai i Bremnera [19]. W metodzie tej zastosowano bufor Tris-HCl o pH 8,5. Wszystkie analizy wykonywano w trzech równoległych powtórzeniach. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy stanowią średnią z pięcioletnich badań.

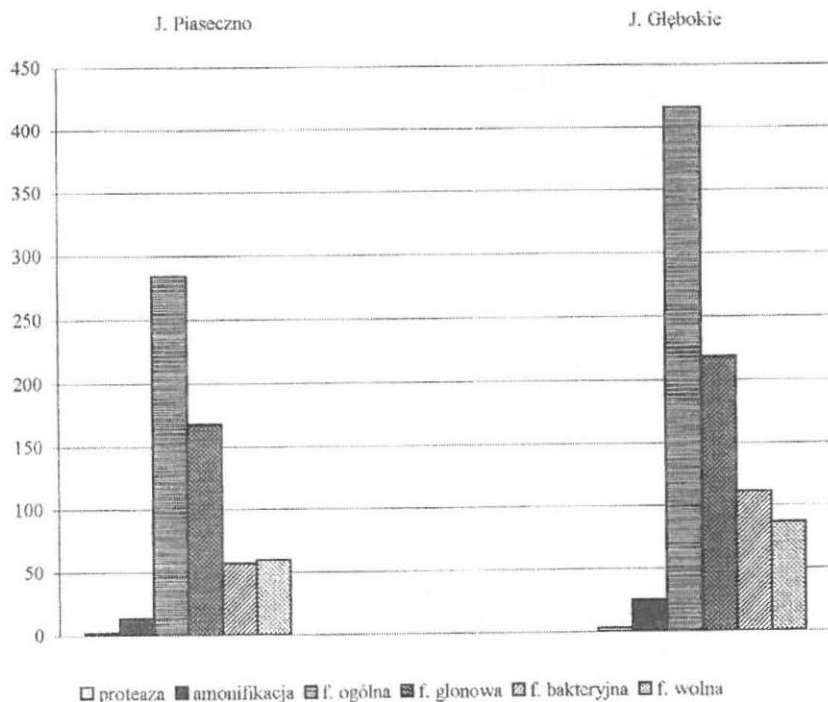
WYNIKI I DYSKUSJA

Z porównania aktywności biochemicznej wody litoralnej obu jezior wynika, że w eutroficznym zbiorniku Głębokie kształtowała się ona na wyższym poziomie niż w mezotroficznym jeziorze Piaseczno (Rys. 1). Odnotowane różnice zaznaczyły się najsilniej w przypadku amonifikacji i fosfatazy bakteryjnej, a najslabiej dla proteazy i fosfatazy glonowej. Wyższe wartości badanych parametrów biochemicznych w wodzie litoralu jeziora Głębokie były powiązane z liczniejszym występowaniem niektórych grup grzybów – strzępkowe, rozkładające pektyny, skrobię i celulolityczne [10]. Nie korespondowały natomiast z ogólną liczbą bakterii heterotroficznych oraz grzybów i drożdży [10] co sugerowałoby, że testy te reagowały słabiej na stopień zanieczyszczenia wody.

Brak istotnej korelacji pomiędzy aktywnością ogólną i wolnej fosfatazy alkalicznej, a bakteriami heterotroficznymi w wodzie jeziornej stwierdzili także inni autorzy [20].

Różnice w aktywności biochemicznej zbiorników wystąpiły również w wodzie obu warstw sublitoralu (Rys. 2), przy czym były one nawet bardziej widoczne niż w litoralu (Rys. 1). Jedynie aktywność proteazy kształtowała się w wodzie sublitoralnej jezior podobnie. Zróżnicowanie poziomu badanych testów biochemicznych zaznaczyło się wyraźniej w warstwie od 0,5 do 1 m, zwłaszcza w przypadku fosfatazy ogólnej, glonowej i bakteryjnej. Analogicznie jak w litoralu wyższym wartościom tych parametrów w zbiorniku Głębokie towarzyszył wzrost grzybów strzępkowych, rozkładających skrobię i celulolitycznych [10]. Natomiast liczebności pozostałych grup mikroorganizmów były w badanych jeziorach zbliżone lub nawet nieco niższe w zbiorniku Głębokie [10]. Potwierdzałoby to wcześniejszą sugestię, że testy te słabiej odzwierciedlają stopień troficzności wód.

