

ZDZISŁAW KAJAK

Zakład Hydrobiologii

Instytutu Ekologii PAN

Dziekanów Leśny k. Warszawy

Odżywianie się tołpygi białej, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.), a problem czystości wód*

Feeding habits of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.), and the problem of clean water

1. Wstęp

W związku z nadziejami na podwyższenie produkcji ryb oraz na oczyszczanie wody z zakwitów glonów ostatnio szybko wzrasta zainteresowanie tołpygą i liczba prac na jej temat. Zwiększenie produkcji ryb dzięki obsadom mieszanym z tołpygą uzyskuje się już powszechnie (Wolny 1969, 1970, Jakovčuk 1970, Opuszyński 1971, 1977, Gajnev i Nazarenko 1972, Antalfi i Tölg 1975, Kolesova 1975, Aliev 1976). W poszczególnych przypadkach udało się już uzyskać również oczyszczenie wody wskutek żerowania ryb planktonożernych (Krasnov i Kraev 1967, Kajak i in. 1975). Mimo sporej liczby prac, ciągle nie są jednak dostatecznie wyjaśnione nawet tak elementarne sprawy, jak wybiórczość pokarmowa i wartość poszczególnych typów pokarmu. W większości prac dotyczących składu pokarmu pobranego przez tołpygę nie porównuje się go ze składem pokarmu w środowisku, nie zajmuje się wybiórczością pokarmową lub też nie podaje, w jaki sposób wybiórczość była analizowana.

2. Warunki pokarmowe i skład pokarmu

Niejednokrotnie stwierdzono (Lubeznov 1974, Omarov i Lazareva 1974) dobry wzrost tołpygi przy małej ilości pokarmu (kilka mg/l) i odwrotnie — słaby wzrost przy stosunkowo obfitym pokarmie. Volk (1976) uważa, że dobry wzrost tołpygi ma miejsce przy biomasy planktonu nie niższej niż 8—10 mg/l.

Oczywiste jest, iż ogromne znaczenie mają warunki termiczne (Scheer 1964, Wolny 1969, Opuszyński 1971, Lachnovič

* Opracowano w ramach podproblemu węzłowego nr 10.2.10 („Ekologiczne podstawy gospodarki zasobami wodnymi”).

1973, Sobolev i Maslennikova 1973, Bergun 1975), jednakże w naszych stawach i jeziorach w wodzie nie podgrzanej stwierdza się dobry przyrost tołpygi (Bryliński i in. 1976). Niewątpliwie dla aktywności, a w konsekwencji i tempa wzrostu tołpygi oraz jej wpływu na plankton duże znaczenie ma temperatura w konkretnym roku. Na przykład w identycznych zagrodach eksperymentalnych o powierzchniach 6 m² w ciepłym roku 1973 dzięki tołpydze uzyskano obniżenie biomasy planktonu do wartości bardzo niskich (Kajak i in. 1975), natomiast w roku 1974, przy podobnych biomasach tołpygi 90 g/m³ w 1973 i 100 g/m³ w 1974) nie uwidocznił się żaden wyraźny wpływ na plankton (Kajak i in. nie publ.). Również Sobolev i Maslennikova (1973) stwierdzili brak wyraźnego wpływu tołpygi na plankton.

Wypełnienie przewodów pokarmowych jest często duże, nawet przy bardzo małej ilości pokarmu w środowisku (Kajak, Spodnievska i Wiśniewski 1977). Można jednak przypuszczać, że nie jest ono dobrym wskaźnikiem intensywności odżywiania i ilości pobieranego pokarmu. Omarov i Lazareva (1974) zwracają też uwagę na duże różnicowanie wypełnienia przewodów pokarmowych — u 2-latków kilkakrotne, spowodowane być może tym, że materiał pochodził z różnych rejonów zbiornika. Kajak, Spodnievska i Wiśniewski (1977) stwierdzili te same wartości wypełnienia przewodów pokarmowych u różnych osobników w danym środowisku, jednak materiał pochodził z tego samego miejsca — sadzy lub zagrody eksperymentalnej.

W różnych sytuacjach w zawartości przewodów pokarmowych ryb mogą dominować, a nawet osiągać 100%, różne z głównych składników pokarmu — fitoplankton, zooplankton, detrytus (Boruckij 1973, Sirenko i in. 1973, Omarov i Lazareva 1974, Opuszyński 1964, Lubeznov 1974, Vovk 1974, Kajak, Spodnievska i Wiśniewski 1977). Podkreśla się większy udział detrytusu w pokarmie przy ubóstwie planktonu w środowisku; wzrost tołpygi odżywiającej się detrytusem nie ulega pogorszeniu (Omarov i Lazareva 1974).

Fakty te są niezmiernie ważne, bowiem stwarzają nadzieję na szerokie zastosowanie tołpygi — również w sytuacjach ze stałym lub okresowym ubóstwem planktonu. Byłby to zarazem krok w kierunku lepszej utylizacji pokaźnych zasobów detrytusu w naszych wodach, zupełnie nie wykorzystywanych przez ichtiofaunę, podczas gdy np. ichtiofauna południowoamerykańska czy azjatycka w znacznym stopniu korzysta z zasobów detrytusowych.

