

BAZYLI CZECZUGA

Produkcja pierwotna jezior rajgrodzkich II. Jezioro Dręstwo i Ślepe — Primary Production of Rajgród Lakes. II. Lake Dręstwo and Lake Ślepe

Mémoire présenté le 15 février dans la séance de la Commission Biologique de l'Académie Polonaise des Sciences, Cracovie

W pierwszej części tej pracy (C z e c z u g a 1959a) omówiono produkcję pierwotną jezior: Białego, Rajgrodzkiego i Krzywego, należących do kompleksu jezior rajgrodzkich. Wielkość produkcji pierwotnej jest różna dla poszczególnych jezior. Największą produkcję pierwotną stwierdzono w eutroficznym jeziorze Krzywym, najmniejszą w jeziorze Białym zbliżonym do typu jezior oligotroficznych. W celu uzupełnienia tych danych dla pozostałych dwu jezior rajgrodzkich badano intensywność asymilacji fitoplanktonu (w trzeciej dekadzie sierpnia 1959) w jeziorze Dręstwo i w jeziorze Ślepym, posługując się metodą podaną poprzednio.

Charakterystyka badanych jezior

Jezioro Dręstwo, o powierzchni 550 ha i maksymalnej głębokości 25 m, należy do typu jezior mezotroficznych. Przez jezioro przepływa rzeka Jegrznia. Strefa roślin podwodnych dobrze wykształcona. Ilość chlorofilu w 1957 r. (C z e c z u g a 1958) wskazuje na nieco większą produkcję fitoplanktonu niż w jeziorze Rajgrodzkim.

Jezioro Ślepe, o powierzchni 12 ha, należy do typu jezior dystroficznych. Woda ma barwę brunatną, co wskazuje na zawartość związków humusowych (C z e c z u g a 1958). W 1959 r. woda była słabiej zabarwiona. Maksymalna głębokość 2 m, najczęściej spotykana 1,5 m. Dno usłane szczątkami roślin tworzącymi brunatny muł o grubości 3,4 m (C z e c z u g a 1959b). Górna warstwa o miąższości 1,8 m ma charakter półpłynny; przy dotknięciu rozplywa się w leżącej nad nią warstwie wody. Ilość substancji organicznej w górnej warstwie osadu dennego sięga 80%. Pas oczeretów bardzo słabo rozwinięty, reprezentowany głównie przez *Phrag-*

mites communis Trin. i *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla. Miejscami porasta jezioro *Potamogeton* sp., większą część dna *Chara* sp. Jezioro otoczone jest lasem sosnowym z domieszką drzew liściastych, gdzieś powalonych do jeziora. Jest to typowe zarastające jezioro.

Skład fitoplanktonu

Skład gatunkowy fitoplanktonu obu jezior podano w tabeli I. W Jeziorze Dręstwo dominowała grupa okrzemek. W największej ilości występowały *Ceratium hirundinella* oraz *Dinobryon sertularia*. Znamienna jest bardzo mała ilość sinic, które w latach poprzednich występowały w znacznej ilości (Czeczuga 1958). Znaczna większość gatunków występowała w bardzo małych ilościach.

W jeziorze Ślepym znaleziono mniej gatunków okrzemek. W większej ilości natomiast występował gatunek *Ceratium hirundinella*.

Zawartość chlorofilu

W porównaniu z latem 1957 ilość chlorofilu w planktonie jeziora Dręstwo była bardzo mała, wynosiła średnio 0,009 mg/l. Wielkości tego rzędu nie były notowane w tym jeziorze w latach 1957—1958.

Ilość chlorofilu w jeziorze Ślepym była mniejsza niż w jeziorze Dręstwo. W warstwie powierzchniowej wykazano 0,007 mg/l, natomiast przy dnie na głębokości 1 m ilość chlorofilu zwiększała się do 0,012 mg/l. Ponieważ fotosynteza w tym jeziorze zachodzi tylko na powierzchni, przy dalszych obliczeniach posługiwano się wielkością 0,007 mg/l.