W wodzie analizowanych stref pelagialu mezotroficznego zbiornika Piaseczno większość parametrów biochemicznych wykazywała zbliżoną aktywność (Rys. 3). W metalimnionie zaznaczyła się jednak tendencja w kierunku wzrostu aktywności fosfatazy ogólnej, glonowej i wolnej. Również proces amonifikacji osiągnął większe tempo w metalimnionie i hypolimnionie. Wyższemu poziomowi tych testów towarzyszyło nieco liczniejsze występowanie bakterii heterotroficznych i bardziej



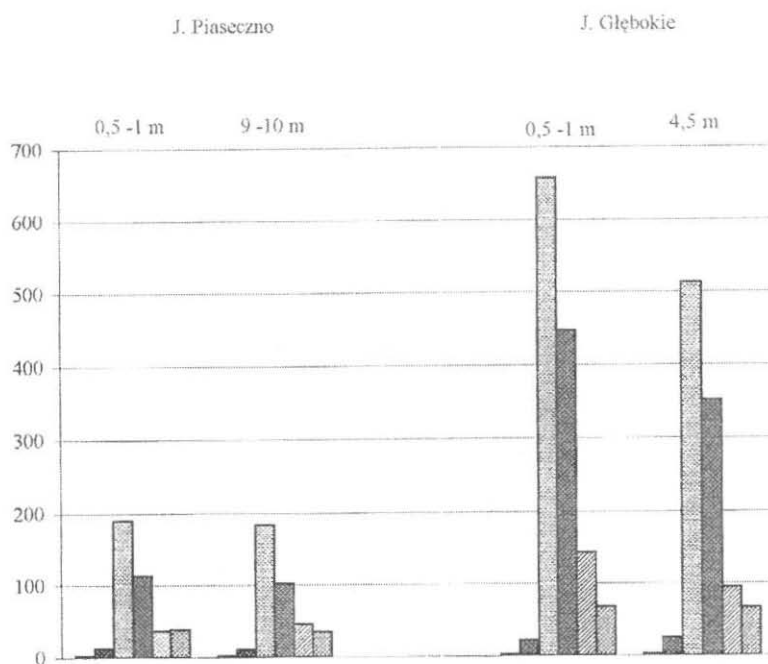
Rys. 1. Aktywność biochemiczna wody litoralnej, średnie z 5 lat. Aktywność proteazy, μg tyrozyny $\text{dm}^{-3} \text{h}^{-1}$; Amonifikacja, $\text{mg N-NH}_4 \text{dm}^{-3} \text{3 d}^{-1}$; Aktywność fosfatazy ogólnej, glonowej, bakteryjnej i wolnej, $\text{nmol PO}_4 \text{dm}^{-3} \text{h}^{-1}$

Fig. 1. Biochemical activity of littoral water, means from 5 years. Protease activity, μg tyrosine $\text{dm}^{-3} \text{h}^{-1}$; Ammonification, $\text{mg N-NH}_4 \text{dm}^{-3} \text{3 d}^{-1}$; Total, algal, bacterial and free phosphatases activity, $\text{nmol PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$

wyraźne grzybów ogółem, drożdży oraz grzybów proteolitycznych [10]. W omawianych strefach wykryto także silniejszą aktywność fotosyntetyczną fitoplanktonu [3] i nagromadzenie zooplanktonu [14].

Ponadto zauważono, że aktywność biochemiczna epilimnionu była generalnie słabsza niż wody litoralnej (Rys. 1), ale kształtowała się na ogół podobnie jak w sublitoralu (Rys. 2).

Badania nad aktywnością biochemiczną osadu mezotroficznego jeziora Piaseczno wykazały najniższy jej poziom w strefie litoralnej. Aktywność ta potęgowała się jednak wraz ze wzrostem odległości od brzegu, osiągając najwyższe wartości w pelagialu (Rys. 4). Odnotowany efekt spowodowany był zapewne wyższą zawartością w osadzie sublitoralnym i pelagialnym węgla i azotu organicznego [5,6]. Z wielu badań prowadzonych w środowisku glebowym

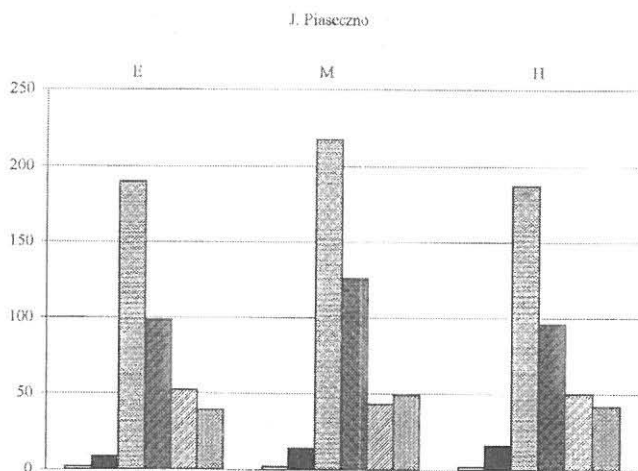


Rys. 2. Aktywność biochemiczna wody sublitoralnej, średnie z 5 lat. Pozostałe objaśnienia jak do Rys. 1.
Fig. 2. Biochemical activity of sublittoral water, means from 5 years. Other explanations - see Fig. 1.

wynika bowiem, że aktywność analizowanych parametrów biochemicznych koreluje dodatnio z w/w właściwościami chemicznymi. Zjawisko to powiązane było również z liczniejszym występowaniem w osadzie sublitoralu i pelagialu omawianego zbiornika różnych grup mikroorganizmów [10].