W zasadzie w piśmiennictwie panuje zgodność, że każda z głównych grup pokarmowych (fitoplankton, zooplankton, detrytus z wody i osadów dennych — Vovk 1976) jest istotna, w znacznym stopniu „wymieniana” i może w określonych okolicznościach dominować. Wprawdzie niektórzy autorzy (Lubeznov 1974, Omarov i Lazareva 1974, Bergun 1975) sądzą, iż zooplankton bywa pobierany tylko wyjątkowo, zwłaszcza przy niedostatku fitoplanktonu, przypuszczalnie jednak analizowane przez nich przypadki były wyjątkami potwierdzającymi prawidłowość ogólną — dużą plastyczność pokarmową tołpygi. Wydaje się niewątpliwa większa wybiórczość w stosunku do zooplanktonu w niższych temperaturach (Wolny 1969).

3. Wybiórczość gatunkowa planktonu

Bardzo kontrowersyjne są dane co do wybiórczości gatunkowej w obrębie fitoplanktonu. Jak wspomniano wyżej, większość danych dotyczy tylko zawartości przewodów pokarmowych, a często nie jest jasne, czy ryby miały możliwość wyboru pokarmu. Tak np. Muchamedova (1974), Szalar i in. (1968 wg Opuszyńskiego 1969) stwierdzają, że przewody pokarmowe pełne są *Microcystis aeruginosa* Kützing i sądzą stąd, że tołpyga odżywia się wybiórczo. Wielu autorów sądzi, że tołpyga przejawia wybiórczość gatunkową w stosunku do glonów, wielu innych — że nie (przegląd: Boruckij 1973). Jednakże dane z nowszych pozycji piśmiennictwa dowodzą w sposób niewątpliwy istnienia, przynajmniej niekiedy, wybiórczości pokarmowej w stosunku do poszczególnych gatunków. Omarov i Lazareva (1974) stwierdzili, że sinic w pokarmie jest mniej niż w środowisku — odpowiednio 6 i 29%, zaś okrzemek, *Protococcales* i *Eugleninae* — więcej (w pokarmie 37, 38 i 14%; w środowisku 30, 15 i 9%). Sirenko i in. (1973) stwierdzili wybiórczość pozytywną okrzemek *Protococcales* i *Eugleninae*, zaś negatywną — sinic. Także Vovk (1976) sądzi, że jeśli zachodzi wybiórczość pozytywna, to właśnie w stosunku do wyżej wymienionych grup, niekiedy jednak stwierdzono także wybiórczość pozytywną sinic. Lubeznov (1974) stwierdził w przewodach pokarmowych tylko jeden z dwu gatunków sinic występujących w środowisku, przy tym znajdował się on w przewodach pokarmowych nieznacznie. Kajak, Spodnievska i Wiśniewski (1977) wykazali dużą zmienność wybiórczości pokarmu w różnych sytuacjach, w tym niepobieranie niektórych sinic nitkowatych: *Oscillatoria redeckei* Van Goor i *O. limnetica* Lemmermann. Oba te gatunki mają małą średnicę nici (około 2—3 μm) i trudno wykluczyć, że przechodzą nie zatrzymane przez filtr tołpygi, chociaż długość nici wynosi 200—300 μm . Dziwi jednak zupełny ich brak w zawartości przewodu, nawet przy bardzo silnej dominacji w środowisku.

Wielu autorów stwierdza, że sinice są jedzone tylko przy ich masowym występowaniu i wybiórczość w stosunku do nich jest z reguły negatywna (Omarov i Lazareva 1974, Vovk 1974). Niektóre z sinic spotykane są w przewodach pokarmowych sporadycznie, nawet przy masowym występowaniu w środowisku (Omarov i Lazareva 1974). Przy wyłącznym występowaniu sinic stwierdzono nawet przerwanie żerowania, a przy ich bardzo silnej dominacji (96%) słabsze wykorzystanie także innego pokarmu (*Eugleninae*) (Savina 1965) oraz wolniejszy metabolizm i wzrost (Omarov i Lazareva 1974, Vovk 1976). Sinice stanowiłyby więc pokarm wymuszony. Przy masowym występowaniu sinic obserwowano wypluwanie pokarmu (Savina 1965). O wybiórczości pokarmowej w stosunku do poszczególnych gatunków glonów pośrednio świadczy także różna szybkość ich filtracji (różnice ponad 20-krotne; Savina 1965). Oczywiście wybiórczość gatunkowa jest przejawem ogólniejszej wybiórczości jakościowej — ten sam gatunek może być pobierany bardziej lub mniej chętnie, zależnie od jego stanu fizjologicznego związanego z warunkami środowiska, etapem rozwoju zakwitu, itd.