Fotosynteza planktonu

W jeziorze Dręstwo fotosynteza zachodzi w 5-metrowej powierzchniowej warstwie wody (ryc. 1). Punkt kompensacyjny występuje na głębokości około 3 m. Ogólna fotosynteza fitoplanktonu przy powierzchni wody sięgała 0,88 mg/l O₂. Na głębokości 2 m nie przekraczała 0,85 mg/l. Największą destrukcję, tj. zużycie tlenu przez żywe organizmy oraz przy rozkładzie substancji organicznej, 1,29 mg/l O₂, obserwowano w dniu 27 VIII na głębokości 2 m podczas silnego wiatru. W tym samym dniu zużycie tlenu było największe na wszystkich głębokościach. Stosunkowo najmniejsze było na powierzchni: 0,81 mg/l O₂. W dzień bezwietrzny (25 VIII) destrukcja była znacznie mniejsza i wahała się w granicach od 0,25 mg/l O₂ na głębokości 4 m do 0,40 mg/l O₂ na powierzchni i na głębokości 2 m. Właściwa produkcja największa była na powierzchni: 0,33 mg/l O₂ (25 VIII). Na głębokości 2 m zmniejszyła się do 0,10 mg/l O₂, a na głębokości 4 m we wszystkich przypadkach była ujemna. W dniu

Tab. I

Skład fitoplanktonu badanych jezior w dniach 20—30. VIII. 1959

(+ — ponad 100 okazów, ++ — ponad 1000 okazów, +++ — ponad 10000 okazów w 1 litrze wody)

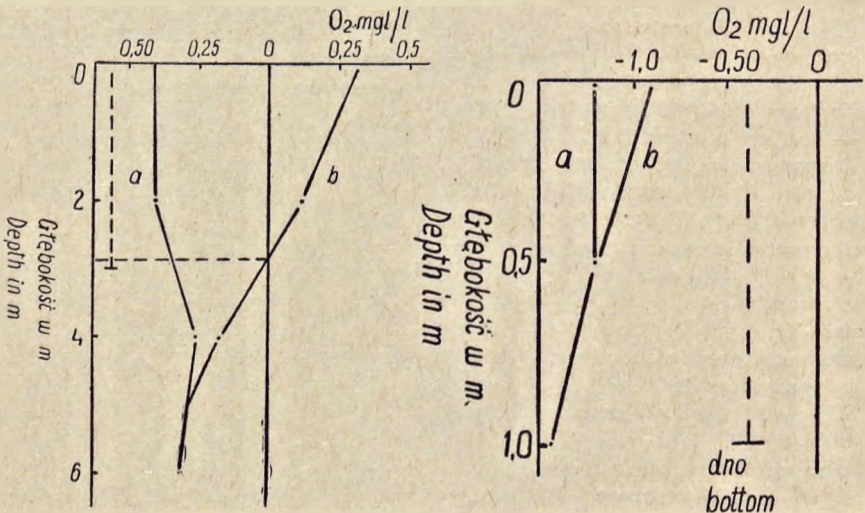
Phytoplankton composition in the investigated lakes in 20—30. VIII. 1959

(+ — more than 100 specimens, ++ — more than 1000 specimens, +++ — more than 10000 specimens in 1 litre of the water)

Gatunek Species	Jezioro Dręstwo Lake Dręstwo	Jezioro Ślepe Lake Ślepe
<i>Chryomonadineae</i>		
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.	++	
<i>Peridineae</i>		
<i>Ceratium hirundinella</i> Schrank	+++	+++
<i>Peridinium cinctum</i> Ehr.	+	
<i>Volvocineae</i>		
<i>Volvox</i> sp.	+	
<i>Protococcineae</i>		
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		+
— — var. <i>reticulatum</i> Lap.	+	
— <i>Boryanum</i> var. <i>longicorne</i> Ren.	+	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.	+	+
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs.		+
<i>Coelastrum microporum</i> Naeg.		+
<i>Desmiales</i>		
<i>Closterium</i> sp.	+	
<i>Cosmarium Botrytis</i> Menegh.		+
<i>Staurastrum pseudotetracorum</i> West	+	+
— <i>polymorphum</i> Breb.	+	
<i>Cyanophyceae</i>		
<i>Microcystis</i> sp.	+	+
<i>Gloeocapsa tenax</i> (Kirchn.) Hollerb.		+
<i>Diatomaceae</i>		
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitt.	+	
— <i>capucina</i> Desm.	+	
<i>Asterionella gracillima</i> Hantzsch.	+	
— <i>formosa</i> Hass.	+	
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	+	+
— <i>capitata</i> Ehr.	+	+
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.)	+	
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.)	+	+
— <i>tumidula</i> Breb.	+	
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.	+	+
<i>Epithemia zebra</i> Ehr.	+	
— — var. <i>porcellus</i> (Kütz.)	+	
<i>Cymatopleura solea</i> Breb.	+	
<i>Diatoma vulgare</i> Bory		+
<i>Meridion circulare</i> Ag.	+	
<i>Neidium dubium</i> (Ehr.) Cleve	+	

