

ELIZA DĄBROWSKA-PROT
Instytut Ekologii PAN
Warszawa

Ryby jako czynnik redukcji i regulacji liczebności komarów w biocenozie*

The role of fishes in reduction and regulation of numbers of mosquitoes in the communities*

Działalność gospodarcza i cywilizacyjna człowieka nieustannie stwarza dogodne warunki dla masowego rozmnożenia komarów i rozprzestrzenienia się ich na tereny do niedawna dla nich niedostępne. Pociąga to za sobą konieczność szukania skutecznych metod walki z nimi, zapewniających likwidację lub znaczne ograniczenie ich liczebności. Pierwsze prace podnoszące problem walki z komarami pojawiły się w końcu XIX wieku, w związku z ustaleniem faktów przenoszenia przez komary malarii i żółtej febry. Budowa Kanału Panamskiego, która pociągnęła za sobą wybuch epidemii malarii o niespotykanych dotąd rozmiarach, była sygnałem, jak dalece skomplikuje się walka z komarami i chorobami przez nie przenoszonymi w dobie rozwoju transportu i nasilonych kontaktów między ludźmi. Zaczęto w związku z tym poszukiwać różnych dróg walki z komarami, między innymi przy użyciu drapieżców, a wśród nich ryb.

Sukcesy, jakie osiągnięto w walce z komarami dzięki wykorzystaniu różnych gatunków ryb, zadecydowały o ogromnym rozwoju tego typu badań. Literatura dotycząca tego problemu została zebrana w bibliografii opracowanej przez J. B. Gerbericha i M. Lairda, a wydanej nakładem Światowej Organizacji Zdrowia. Bibliografia obejmuje okres od pojawienia się pierwszych naukowych publikacji na temat możliwości wykorzystywania ryb w walce biologicznej z komarami, tj. od około roku 1900 do publikacji z połowy lat sześćdziesiątych. Ze względu na charakter bibliografii, bardzo obszernej, bo zawierającej 687 pozycji i omawiającej wyniki szeregu interesujących a obecnie trudno dostępnych prac, zasługuje ona na szczególną uwagę. Analiza zawartego w niej materiału daje wyobrażenie, w jakich kierunkach rozwijały się na przestrzeni przeszło pół wieku badania dotyczące redukcji i regulacji liczebności stadów wodnych komarów przez ryby.

* Artykuł opracowany na podstawie bibliografii: Gerberich, J. B., Laird M. 1966 — An annotated bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish revised and enlarged to 1965 — WHO (EBL) 66.71: 1—107.

* Article elaborated on the basis of bibliography: Gerberich, J. B. and Laird, M. 1966 — An annotated bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish revised and enlarged to 1965 WHO (EBL) 66.71.

Autorzy bibliografii obliczyli, że w latach 1901—1910 ukazało się 4,5% całości omawianej literatury i dotyczyła ona pierwszych prób użycia owadożernych ryb w zwalczaniu komarów. Opisywano pierwsze przeprowadzone w 1905 roku próby przesiedlenia z południowej części USA na odległe Hawaje gatunku *Gambusia affinis*; następnie nieudaną próbę aklimatyzacji w roku 1909 w Indiach znanej ryby owadożerne *Lebistes reticulatus*. W latach 1911—1920 pojawiło się 18% literatury, a głównym stimulatorem rozwoju tych prac były budowa Kanału Panamskiego i I wojna światowa oraz związane z nimi epidemie chorób przenoszonych przez komary. W okresie tym zanotowano szereg nieudanych prób aklimatyzacji gatunku *L. reticulatus*.

Omawiane badania przeżyły swój rozkwit w latach 1921—1930, kiedy to opublikowano 30% literatury. Dotyczyła ona głównie szeregu udanych introdukcji gatunku *Gambusia affinis* do zbiorników wodnych Hiszpanii w 1921 roku, we Włoszech w 1922 roku, w Jugosławii i ZSRR w 1924 roku, w Algierii i Korsyce w 1926 roku, w Grecji w 1928 roku, a w następnych latach w Egipcie, Cyprze, Syrii, Sudanie i południowej Europie. W Ameryce introdukowano go z powodzeniem w stanach północnych. Introdukcje te dały szereg materiałów dotyczących mechanizmów tego procesu, warunków jego powodzenia i w związku z tym stały się wzorem dla planowania tego typu przedsięwzięć. Dalsze badania, nieco osłabione (w latach 1931—1940 ukazało się tylko 21,5% całości literatury), poszły w kierunku analizy warunków aklimatyzacji różnych gatunków, podgatunków i odmian ryb, ich adaptacji do różnych środowisk i analizy czynników abiotycznych i biotycznych nasilających lub osłabiających drapieżnictwo ryb na komarach.