Istotna jest sprawa mechanizmów wybiórczości pokarmowej, przy w zasadzie pasywnym sposobie filtracji tołpygi. Panov, Sorokin i Motenkova (1969) sugerują wyszukiwanie skupień odpowiedniego

pokarmu; można także założyć unikanie pewnych środowisk (np. powierzchniowych warstw ze skupiskami sinic). Wyżej wspomniano już wypluwanie nieodpowiedniego pokarmu. Prawdopodobna jest też (Omarov i Lazareva 1974) różna ilość śluzu wydzielanego w różnych sytuacjach pokarmowych, a mogącego mieć istotne znaczenie w zatrzymywaniu filtrowanego pokarmu. Wreszcie trudno wykluczyć znaczenie małej średnicy sinic nitkowatych.

Konsekwentnie do niechętnego pobierania sinic są one również gorzej przyswajalne, a ryby żywiące się sinicami wykazują gorsze wskaźniki biochemiczne. Stan ten jest jednak odwracalny przy zmianie rodzaju pokarmu; przy zagęszczeniach sinic spotykanych w naturze nie dochodzi do śmiertelności ryb (Sirenko i in. 1973). Prowse (1964) wypowiedział nawet pogląd, że większość ryb glonożernych trawi tylko okrzemki, a nie trawi *Chlorococcales*, *Eugleninae* i wielu sinic. Savina (1965) stwierdza przechodzenie sinic *Oscillatoria granulata* Gardner i *Anabaena Weneri* Brunthaler w stanie nie uszkodzonym przez przewód pokarmowy tołpygi, podczas gdy trawione były okrzemki i *Protococcales*. Sirenko (wg Vovk 1976) stwierdza, że *Microcystis aeruginosa* przechodzi nie strawiona przez przewód pokarmowy tołpygi; trawione są jedynie otoczki śluzowe. Konsekwentnie przyswajalność *Microcystis* oraz wzrost ryb przy jej dominacji w pokarmie były gorsze niż przy innym składzie pokarmu. Natomiast szereg innych gatunków sinic, jak *Aphanizomenon flos aquae* (L.) Ralfs, *Oscillatoria Aghardhii* Gomont, *Anabaena variabilis* Kützing, *Anabaena Schremietievii* Elenkin, *A. Hassali* (Kützing) Wittrock i inne stanowiło wartościowy pokarm (Vovk 1976). Oczywiście przyswajalność, podobnie jak samo pobieranie glonów, zależy od ich stanu jakościowego; glony rozkładające się były przyswajane lepiej niż żywe (Vovk 1974).

Brak prawie danych o wybiórczości w stosunku do poszczególnych grup i gatunków zooplanktonu. Można by się spodziewać, że *Copepoda*, w związku z ich większą ruchliwością, łatwiej unikają chwytania przez tołpygę; byłoby to bardzo istotne dla funkcjonowania ekosystemu. Selektywne wyżeranie filtratorów, a pozostawienie ich drapieżców — *Cyclopidae* — nasilałoby jeszcze presję na zooplankton filtrujący i tym samym zmniejszało presję na nannoplankton. Jednakże ani porównanie danych z przewodów pokarmowych ze stanem zooplanktonu w środowisku (Kajak, Spodnievska i Wiśniewski 1977), ani też porównanie stanu zooplanktonu przy różnej presji tołpygi (Kajak i in. 1975) nie wskazują na wybiórczość wyżerania poszczególnych grup zooplanktonu. Natomiast Malcman (1970) sugeruje wyżeranie przez narybek tołpygi większych form zooplanktonu. Grygierek (1973) wykazuje wzrost liczebności lub przynajmniej udziału dużych filtratorów w całym zespole skorupiaków zooplanktonowych pod wpływem tołpygi. Przyczyną tego nie jest jednak prawdopodobnie selektywne żerowanie tołpygi, a bardziej złożone zależności. Oczywiście sprawy te są ogromnie zmienne w poszczególnych sytuacjach. Ostateczny efekt w postaci rozwoju fitoplanktonu zależy od intensywności i selektywności wyżerania makrofitoplanktonu i zooplanktonu przez tołpygę, od obfitości i stosunków ilościowych w obrębie i między tymi grupami oraz od warunków środowiskowych, w jakich się te zależności rozgrywają.

4. Zmiany w ekosystemie pod wpływem tołpygi

Ze sprawą odżywiania i wybiórczości pokarmowej wiąże się ściśle przekształcanie ekosystemu. Jak wiadomo może ono być bardzo znaczne, zarówno w przypadku ryb planktonożernych, jak i innych, np. karpia (K a j a k i Z a w i s z a 1973). Tołpyga biała, wyżerająca makrofitoplankton, doskonale uzupełnia działanie zooplanktonu żywiącego się nannofitoplanktonem. Co więcej, przez wyżeranie makrofitoplanktonu, konkurującego z nannofitoplanktonem, stwarza lepsze warunki dla tego ostatniego, a w konsekwencji — dla zooplanktonu i ryb zooplanktonożernych (G r y g i e r e k 1973). Wyżerany jest także zooplankton i to niekiedy w znacznym stopniu.