wietrznym (27 VIII), kiedy zużycie tlenu zwiększyło się dwukrotnie, a ogólna fotosynteza była w nieznacznym stopniu większa w porównaniu z dniem 25 VIII, dodatnią produkcję zanotowano tylko przy powierzchni (0,08 mg/l O₂). Na głębokości 2 i 4 m bilans produkcji był ujemny i wynosił na 2 m 0,44 mg/l O₂ oraz na 4 m 0,87 mg/l O₂.

W jeziorze Ślepyim ogólna fotosynteza była bardzo mała; przy powierzchni sięgała zaledwie 0,3 mg/l O₂. Warstwa trofogenna nie sięgała głębiej niż 0,25 m poniżej lustra wody. Już na głębokości 0,5 m fotosynteza nie zachodziła (ryc. 2). Największą destrukcję 1,7 mg/l O₂ obserwowano przy dnie, w pozostałej warstwie wody zużycie tlenu nie przekraczało 1,2 mg/l. Natomiast produkcja właściwa w całej warstwie wody od powierzchni do dna była ujemna. Według Vinberga (1960) jest to pospolite zjawisko w jeziorach dystroficznych.



Ryc. 1. Właściwa produkcja, destrukcja oraz ogólna fotosynteza fitoplanktonu jeziora Dręstwo w ciągu doby. Pionowa linia oznacza głębokość w m, pozioma różnicę między zawartością tlenu (w mg/l) w wodzie butelek zaciemnionych (a) i nie zaciemnionych (b), a początkową ilością tlenu. Za zero (pionowa linia 0) dla każdej głębokości wzięto początkową ilość tlenu. Przestrzeń zawarta między krzywą a i krzywą b oznacza ogólną fotosyntezę. Linia przerywana pozioma oznacza grubość warstwy trofogenicznej, linia przerywana pionowa oznacza przeciętną przezroczystość wody w m.

Fig. 1. Production proper, destruction and general photosynthesis of phytoplankton in Lake Dręstwo during 24 hours. The vertical line indicates depth in m, the horizontal one the difference between oxygen content of water (in mg/l) in darkened (a) and undarkened bottles (b) and the initial amount of oxygen. The initial amount of oxygen was considered as zero (vertical line 0) for every depth. The space contained between the curves a and b indicates the general photosynthesis. The dotted horizontal line indicates the thickness of trophogenous layer. The dotted vertical line indicates the mean transparency of water in m.

Ryc. 2. Właściwa produkcja, destrukcja oraz ogólna fotosynteza fitoplanktonu jeziora Ślepego w ciągu doby. Objaśnienie patrz podpis pod ryc. 1.

Fig. 2. Production proper, destruction, and general photosynthesis of phytoplankton of Lake Ślepe during 24 hours. See explanations under fig. 1.

Produkcja węgla

Ilość węgla wyprodukowanego w procesie fotosyntezy można obliczyć przyjmując, że 1 mg glikozy powstałej w procesie fotosyntezy odpowiada 0,40 mg C (V i n b e r g 1960). Umożliwi to z kolei porównanie otrzymanych wyników z wynikami innych autorów. Znając ilość chlorofilu można obliczyć ile jednostek produkowanego węgla przypada na jednostkę chlorofilu. Produkcja węgla, przypadającego na 1 mg chlorofilu, w ciągu godziny w jeziorze Dręstwo wynosi 2,8 mg a w jeziorze Ślepym 1,2 mg.

W ostatnich latach stosuje się często obliczanie ilości wytworzonego węgla w słupie wody pod powierzchnią 1 m² lub w 1 m³ wody. W strefie fotycznej jeziora Dręstwo powstaje w ciągu doby 0,25 g węgla na m³, natomiast w słupie wody pod powierzchnią 1 m² 0,34 g. W jeziorze Ślepym w 1 m³ strefy fotycznej powstaje 0,03 g a w słupie wody pod powierzchnią 1 m² 0,06 g węgla w ciągu doby.