Wprowadzenie w okresie II wojny światowej preparatu DDT i uzyskanie dzięki jego zastosowaniu natychmiastowych sukcesów w walce z komarami, cały wysiłek badawczy skierowały na uzyskanie różnych rodzajów insektycydów. Osłabiło to w znacznym stopniu badania biologiczne i ekologiczne; tak więc w latach 1941—1950 pojawiło się tylko 14,5%, a w latach 1950—1965 już tylko 11,5% całości publikacji. Ujawnione jednak fakty powstawania odporności gatunków na insektycydy i braku selektywności w ich działaniu, pociągającej za sobą niszczenie części biocenozy, a nie tylko komarów, wzbudziło ponownie zainteresowanie walką biologiczną z komarami. Światowa Organizacja Zdrowia opracowała długofalowy program badań w tym zakresie, który realizowany jest przez wydział Vector Biology and Control z siedzibą w Genewie.

Analiza prac zawartych w bibliografii wykazuje, że badania w zakresie walki biologicznej z komarami przy wykorzystaniu ryb owadożernych skupiły się wokół kilku odrębnych problemów: 1) aklimatyzacji nowych dla danego terenu gatunków ryb znanych jako drapieżce komarów, 2) wykorzystania gatunków ryb miejscowych w procesie redukcji populacji komarów, 3) analizy czynników abiotycznych i biotycznych determinujących tempo redukcji liczebności komarów przez ryby.

Ad 1. Bogato reprezentowana jest literatura dotycząca pierwszego z wyróżnionych problemów. Ogromna większość prac, bo około 39% pozycji bibliografii, odnosi się do problemu aklimatyzacji gatunków *Gambusia*, które były introdukowane w latach trzydziestych do wielu krajów Europy, Azji i Ameryki. Poza pracami informującymi o faktach udanej introdukcji tych gatunków w różnych krajach, szereg publikacji dotyczyło analizy warunków abiotycznych, takich jak temperatura (szczegól-

nie w okresie zimy), światło, zasolenie wody, charakter zbiornika itp., sprzyjających utrzymaniu się gatunku w nowych środowiskach, tak różnorodnych jak naturalne zbiorniki stałe i okresowe, pola ryżowe czy różnego typu sztuczne zbiorniki wodne.

Innym gatunkiem ryby o szerokim zastosowaniu w walce z komarami jest znany z Barbados *Lebistes reticulatus*, określany w literaturze jako „Barbados millions”, „millions fish” lub po prostu „millions”. W omawianej bibliografii około 5% prac dotyczy tego właśnie gatunku. Ross pisząc o swoich próbach zwalczania malarii przy pomocy ryb w Indiach w latach 1889—1890 zwrócił uwagę, że wielkość ryby gra tu ogromną rolę, ponieważ duże ryby z reguły nie żerowały na komarach. Proponował on z tego względu wykorzystanie *L. reticulatus*, który na Barbados skutecznie zlikwidował plagę komarów, a z nią malarię. Pierwsze wiadomości o próbach wprowadzenia go do zbiorników tropikalnych pochodzą z lat 1913—1915, ale rozwój tych zabiegów datuje się dopiero od okresu II wojny światowej. W ich wyniku *L. reticulatus* został wprowadzony do zbiorników wodnych Afryki, Madagaskaru, Cejlonu, Indii, Indochin, Malajów, Polinezji i Panamy.

Poza wyżej wymienionymi podstawowymi drapieżcami komarów próbowano wprowadzić również inne gatunki ryb. Tak na przykład Alcock w 1902 roku w czasopiśmie „A naturalist in Indian Seas” donosił, że dwa gatunki ryb morskich z powodzeniem wprowadzono do sztucznych zbiorników na wyspie Aucutta, powodując w ten sposób całkowitą likwidację populacji komarów na tej wyspie. Obecnie zaś Department of Biological Control na uniwersytecie w Kalifornii dokonuje prób przesiedlenia rzadkich gatunków ryb ze zbiorników górskich Argentyny (*Cyndebias*), Brazylii (*Cyndebias*, *Simpsonichthys*) oraz Afryki (*Aphyosemion*, *Nothobranchius*) do zbiorników okresowych południowo-wschodnich stanów USA. Próby te mają już jednak znacznie mniejszy zakres niż w przypadku *Gambusia* i *L. reticulatus*.