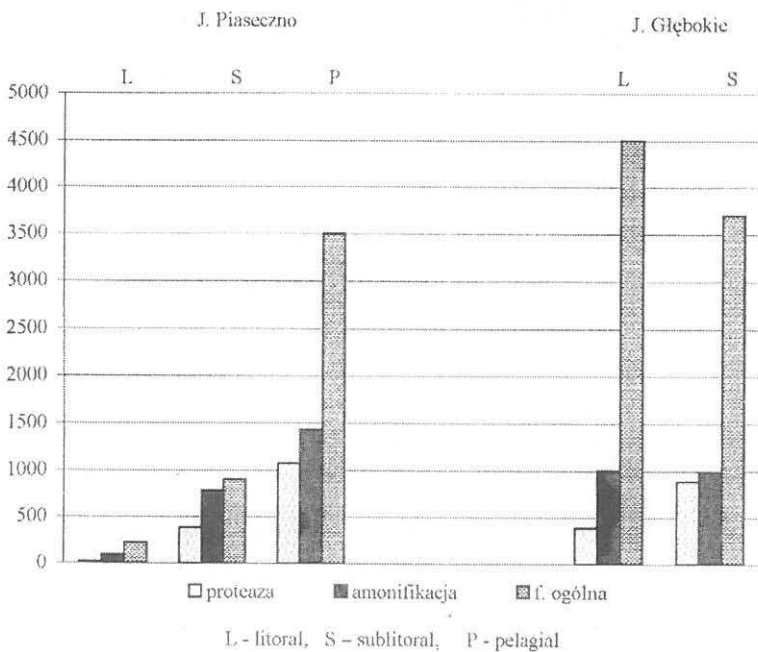
Porównując aktywność biochemiczną osadu odpowiadających sobie stref badanych jezior stwierdzono znacznie wyższy jej poziom w eutroficznym zbiorniku Głębokie (Rys. 4). Różnice w aktywności zaznaczyły się dla obu stref, jednak zdecydowanie wyraźniej wystąpiły w osadzie litoralnym niż sublitoralnym. Główną przyczyną tego zjawiska były prawdopodobnie odmienne właściwości osadów litoralnych jezior [5,6,13]. Osad przybrzeżny zbiornika Piaseczno ma bowiem charakter luźnych piasków ubogich w materię organiczną. Natomiast osad litoralny zbiornika Głębokie jest mulisty (gytie bogate w węglany oraz ily jeziorne) i cechuje się dużą zawartością węgla organicznego.

Kolejną przyczyną większej różnicy w aktywności biochemicznej osadów litoralu było zapewne także silniejsze ich zróżnicowanie pod względem właściwości mikrobiologicznych [10].



E - epilimnion, M - metalimnion, H - hypolimnion

Rys. 3. Aktywność biochemiczna wody pelagialnej, średnie z 5 lat. Pozostałe objaśnienia jak do Rys. 1.
Fig. 3. Biochemical activity of pelagial water, means from 5 years. Other explanations - see Fig. 1



Rys. 4. Aktywność biochemiczna osadu dennego, średnie z 5 lat. Pozostałe objaśnienia jak do Rys. 1.
Fig. 4. Biochemical activity of bottom sediment, means from 5 years. Other explanations - see Fig. 1

WNIOSKI

1. Z pięcioletnich badań wynika, że zarówno woda jak i osad denny eutroficznego jeziora Głębokie cechowały się wyższą aktywnością biochemiczną niż w mezotroficznym zbiorniku Piaseczno.

2. Różnice w aktywności biochemicznej wody i osadu dennego zbiorników zaznaczyły się na ogół najsilniej w przypadku analizowanych fosfataz, co wskazywałoby na ich przydatność w określaniu stopnia troficznego jezior.