Na materiale z kilku jezior stwierdzono, że średnio zooplankton był zjadany w ilości około 4-krotnie mniejszej niż fitoplankton (K a j a k, S p o d n i e w s k a i W i ś n i e w s k i 1977). Biomasa zooplanktonu w pelagialu jest przeważnie kilka razy niższa, a jego czas obrotu (turnover time) kilka razy dłuższy niż makrofitoplanktonu. W świetle tego można przyjąć, że faktyczna presja tołpygi na zooplankton jest kilkakrotnie silniejsza niż na makrofitoplankton. Jeśli tak, to sytuacja jest jeszcze korzystniejsza dla nannofitoplanktonu, bo nie tylko usuwany jest jego konkurent (makrofitoplankton), ale także konsument — zooplankton filtrujący.

Niewątpliwie znacznie bardziej efektywne niż bezpośrednie wyżeranie fitoplanktonu jest działanie pośrednie tołpygi, poprzez eliminację i zmiany stosunków ilościowych w obrębie fitoplanktonu i zooplanktonu, związane z tym zmiany stosunków konkurencyjnych, antybiotycznych, ilości i jakości biogenów i innych substancji wydalanych do środowiska, a w konsekwencji także zmiany warunków fizyczno-chemicznych (O p u s z y ń s k i 1977). Dla przykładu można wspomnieć, że racje pokarmowe zooplanktonu (H i l l b r i c h t - I l k o w s k a 1976), są co najmniej kilkakrotnie większe niż tołpygi, a przy tym biomasy zooplanktonu podobne do biomas tołpygi przy jej dużych obsadach są normalne dla średnio żyznych zbiorników. Tak więc stosunkowo nieznaczna zmiana spowodowana przez tołpygę w zooplanktonie (a zapewne także fitoplanktonie) może powodować wielokrotnie większe konsekwencje. Rola zooplanktonu w wydzielaniu substancji odżywczych dla fitoplanktonu jest szeroko znana i doceniona (R i g l e r 1973 i in.). To samo oczywiście dotyczy ryb, zwłaszcza roślinożernych, ze względu na większe ilości pobieranego pokarmu, a w związku z tym i większe ilości fekalii i produktów metabolizmu. Racje pokarmowe tołpygi są dość wysokie — około 20% (O m a r o v 1970, B o r u c k i j 1973, O m a r o v i L a z a r e v a 1974); w pierwszym roku życia wynoszą 26—30% (M u c h a m e d o v a 1974). Głównym źródłem zwrotu do zbiornika substancji pobranych przez tołpygę w pokarmie jest niewątpliwie kał; istotne dla żyzności zbiornika i rozwoju fitoplanktonu są więc dalsze losy kału. Jak wynika z obserwacji B a r t h e l m e s a (1975), szybkość tonięcia kału tołpygi jest dość duża (1—3 m/s), a więc wypada on ze strefy epilimnionu, zanim zdąży się w istotnym stopniu rozłożyć. Potwierdzają to dane K a j a k a i in. (1975) świadczące o tym, że tołpyga bardzo silnie zmniejsza obfitość planktonu przez sedymentację sestonu w formie swego kału. Miało to miejsce w płytkim środowisku (1,5 m), w zagrodach o powierzchni 6 m², które niewątpliwie w pewnym stop-

niu ograniczały mieszanie; niemniej sądząc z obserwacji wizualnych ruch wody w zagrodach był dość silny. Jeśli mimo to przez 10 tygodni w zagrodach z tołpygą utrzymywał się znacznie niższy poziom planktonu niż w kontrolnych i niż bezpośrednio w jeziorze, świadczy to, że kał tołpygi wolno włączał się do obiegu. Wobec prawie zupełnego wyzerowania zooplanktonu uległo likwidacji również i to źródło biogenów (wydzielanie ich przez zooplankton) dla fitoplanktonu. Przypuszczalnie w stawach rybnych, gdzie obsada tołpygi i w związku z tym intensywność wyzerania planktonu przez tołpygę była mniejsza, substancje wytrącane z kałem były dostatecznie szybko dla tych warunków zwracane do obiegu. Pozostał też zooplankton jako źródło regeneracji biogenów. W efekcie przy umiarkowanym wyzeraniu (a więc może nawet stymulującym rozwój fitoplanktonu; Januszko 1974) i dostatecznie szybkiej mineralizacji kału tołpygi (który zresztą jako substancja wartościowa odżywczo może dodatkowo stymulować destrukcję osadów dennych i zwrot biogenów do obiegu), zachodziła stymulacja rozwoju planktonu (Januszko 1974, Opuszyński 1977). Przypuszczalnie dla destrukcji kału tołpygi i osadów dennych istotny był stymulujący efekt mieszania dna przez karpie w stawach, co nie miało miejsca w zagrodach z zagęszczeniami tołpygą, izolowanych od innych ryb.

Niewątpliwie w zbiornikach z wykształconą termokliną substancje wytrącone na dno z kałem tołpygi nie wrócą do obiegu przynajmniej w okresie stagnacji. Wobec ciągle niedostatecznego zrozumienia zależności między wodą a osadami dennymi w zakresie krążenia biogenów, stopnia włączania się do obiegu biogenów odłożonych w osadach dennych w zbiornikach dimiktycznych (Kajak 1976), trudno przewidzieć, jaki długofalowy efekt miałyby oddziaływanie tołpygi w takich zbiornikach.