Ad 2. Badania dotyczące analizy procesu redukcji stadiów wodnych komarów przez gatunki ryb miejscowych mają szczególne znaczenie. Szereg autorów wypowiada myśl, że dzięki swemu przystosowaniu do miejscowych warunków bytowania gatunki te mogą być równie skutecznymi drapieżcami komarów jak ryby introdukowane, a w szczególnych warunkach (np. klimatycznych) — nawet lepszymi. Tak na przykład na Korsyce *Gambusia holbrocki* najefektywniejszym drapieżcą komarów była w okresie lata i jesieni; natomiast wiosną, w okresie intensywnego rozwoju komarów, musiano stosować jeszcze dodatkowe metody zwalczania larw komarów. Gatunek *L. reticulatus*, introdukowany w Madrasie, napotykał tam na silny opór biocenozy miejscowej, polegający na masowym wyżeraniu go przez gatunki ryb miejscowych i żaby. W ZSRR w wielu środowiskach *Gambusia* była intensywnie niszczona przez ptaki wodne, żółwie, żaby i owady wodne. Trzeba również wziąć pod uwagę fakt, że żyworodne gatunki ryb, takie jak *Gambusia* i *L. reticulatus*, nieprzystosowane są do użytkowania zbiorników okresowych, które w pewnych strefach klimatycznych stanowią podstawowe środowiska bytowania komarów malarycznych.

W związku z powyższymi trudnościami związanymi z aklimatyzacją nowych gatunków i dużymi kosztami tych zabiegów, nasiliły się badania nad możliwościami wykorzystania w redukcji liczebności komarów przedstawicieli fauny miejscowej. Badania te obejmowały często kilka, kilka-

naście a nawet kilkadziesiąt gatunków ryb. Oparte były na analizach pokarmu poszczególnych gatunków, ze szczególnym uwzględnieniem udziału form larwalnych komarów, oraz analizach warunków ekologicznych determinujących wysoką efektywność drapieżnictwa ryb na komarach; ten ostatni problem zostanie szerzej omówiony w punkcie 3.

Badania prowadzone nad drapieżnictwem gatunków miejscowych wykazały, że szereg z nich jest nie mniej skutecznymi drapieżcami komarów niż ryby introdukowane. W wielu wypadkach należy im stworzyć tylko odpowiednie warunki ekologiczne, często możliwe do zrealizowania, a staną się skutecznym narzędziem w walce z komarami. Ostatnia wyróżniona grupa problemów dotyczy właśnie takich sytuacji.

Ad 3. Wyniki badań nad wykorzystaniem różnych gatunków ryb w walce biologicznej z komarami znalazły szerokie zastosowanie w praktyce; do roku 1942 aż 216 gatunków ryb było użytych do walki z 35 gatunkami komarów w 41 krajach świata. Wyniki tych zabiegów były jednak różne. W szeregu prac autorzy piszą o całkowitej lub prawie całkowitej likwidacji populacji komarów po wprowadzeniu do zbiorników ryb drapieżnych. Tak na przykład *Gambusia* na polach ryżowych w Turkestanie niszczyła około 90% populacji komarów; analogiczne badania prowadzone w USA wykazywały likwidację około 80% populacji. Równie skuteczny okazał się w walce z komarami *L. reticulatus*. W wielu jednak wypadkach uzyskiwano znacznie słabsze od przewidywanego oddziaływanie drapieżcy na liczebność ofiar. Proces redukcji liczebności komarów był uwarunkowany nie tylko właściwościami pokarmowymi ryb, takimi jak np. preferencja pokarmowa, wielkość racji pokarmowej itp., ale również szeregiem innych czynników modyfikujących siłę ich oddziaływania na populację komarów. W pracach zamieszczonych w bibliografii przeprowadzono analizy szeregu takich czynników — środowiskowych, populacyjnych i biocenotycznych.