Przyrost suchej masy fitoplanktonu

Ważnym wskaźnikiem produkcji pierwotnej jest przyrost suchej masy fitoplanktonu. Znając ilość chlorofilu oraz ilość tlenu wytworzonego w procesie fotosyntezy, można obliczyć tzw. liczby asymilacyjne na dobę wzgl. na godzinę. W okresie badań fotosynteza zachodziła przez 13 godzin w ciągu doby.

Liczby asymilacyjne (Tabela II) były dla fitoplanktonu jeziora Dręstwo około 3-krotnie wyższe niż dla fitoplanktonu jeziora Ślepego. Przyrost suchej masy fitoplanktonu największy był na powierzchni jeziora Dręstwo, najmniejszy w całej strefie fotycznej jeziora Ślepego. W jeziorze Ślepym produkcja właściwa jest bardzo mała, tj. niemal tyle substancji rozkłada się, ile jej powstaje w procesie fotosyntezy; toteż przyrost suchej masy jest również znikomy.

Omówienie wyników

Strefa fotyczna sięga w jeziorze Dręstwo do głębokości 5 m, a w jeziorze Ślepym tylko do 0,5 m. Punkt kompensacyjny w jeziorze Dręstwo znajduje się na głębokości 3 m, natomiast w jeziorze Ślepym nawet przy powierzchni jeziora zużywa się więcej tlenu w ciągu doby, aniżeli wyzwała się go w procesie fotosyntezy. Co prawda punkt kompensacyjny fitoplanktonu znajduje się o wiele głębiej, ponieważ tlen zużywają nie tylko glony, które go produkują, ale także zooplankton, bakterie i martwa substancja organiczna (V i n b e r g 1960).

W jeziorze Dręstwo produkcja węgla nie przekracza dziesiątych części

Liczby asymilacyjne oraz przyrost suchej masy fitoplanktonu w badanych jeziorach
(wartości średnie)

Assimilations figures and increase in the dry mass of phytoplankton
in the investigated lakes (mean values)

Dane Data	Jezioro Dręstwo Lake Dręstwo		Jezioro Ślepe Lake Ślepe	
	maksymalna na powierzchni maximal on the surface	średnie w strefie fotycznej mean in the photic zone	maksymalna na powierzchni maximal on the surface	średnie w strefie fotycznej mean in the photic zone
Ilość O ₂ mg/l na dobę Amount of O ₂ mg/l per 24 hours	0,88	0,60	0,30	0,15
Ilość CO ₂ mg/l na dobę Amount of CO ₂ mg/l per 24 hours	1,11	0,83	0,41	0,21
Liczba asymilacyjna na godzinę Assimilation figure per hour	12,3	9,0	4,5	2,3
Liczba asymilacyjna na dobę Assimilation figure per 24 hours	159	119	59	30
Ilość chlorofilu w mg/l Amount of chlorophyll in mg/l	0,009	0,009	0,007	0,007
Przyrost suchej masy fitoplanktonu w % w ciągu doby Increase in the dry mass of phytoplankton in % during 24 hours	346	259	1,30	0,70

g/m³ oraz w słupie wody pod powierzchnią 1 m², a w jeziorze Ślepym tylko setne części grama w dzień, podczas gdy w oceanie produkcja węgla waha się w granicach 0,1—0,3 mg/l na dobę (Bogorov 1958). Prowse i Talling (1956) stwierdzili, że produkcja węgla w Białym Nilu wynosiła 2,2 g/m² na dzień. W górskim jeziorze Cilcescu (Rumunia) Botnarriuc wraz z współpracownikami (1957) podobną metodą stwierdził również tylko dziesiąte części g/m² węgla.

Ilość produkowanego węgla na jednostkę chlorofilu w jeziorze Dręstwo jest prawie taka sama, jaką otrzymał Riley (1941) na Georges Bank, Gessner (1949) na Wesslingsee, oraz Ichimura (1958) w eutroficznych jeziorach Japonii (autor ten podał ilość tlenu, co wymagało przemnożenia przez współczynnik). Według Ichimura i Aruga

(1958) w oligotroficznych jeziorach Japonii ilości te są mniejsze od 0,8 mg węgla na 1 mg chlorofilu, w mezotroficznych wahają się w granicach 0,8—1,6 mg, natomiast w eutroficznych wynoszą średnio 3,3 mg.