W świetle omówionych wyżej skomplikowanych zależności tołpygi z innymi elementami ekosystemu, jest w pełni zrozumiałe, że w różnych sytuacjach efekty są różne — od prawie pełnej eliminacji planktonu (Kajak i in. 1975) po jego stymulację połączoną ze zmianami stosunków ilościowych (Januszko 1974, Opuszyński 1977). Jeśli słuszne jest założenie o stymulacji destrukcji przez odchody tołpygi, zwłaszcza w warunkach intensywnego mieszania dna przez ryby lub ruchy wód, to rozumiałoby jest wzrost ilości bakterii w stawach (Krüger wg Opuszyńskiego 1969, Opuszyński 1977), zaś brak takiego wzrostu w zagrodach eksperymentalnych, gdzie ta destrukcja zachodziła wolniej (Kajak i in. 1975).

W świetle intensyfikacji obiegu materii w stawach dzięki tołpydze oraz prawdopodobnemu wzrostowi obfitości i produkcji bentosu rozumiałoby jest także wzrost produkcji karpia (Opuszyński 1969, Grygierek 1973). Wzrost obfitości bentosu (Kajak i in. 1975, Wasilewska 1977 wg Opuszyńskiego 1977) zachodzi prawdopodobnie dzięki dopływowi cennego pokarmu — bądź to w postaci kału tołpygi, który może wielostronnie oddziaływać na warunki troficzne na dnie (wzrost ilości bakterii, zmiany jakościowe detrytusu itd.), bądź też w postaci sedymentacji planktonu, np. okrzemek, które są szczególnie chętnie pobierane i przyswajane przez *Chironomidae* (Kajak i Warda 1968), często dominujące w bentosie. Zasadnicze znaczenie jakości pokarmu dla bentosu zostało wielokrotnie stwierdzone (Kajak i in. 1977).

W dotychczasowych, niewielu jeszcze niestety eksperymentach, zmiany jakościowe fitoplanktonu pod wpływem tołpygi były korzystne dla

czystości wody — spadek udziału sinic lub zielenic, wzrost udziału okrzemek lub niektórych innych grup, w tym nannoplanktonu (K a j a k i in. 1975, Januszko 1977 wg O p u s z y ń s k i e g o 1977).

Natomiast obniżenia biomasy fitoplanktonu można się ewentualnie spodziewać raczej w zbiornikach stratyfikowanych (gdzie substancje wytrącane z fekaliami nie wrócą do obiegu przynajmniej w okresie stagnacji) niż w zbiornikach płytkich, polimiktycznych, zwłaszcza przy aktywnej penetracji ryb bentosożernych. Dotychczasowe wyniki badań są jednak jeszcze za skąpe, a często także za mało ścisłe; istnieje pilna potrzeba dalszych badań.

5. Zależność planktonu od wielkości obsad tołpygi

Jeśliby założyć, że w działalności tołpygi w ekosystemie decydujące jest wyżeranie planktonu, przyjmując jak wyżej 20-procentową rację pokarmową, łatwo obliczyć, że przy zagęszczeniach tołpygi 1–5–25 g/m³ (co dla płytkich jezior o głębokości średniej 2 m daje odpowiednio 20–100–500 kg/ha, zaś dla jezior głębokich o 5-metrowej warstwie epilimnionu — 50–250–1250 kg/ha) dobowe wyżeranie planktonu wyniesie odpowiednio 0,2–1,0–5,0 g/m³ lub mg/l. Przy zakwitach fitoplanktonu, wynoszących kilkadziesiąt do ponad 100 mg/l, zagęszczenie minimalne tołpygi spowoduje dobową eliminację ułamka do paru procent biomasy fitoplanktonu, zaś przy maksymalnych — od kilku do kilkunastu procent.

Oczywiście często biomasa fitoplanktonu jest niższa i stopień jej eliminacji przez tołpygę przy tej samej obsadzie — odpowiednio wyższy.

Nawet w zbiornikach, gdzie fitoplankton osiąga bardzo wysokie biomasy, okresowo są one niskie i być może tołpyga eliminując fitoplankton przy niezbyt wysokim jego poziomie mogłaby nie dopuścić do masowych zakwitów.