W szeregu prac analizowane są wielkości racji pokarmowej gatunków drapieżców i udział w niej komarów. Stwierdzono na przykład w eksperymencie laboratoryjnym, że 1 osobnik *G. affinis* zjadał średnio na dobę 50 larw komarów; w sztucznych zbiornikach w USA dobową racją pokarmową tego gatunku wynosiła 150 larw. Szczegółowe badania terenowe w Dagestanie prowadzone na różnowiekowej populacji *G. affinis* wykazały, że dorosłe samice zjadały średnio na dobę 109 larw, a młode 1-miesięczne osobniki zjadały 5-krotnie mniej. Wielkość racji pokarmowej zmienia się więc w bardzo szerokich granicach nawet dla jednego gatunku. Równie duże różnice obserwowano w składzie pokarmu pobieranego przez ryby i w udziale w nim komarów. Badania prowadzone w słonawych bagnach subtropików wykazały, że w pokarmie szeregu ryb miejscowych komary stanowiły od 52,3 do 94,8% całości pokarmu pobieranego przez te gatunki, a u introdukowanej tam *G. affinis* — 79%. Wielkości te nie są stałe. Zmieniają się one z wiekiem osobników — w pokarmie młodych osobników *G. patruelis* larwy komarów stanowiły 64,8%, a starych osobników 52,8% całości pokarmu. Wielkość drapieżcy może również odgrywać rolę — ilość pobieranego pokarmu przez *G. affinis* wzrastała wraz z wielkością ryb. Równocześnie większe ryby zjadały mniej planktonu, a więcej makrofauny, między innymi larw komarów. Samce *G. affinis* zjadają o połowę mniej pokarmu niż samice, stąd też zjadają i o połowę mniej komarów (skład pokarmu obu płci jest podobny).

Wykazywano również, że sposób żerowania ryb ma wpływ na udział larw komarów w ich pokarmie — ryby żerujące tuż pod powierzchnią wody zjadają więcej komarów niż ryby żerujące w głębszych warstwach wody, co jest związane ze sposobem pionowego rozmieszczania się larw komarów w wodzie.

Dużą rolę w określeniu znaczenia ryb dla komarów odgrywa ich preferencja pokarmowa. Szereg gatunków ryb wybiera raczej pokarm roślinny i atakuje larwy komarów tylko w braku podstawowego rodzaju pokarmu. Nasilenie drapieżnictwa tych gatunków w stosunku do komarów uzyskiwano przez prosty zabieg usuwania roślinności. Z kolei inne gatunki ryb preferują larwy komarów i dopiero po ich likwidacji przechodzą na inny typ pokarmu, jak np. gatunek *Panchax panchax*, który przerzucił się wtedy na larwy *Chironomidae*, pluskwiaki, ważki, chrząszcze itp., nigdy jednak nie korzystał z pokarmu roślinnego.

Wybiórczość pokarmowa drapieżców może dotyczyć różnych grup komarów. Tak na przykład *Gambusia* wyraźnie słabiej żeruje na stadiach larwalnych rodzaju *Anopheles* niż na larwach pozostałych rodzajów. Badania Hildenbranda prowadzone w Georgii w USA wykazały, że *Gambusia* zjadała tam 50% stadiów wodnych rodzaju *Anopheles* i 80% pozostałych larw komarów. W sztucznych zbiornikach tego regionu zjadała odpowiednio 75 i 97% liczebności populacji. *Gambusia* z jeziora Reelfoot w Tennessee zjadała trzykrotnie mniej larw *Anopheles* niż pozostałych larw. Barber, Komp i King wiążą to zjawisko z różnicami w przestrzennym rozmieszczeniu larw w środowisku.

Wybiórczość pokarmowa ryb w stosunku do larw komarów może powodować poważne zmiany w strukturze gatunkowej fauny komarów. Badania prowadzone w ZSRR przez Monczadskiego wykazały, że w wyniku aktywności drapieżniczej *Gambusia* w zbiornikach wodnych kształtował się zespół komarów, w którym dominantem był gatunek *Mansonia richiardii*. Formy larwalne tego gatunku, dzięki nieruchliwemu trybowi życia, były mało dostępne dla drapieżcy. Należy podkreślić, że z punktu widzenia epidemiologicznego ten rodzaj wybiórczości pokarmowej ryb, prowadzącej do eliminacji z biocenozy pewnych gatunków komarów, może mieć w wielu wypadkach znacznie większe znaczenie niż redukcja ich ogólnej liczebności.