PIŚMIENNICTWO

1. **Chróst R.J., Halemejkó G.Z., Overbeck J.:** Is proteolysis dependent on phosphorus in fresh water? *FEMS Microbiol. Lett.*, 37, 199-202, 1986.
2. **Chróst R.J., Siuda W., Halemejkó G.Z.:** Longterm studies on alkaline phosphatase activity (APA) in a lake with fish-aquaculture in relation to lake eutrophication and phosphorus cycle. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 70, 1-32, 1984.
3. **Czernaś K., Krupa D., Wojciechowski I.:** Produktywność glonów jako wyraz katastrofy ekologicznej jeziora Piaseczno i jego otoczenia. *Mat. Konf. Funkcjonowanie ekosystemów wodnych i torfowiskowych w obszarach chronionych*, Lublin Krasne, 1993.
4. **Furczak J., Szember A., Bielińska J.:** Aktywność enzymatyczna strefy przybrzeżnej jezior Piaseczno i Głębokie różniących się troficznością (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie). *Studia Ośr. Dok. Fizjograf. PAN, Oddział w Krakowie*, 19, 307-325, 1991.
5. **Górniak A.:** Composition of the organic matter in lakes bottom sediments. *Procc. IHSS Ins. Meeting, Bari*, ed. Senesi N., Miano T.M., Elsevier Publisher, Amsterdam, 1993.
6. **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, 29-42, 1992.
7. **Halemejkó G.Z., Chróst R.J.:** Enzymatic hydrolysis of proteinaceous particulate and dissolved material in an eutrophic lake. *Arch. Hydrobiol.*, 107, 1-21, 1986.
8. **Jones J.G.:** Studies on freshwater microorganisms: phosphatase activity in lakes of differing degrees of eutrophication. *J. Ecol.*, 60, 777-791, 1972.
9. **Kobari H., Taga N.:** Occurrence and distribution of phosphatase in neritic and oceanic sediments. *Deep-Sea Res.* 26A, 799-808, 1979.
10. **Kornilłowicz-Kowska T., Furczak J.:** Właściwości mikrobiologiczne wody i osadu dennego jeziora Piaseczno i Głębokie (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie). *Acta Agrophysica*, (w druku), 2002.
11. **Kuzniecowa S.I., Sarałow A.I., Nazina G.N.N.:** Mikrobiologiczeskije procesy krugoworota ugleroda i azota w oзерach. *Nauka, Moskwa*, 1985.
12. **Ladd J.N., Butler J.H.A.:** Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.*, 4, 19-30, 1972.
13. **Misztal M., Górniak A., Smal H.:** Dynamika stężeń składników chemicznych wód litoralu jeziora Głębokie na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim. *Ann. UMCS. sec. B*, 42/43, 89-97, 1987/1988.
14. **Radwan S., Popiołek B.:** Percentage of rotifers in spring zooplankton in lakes different trophy. *Hydrobiologia*, 186/187, 235-238, 1989.

15. **Sayler G.S., Puziss M., Silver M.:** Alkaline phosphatase assay for freshwater sediments: application to perturbed sediment systems. *Appl. Environ. Microbiol.*, 38, 922-927, 1979.
16. **Schindler D.W.:** Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world fresh-water. *Limnol. Oceanogr.*, 23, 478-486, 1978.
17. **Siuda W.:** Phosphatases and their role in organic phosphorus transformation in natural waters. A review. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 31, 207-233, 1984.
18. **Somville M., Billen G.:** A method for exoproteolytic activity in natural waters. *Limnol. Oceanogr.*, 28, 190-193, 1993.
19. **Tabatabai M.A., Bremner J.M.:** Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.*, 1, 301-307, 1969.
20. **Tiwari B.K., Mishra R.R.:** A study on biological activity measurements and heterotrophic bacteria in a small freshwater lake. *Hydrobiologia*, 94, 257-267, 1982.

BIOCHEMICAL ACTIVITY IN THE WATER AND BOTTOM SEDIMENT
OF PIASECZNO AND GŁĘBOKIE LAKES
(ŁĘCZYŃSKO-WŁODAWSKIE LAKE DISTRICT)

J. Furczak, A. Szwed

Department of Agricultural Microbiology, University of Agriculture
Leszczyńskiego 7 str., 20-069 Lublin, Poland

A b s t r a c t. The mesotrophic Lake Piaseczno and the eutrophic Lake Głębokie (in the Łęczna-Włodawa Lake District) were the subject of a five-year study. The activity of the proces relating to nitrogen cycle (protease, ammonification) and phosphorus cycle (alkaline phosphatases total, algal, bacterial and free) in the water and the bottom sediment in various zones of these reservoirs were investigated. Both in the water and bottom sediment of Lake Głębokie a higher biochemical activity than that in Lake Piaseczno was observed. Differences in activity appeared stronger in the case of phosphatases. It would suggest on the usefulness of these tests for the evaluation of the lakes trophic level.

K e y w o r d s: biochemical activity, water, bottom sediment, lakes differing in trophic level