Zagęszczenie tołpygi rzędu maksymalnych z wyżej wymienionych (30–90 g/m³) spowodowało kilkakrotne zmniejszenie biomasy fito- i zooplanktonu, jednakże przy stosunkowo niewysokiej biomasy fitoplanktonu (18 mg/l) w kontroli (K a j a k i in. 1975). Przypuszczalna konsumpcja pokarmu przez tołpygę w tych sytuacjach wynosiła 33–100% biomasy fitoplanktonu na dobę. W stawach rybnych (J a n u s z k o 1974) przy wyjściowej mniejszej biomasy tołpygi (około 5 g/m³), ale końcowej podobnej do biomasy w zagrodach eksperymentalnych (około 25 g/m³ — przeliczenie z danych K a j a k a i in. 1975, tab. V; dla zagęszczenia 1500 osobn./ha) obserwowano dwukrotne zwiększenie biomasy fitoplanktonu. W końcowym okresie sezonu ryby wyżerały w stawach (przyjmując rację dobową = 20% ciężaru ciała ryby) około 5 g/m³ fitoplanktonu, a więc zaledwie kilka procent jego biomasy. Dwukrotnie większa obsada ryb spowodowała średnio zmniejszenie biomasy fitoplanktonu w stosunku do kontroli, jednak w niektórych powtórzeniach biomasa była wyższa niż w kontroli. Dobowe zapotrzebowanie pokarmowe tołpygi wynosiło przypuszczalnie w tym wariantcie przy końcu sezonu około 10 g/m³, co przy średniej biomasy 34 g/m³ (J a n u s z k o 1974) stanowiło około 30%, a więc wartość zbliżoną do tej, jaka w zagrodach eksperymentalnych powodowała już skuteczne, kilkakrotne obniżenie biomasy fitoplanktonu. W stawach przy takiej presji tołpygi na

fitoplankton obniżenie jego biomasy było minimalne — około 10%. Przy jeszcze wyższych zagęszczeniach tołpygi w stawach (157 g/m³) i dość niskiej biomasy fitoplanktonu w kontroli (16 mg/l), gdy dobowe zapotrzebowanie pokarmowe tołpygi wynosiło 194% biomasy fitoplanktonu, zachodził wzrost biomasy fitoplanktonu (i produkcji pierwotnej), przy zmianie dominacji z zielenic na okrzemki (Opuszyński 1977). Januszko (1974) i Opuszyński (1977) są jednak zdania, że decydujące w stawach było nie bezpośrednio wyżeranie fitoplanktonu, a inne czynniki. Jeśliby jednak zakładać, że tołpyga działa przez bezpośrednią eliminację na rozwój planktonu i związany z tym stan czystości wody, można by się spodziewać, na podstawie omówionych materiałów, jej efektywnego działania przy bardzo wysokich zagęszczeniach. Na przykład przy obsadzie 5000 kg/ha eliminacja dobową fitoplanktonu w jeziorach głębokich wyniosłaby 20 g/m³, co przy zakwicie fitoplanktonu 100 g/m³ stanowiłoby 20%.

Powyższe wyliczenia przeprowadzono przy założeniu, że tołpyga żywi się wyłącznie fitoplanktonem. Oczywiście nie jest to prawda; jak wyżej wspomniano, zmienność udziału poszczególnych składników w pokarmie jest dość duża. W materiałach Kajak i in. (1977) z kilku jezior fitoplankton stanowił średnio 48% pokarmu. Oczywiście stopień presji na fitoplankton zależy od stopnia jego udziału w pokarmie.

6. Potrzeby badań

Zrozumienie i przewidywanie efektów działania tołpygi zależy od stanu naszej wiedzy o współzależnościach i funkcjonowaniu biocenoz planktonowych i całych ekosystemów słodkowodnych.

W świetle wymienionych na wstępie głównych celów introdukcji tołpygi — podniesienia produkcji ryb i zwiększenia czystości wody, uwzględniając zreferowane wyniki piśmiennictwa, wydaje się, że najważniejsze sprawy wymagające zbadania, to:

- wybiórczość pokarmowa,
- racje pokarmowe,
- ilość kału i produktów metabolizmu, ich wpływ na destrukcję i znaczenie dla krążenia materii,
- rozwój planktonu i bentosu przy różnych obsadach tołpygi,
- wpływ różnych obsad tołpygi na funkcjonowanie różnych ekosystemów.

Oczywiście wszystkie te badania winny być wykonane w szerokim zakresie warunków — termiki, trofii, miksji i innych, przy różnej obfitości i składzie jakościowym zespołów fito- i zooplanktonu oraz ichtiofauny.

Piśmiennictwo

- Aliev D. S. 1976 — Rol' rastitel'nojadnych ryb w rekonstrukcji promyslovoj ichtiofauny i biologičeskoj melioraciji vodoemov — Vop. Ichtiol. 16: 247—262.
- Antalfi A., Tölg I. 1975 — Ryby roślinożerne — Warszawa, PWRiL, ss. 270.
- Barthelmes D. 1975 — Zur Phosphatregeneration durch Silberkarpfen. (W: Symp. Suspendiertes Material in Binnen und Küstengewässern) — Schloss Reinhardsbrunn, 66—69.