Jeziora dystroficzne pod względem zawartości chlorofilu (I c h i m u r a 1956, C z e c z u g a 1958) oraz szybkości fotosyntezy (V i n b e r g 1960) podobne są do jezior oligotroficznych. Ilość produkowanego węgla przypadająca na jednostkę chlorofilu w jeziorze Ślepym jest zbliżona do wielkości takiej jak w jeziorach oligotroficznych. Według danych I c h i m u r a i A r u g a (1958) wielkości te są różne dla poszczególnych grup systematycznych glonów, oraz przy różnej temperaturze. Np. sinice osiągają taki wskaźnik przy temperaturze 24 °C jak okrzemki przy temperaturze 15 °C.

Przyrost suchej masy fitoplanktonu w jeziorze Ślepym jest bardzo mały i stanowi zaledwie 0,7% w całej strefie fotycznej. Być może wielkości tego rzędu są charakterystyczne dla jezior dystroficznych.

Dobrym wskaźnikiem porównawczym dla różnego typu zbiorników wodnych jest stosunek ilościowy tlenu, wytworzonego w procesie asymilacji, do ilości tlenu zużytego w procesie destrukcji. Dla warstw powierzchniowych jeziora Dręstwo ten stosunek jest większy od jedności i równa się 1,82, natomiast dla warstw powierzchniowych jeziora Ślego wynosi zaledwie 0,25. Według danych V i n b e r g a (1960) w dystroficznym jeziorze Fijavočné wskaźnik ten również był mniejszy od jedności. Wskaźnik ten ulega znacznym zmianom w ciągu poszczególnych miesięcy (R y t h e r 1956).

Jeżeli się przyjmie, że maksymalna dobowa produkcja pierwotna fitoplanktonu stanowi 1% produkcji rocznej (V i n b e r g 1948—1960), to można obliczyć orientacyjnie produkcję roczną badanych jezior. Według takich obliczeń w jeziorze Dręstwo w ciągu roku powstaje ok. 34 g węgla w słupie wody pod powierzchnią 1 m², a w jeziorze Ślepym tylko 6 g. W niektórych zbiornikach roczna produkcja węgla w słupie wody może sięgać 400 g (V i n b e r g 1956, 1958); nawet w oligotroficznym Lago Maggiore wynosi rocznie około 250 g (V o l l e n w e i d e r 1959 b). Różnice te są wynikiem warunków, jakie wytworzyły się w procesie historycznym danego zbiornika wodnego. Od przeciętnej, charakteryzującej dany zbiornik, mogą zachodzić wahania zależne w dużym stopniu od składu gatunkowego fitoplanktonu i temperatury. Jednak często bywa, że produkcja pierwotna nie jest największa wtedy kiedy biomasa fitoplanktonu sięga maksimum (P y r i n a 1959, C z e c z u g a 1959a). Na produkcję pierwotną w znacznym stopniu wpływa mętność wody (V o l l e n w e i d e r 1956 a) i wiele innych czynników. Dlatego słuszne jest zdanie V i n b e r g a (1960), że poznanie produkcji pierwotnej otwiera nowe możliwości w klasyfikacji poszczególnych zbiorników wodnych.

SUMMARY

The primary production of lake Dręstwo and lake Ślepe (district of Białystok) was investigated with the method of darkened and udarkened bottles. The investigations were carried out in the third decade of August, 1959.

Lake Dręstwo, with a surface of 550 ha and 25 m of maximal depth, is of mesotrophic type. The transparency of the water was 3 m. In the phytoplankton of the photic layer *Ceratium hirundinella* Schrank and *Dinobryon sertularia* Ehr. were dominant. Chlorophyll content in the trophogenous layer amounted to 0,009 mg per litre of water. Coal production in a column of water under a 1 m² surface was 0,34 g. Calculated in mg of chlorophyll it amounted to 2,8 mg of coal (mean value). The balance of production proper was positive. The figure for assimilation per hour near the surface of the water amounted to 12,3 (maximal value), the mean in the trophic zone was 9. Increase of the dry mass of phytoplankton in 24 hours was 346% near the surface and 259% in the photic zone.