- Bergun N. G. 1975 — K voprosu ob aklimatizacii rastitel'nojadnych ryb v Volgogradskom vodochranilišče — Ryb Choz. 2: 20—22.
- Boruckij E. V. 1973 — Pitanie belogo (*Hypophthalmichthys molitrix* (Val.)) i pestrogo (*Aristichthys nobilis* (Val.)) tolstolobikov v estestvennyh vodoemach i prudach SSSR (W: Trofologija vodnych životnych. Itogi i zadači. Red. G. V. Nikolskij, P. L. Pirožnikov) — Izd. Nauka, Moskva, 299—322.
- Bryliński E., Krzywosz T., Białokoz W. 1976 — Wyniki obserwacji tołpygi białej w jeziorze Dgał Mały — Gospod. rybna, 28: 3—5.
- Gajnev S. S., Nazarenko V. A. 1972 — Vselenie peljadi i rastitel'nojadnych ryb v Kujbyševskoe vodochranilišče — Ryb. Choz. Mosk. 7: 15—17.
- Grygierek E. 1973 — The influence of phytophagous fish on pond zooplankton — Aquaculture 2: 197—208.
- Hillbricht-Ilkowska A. 1977 — Trophic relations and the energy flow in the pelagic plankton — Pol. ecol. Stud. 3: 3—98.
- Jakovčuk M. 1970 — Polikultura i udobrenija — Rybovod Rybolov. 13: 5.
- Januszko M. 1974 — The effect of three species of phytophagous fish on algae development — Pol. Arch. Hydrobiol. 21: 431—454.
- Kajak Z. 1976 — Sedymentacja a eutrofizacja wód (W: Materiały z konferencji na temat: Nawożenie a eutrofizacja wód) — Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Zielona Góra, 141—162.
- Kajak Z. 1977 — Factors influencing benthos biomass in shallow lake environments — Ekol. pol. 25 (w druku).
- Kajak Z., Rybak J., Spodniewska I., Godlewska-Lipowa W. A. 1975 — Influence of the planktonivorous fish *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) on the plankton and benthos of the eutrophic lake — Pol. Arch. Hydrobiol. 22: 301—310.
- Kajak Z., Spodniewska I., Wiśniewski R. J. 1977 — Studies on food selectivity of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) — Ekol. pol. 25: 227—239.
- Kajak Z., Warda J. 1968 — Feeding of benthic non-predatory *Chironomidae* in lakes — Ann. Zool. fenn. 5: 57—64.
- Kajak Z., Zawisza J. 1973 — Experimentally increased fish stock in the pond type Lake Warniak. XIV. The relations between the fish and other biocenotic components (summing up the studies) — Ekol. pol. 21: 631—648.
- Kolosova S. A. 1975 — Belyj tolstolobik v Cimlanskom vodochranilišče — Ryb. Choz. 2: 14—23.
- Krasnov N. I., Kraev N. P. 1967 — Opyt vselenija tilapii v vodoemy ochladiteli GRES — Élekt. Sta. 38: 62—63.
- Lachnovič V. 1973 — Biologičeskie osnovy povyšeniya ryboproduktivnosti prudov Baltijskogo bassejna (W: Tr. XV nauč. konfer. po izuč. vodoemov Pribaltiki) — Wysš. Šk. Minsk, 124—127.
- Lubeznov J. E. 1974 — Značenie zooplanktona v pitanii belogo tolstolobika v prudach Tedzenskogo ryb-choza — Izv. AN Turkm. SSR, Ser. biologičeskich nauk, 2: 34—40.
- Malcman T. S. 1970 — O vlijanii vyedaniya zooplanktona rybami na ego razvitie v prudach (na primere malkovyh prudov Cimlanskogo nerestovo-vyrastnogo chozjajstva) — Ž. obšč. Biol. 31: 630—639.
- Muchamedova A. F. 1974 — Analiz pitaniya i rosta molodi tolstolobika v prudach Cimlanskogo nerestovo-vyrostnogo chozjajstva — Izv. gosud. nauč.-issled. Inst. ozer. reč. ryb. Choz. 88: 231—245.
- Omarov M. O. 1970 — Sutočnyj racjon belogo tolstolobika *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) — Vop. Ichtiol. 10: 580—582.

- Omarov M. O., Lazareva L. P. 1974 — Pitanie belogo tolstobika v vodoemach Dagestana — *Gidrobiol. Ž.* 10: 100–103.
- Opuszyński K. 1964 — Nowe możliwości zwiększenia produkcji stawowej — aklimatyzacja ryb roślinożernych — *Ekol. pol. B*, 10: 202–214.
- Opuszyński K. 1969 — Produkcja ryb roślinożernych (*Ctenopharyngodon idella* Val. i *Hypophthalmichthys molitrix* Val. w stawach karpowych — *Roczn. Nauk roln.* 91: 219–309.
- Opuszyński K. 1971 — Present state and the perspectives in culture of phytophagous fish in Europe (W: Proceedings of the symposium: new ways of freshwater fishery intensification — Vodnany — Fisheries Research Institute, Vodnany, 58–72.
- Opuszyński K. 1977 — Wpływ tołpygi białej na eutrofizację środowiska stawów karpowych. Część VII. Podsumowanie — *Roczn. Nauk roln.* (w druku).
- Panov D. A., Sorokin J. I., Motenkova L. T. 1969 — Eksperimentalnoe izučeniye pitaniya molodi tolstolobikov — *Vop. Ichtiol.* 9: 101–112.
- Prowse G. A. 1964 — Some limnological problems in tropical fish ponds — *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.* 15: 480–484.
- Rigler F. H. 1973 — A dynamic view of the phosphorus cycle in lakes (W: Environmental phosphorous handbook) — J. Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, 539–568.
- Savina P. A. 1965 — Filtracionnoe pitanie belogo tolstolobika *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) — *Vop. Ichtiol.* 5: 135–140.
- Scheer D. 1964 — Chinesische Cypriniden ihre Ernährungs Wachstumsleistungen und Einbürgerungs eignung und Bemerkungen zum ihrer Benennung — *Z. Fisch.* 12: 327–339.
- Sirenko L. A., Vovk P. S., Malarevskaja A. M., Birger T. M. 1973 — Ograničenie evtrofikacii v Dneprovskich vodochraniliščach putem izjatija vodoroslej i introdukcii rastitel'nojadnych ryb (W: Biologische Gesellschaft der DDR und Technische Universität, Eutrophierung und Gewässerschutz) — Dresden, 6.
- Sobolev J. A., Maslennikova E. J. 1973 — Itogi pjatiletnich issledovanij po rybochozjajstviennomu ispolzovaniju rastitel'nojadnych ryb v BSSR (W: Tr. XV Nauč. Konf. po izuč. vodoemov Pribaltiki) — 136–139.
- Wolny P. 1969 — Ryby roślinożerne aklimatyzowane w Polsce. Biologia 3 gatunków — *Opracowania Instytutu Rybactwa Śródlądowego*, 36: 1–19.
- Wolny P. 1970 — Wpływ czynników intensyfikacji na wzrost osobniczy, przeżywalność i zwiększenie produkcji trzech gatunków ryb roślinożernych — *Roczn. Nauk. roln. Ser. H*, 92: 97–119.
- Vovk P. S. 1974 — O vozmožnosti ispolzovanija belogo tolstolobika (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) dla povyšeniya ryboproduktivnosti i sniženija urovnja evtrofikacii Dneprovskich vodochranilišč — *Vop. Ichtiol.* 14: 406–414.
- Vovk P. S. 1976 — Biologija dalnevostočnych rastitel'nojadnych ryb i ich chozjajstvennoe ispolzovanie v vodoemach Ukrainy — *Nauk. Dumka, Kiev*, ss. 254.

Summary

The chief components of the food of the silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.), are phytoplankton, detritus and zooplankton which occur in greatly differing proportions under different conditions. Growth of these fish is good even when detritus predominates in their food, which offers promising prospects of introducing silver carp into bodies of water in which there is periodical or even

constant low plankton biomass. It would appear that zooplankton is a preferred food when biomass of phytoplankton is very high; this seems to apply also to phytoplankton under conditions in which it is particularly poor. Species preference of phytoplankton is an undoubted fact, but it is difficult to grasp any regularities in this connection. The question of digestion of different groups of algae is also not clear. Preferences for species or groups of zooplankton is a matter which is both confused and controversial.

In the cases examined silver carp usually decidedly reduced the biomass of planktonic crustaceans. The biomass of phytoplankton was in some situations distinctly reduced, in others distinctly increased. This increase could occur even when density of silver carp was extremely great — up to 157 g/m³. Decrease took place in phytoplankton biomass under conditions in which substances were removed from water due to sedimentation of the faeces of silver carp. In shallow habitats, particularly with intensive mixing of bottom sediments by benthos consuming fish, the reverse effect was observed — the faeces of silver carp stimulated destruction and increased the amount of substances present in circulation. Thus, improvement in the purity of water and reduction of phytoplankton biomass by silver carp is more likely to occur in stratified bodies of water, where long-lasting fall-cut of substances from circulation in the epilimnion may take place. Even under such conditions, if the trophic state of water is very high and there are luxuriant water blooms, it would probably be necessary to ensure very high stocks of silver carp — at least several hundred kg/ha.

The indirect effect exerted by silver carp through the consumption of filter-feeding zooplankton seems to be even more important than the direct effect of these fish on phytoplankton by its elimination; decreased abundance of filter-feeding zooplankton results in reduced elimination of nanoplankton. On the other hand elimination of macrophytoplankton changes competition relations within the phytoplankton all these modify also physical and chemical factors, etc.

Both with a decrease and increase in phytoplankton biomass caused by silver carp (in the few cases when a detailed study was made) there was a decrease in the biomass of blue-green algae and green algae and increase in the biomass of diatoms and nanophytoplankton. These favourable changes in quality of phytoplankton must presumably be attributed to indirect effect. The mechanisms of these changes are not always clear.

Increase in biomass of benthos due to the effect of silver carp must presumably also be attributed to changes in the quality of phytoplankton. In order better to understand and foresee the role played by silver carp in ecosystems it is essential to obtain a larger amount of accurate data, particularly as to food preferences, amounts of food consumed, amount of faeces and products of metabolism, their effect on decomposition processes and significance in circulation of matter, development of plankton and benthos and functioning of different ecosystems with different stocks of silver carp. Such studies should be carried out within a wide range of conditions — temperature, trophic state, circulation and others, with different abundance and qualitative composition of groups of phyto- and zooplankton and ichthyofauna.