Lake Ślepe, with a surface of 12 ha and a mean depth of 1 m, is a typical dystrophic lake. The transparency of the water reached to the very bottom, the water containing many humus compounds. In the plankton *Ceratium hirundinella* dominated. Chlorophyll content amounted to 0,007 mg per litre of water. Coal production in a column of water under 1 m² surface was 0,06 g. Calculated in a chlorophyll unit it amounted to 1,2 mg of coal. The balance of production proper was negative. Assimilation number per hour was 4,5 on the surface of the water and 2,3 in the entire photic zone. Increase in the dry chlorophyllmass in 24 hours amounted to 1,3% near the surface and 0,7% in the trophic zone.

Literatura

- Bogorov V. G., 1958. Produkcja planktona i charakteristika biogeografičkih oblasti okeana. Dokl. Akad. Nauk SSR 118, 5, 917—919.
- Botnariuc N., Damian A., Anastasiu C., Spataru P., 1957. Contributii, la studiu hidrobiologic al lacului Cilcescu. Bul. Stiint. Acad. RPR. Sec. biol. si Stiinte agric. ser. zool. 9, 2, 185—194.
- Czczuga B., 1958. Badania ilości chlorofilu w fitoplanktonie Jezior Rajgrodzkich. Acta Soc. Bot. Pol. 27, 4, 541—561.
- Czczuga B., 1959a. Produkcja pierwotna Jezior Rajgrodzkich. I. Jezioro Rajgrodzkie, Białe i Krzywe. Acta Soc. Bot. Pol. 28, 3, 555—578.
- Czczuga B., 1959a.b. Zmiany ilości chlorofilu w osadach dennych jezior Rajgrodzkich w okresie polodowcowym. Polskie Arch. Hydrobiol. 6; 155—172.
- Gessner F., 1949. Der Chlorophyllgehalt im See und seine photosynthetische Valenz als geophysikalische Problem. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. 11, 378—410.
- Ichimura S., 1956. On the standing crop and productive structure of phytoplankton community in some lakes of central Japan. Bot. Mag. Tokyo, 69, 811, 7—16.
- Ichimura S., 1958. On the photosynthesis of natural phytoplankton under field conditions. Bot. Mag. Tokyo, 71, 837, 110—116.
- Ichimura S., Aruga Y., 1958. Some characteristics of photosynthesis of fresh water phytoplankton. Bot. Mag. Tokyo, 71, 841—842, 261—269.
- Prowse G. A., Talling J. E., 1958. The seasonal growth and succession of plankton algae in the White Nile. Limnol. Oceanogr. 3, 2, 222—238.
- Pyrina 1959. Intensivnos't fotosinteza u vodoroslej v svazi z sezonnoj osvescennostu. Trudy Inst. Biol. Vodochran. 1, 4, 102—109.

- Riley G. A., 1941. Plankton studies IV. Georges Bank. Bull. Bingham Ocean. Coll. 7, 4, 1—73.
- Ryther J. H., 1956. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. Limnol. Oceanogr. 1., 1, 61—70.
- Vinberg G. G., 1948. Efektivnost utilizacii solnečnej radiacii planktona. Priroda, 12, 29—35.
- Vinberg G. G., 1956. Pervičnaja produktivnost planktona. Žurn. Obsč. Biol. 17, 5, 364—376.
- Vinberg G. G., (Winberg G. G.), 1958. Quelques questions concernant les methodes de l'investigation de la production primaire du plancton, basée sur des travaux exécutés en URSS. Rapp. Proc. Verb. Cons. Intern. Explor. Mer. 144, 65—69.
- Vinberg G. G., 1960. Pervičnaja produkcja vodojemov. Minsk. Izd. Akad. Nauk BSSR.
- Vollenweider R. A., 1956 a. L'influeza della torbidit provocata dalle acque di Pallanza (Lago Maggiore). Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 9, 85—111.
- Vollenweider R. A., 1956 b. Das Strahlungsklima des Lago Maggiore und seine Bedeutung für die Photosynthesis des Phytoplanktons. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 9, 293—362.

Adres autora — Author's address

mgr Bazyli Czczuga

Zakład Biologii, Akademia Medyczna, Białystok, ul. Kilińskiego 1.