Stwierdzono również, że poszczególne gatunki ryb preferują różne stadia rozwojowe komarów. Tak na przykład owadożerna ryba *Epiplatys grahami* zjada tylko larwy komarów, omijając poczwarki. *G. affinis* niszczy nie tylko larwy, ale również poczwarki i jaja leżące na powierzchni wody. Jednak, jak wykazały badania Hessa i Tarzwella, wykazuje ona preferencję w stosunku do starszych stadiów larwalnych i poczwarek. Podobnie zachowuje się gatunek ryby *Aphocheilus panchax*, który niszczy w pierwszym rzędzie starsze stadia larwalne i poczwarki komarów, a dopiero potem młodsze stadia larwalne. Młodsze wiekowo ryby szeregu gatunków słonawych bagien na Florydzie preferowały I—III stadium larwalne komarów, oszczędzając pozostałe stadia rozwojowe. Ten typ wybiórczości pokarmowej w pewnych sytuacjach ekologicznych może wywierać duży wpływ na liczebność komarów dojrzałych. Tak na przykład w terenach, gdzie główne miejsca wylęgowe komarów stanowią szybko wysychające drobne zbiorniki, pozostawianie przez drapieżcę młodszych stadiów znacznie ogranicza szanse dojścia ich do dojrzałości. Podobnie w warunkach niedoboru pokarmu dla komarów likwidowanie przez dra-

pieczę wyrosniętych larw lub nie pobierających już pokarmu poczwarek, a pozostawianie młodych larw, wykazujących duże zapotrzebowania pokarmowe, stwarza bardzo niekorzystne warunki dla rozwoju populacji. Wiadomo na przykład, że spada znacznie płodność samic wylęgłych z larw rozwijających się w warunkach głodowych.

Wielkość presji wywieranej przez drapieżcę na populację ofiar jest związana z jego sezonową aktywnością. Tak na przykład *L. reticulatus* w szeregu środowiskach był najaktywniejszy w miesiącach letnich. Na Korsyce największą aktywność *Gambusia* obserwowano latem i jesienią i w związku z tym Coulon i Sautet proponują w celu zwiększenia jej oddziaływania wiosną na komary usuwanie roślinności, stanowiącej schronienia dla larw i większe udostępnienie w ten sposób ofiar dla drapieżcy. Niekiedy sezonowe zmiany aktywności pokarmowej ryb w stosunku do komarów przybierają zaskakujące formy. Stwierdzono na przykład, w związku z badaniami nad gatunkami *Gila atraria* i *Iotichtys phlego-thantis*, że jeśli wiosną żerowały one na larwach komarów, w późniejszych okresach sezonu ignorowały je całkowicie.

Wszystkie wyżej omówione zjawiska charakteryzowały różnice w intensywności żerowania ryb na komarach wynikające z właściwości drapieżcy — jego wieku, płci, wielkości, aktywności oraz preferencji pokarmowej. Tak więc formująca się w środowisku wodnym populacja drapieżcy jest w swym oddziaływaniu na komary uzależniona od struktury populacyjnej (wiekowej, płciowej, wzrostowej) oraz aktywności drapieżniczej i wybiórczości pokarmowej w stosunku do różnych stadiów rozwojowych komarów. Jak wykazano wyżej wpływ populacji drapieżcy na komary może mieć charakter ilościowy (redukcja ich liczebności) i jakościowy (zmiana składu gatunkowego, struktury wiekowej); ten drugi wpływ często jest równie ważny jak ten pierwszy.

Szereg prac wskazuje na ogromną rolę charakteru środowiska w procesie drapieżnictwa ryb na komarach, a w szczególności obecności roślinności. Grainger badał proces redukcji komarów przez *Gambusia* na eksperymentalnych poletkach ryżowych w Kenii. Stwierdził, że przy znacznym zagęszczeniu roślinności redukcja komarów przez drapieżcę była niewielka lub w ogóle nie zachodziła, mimo że liczebność populacji *Gambusia* wzrastała w ciągu 4 miesięcy z 97 do 1200 osobników. Badania prowadzone przez Rice'a w litoralu jeziora Reelfoot wykazały, że w pokarmie *G. affinis* 24,7% stanowiła roślinność, głównie *Wolffia*, a pokarm zwierzęcy około 35,6% (pozostała część pokarmu nie nadawała się do identyfikacji). W pokarmie zwierzęcym owady stanowiły około 22,4%, a w tym larwy komarów około 1%. Dane te dotyczyły głównie większych ryb, które nie penetrowały gęstej roślinności jeziora, dostępnej tylko dla populacji mniejszych ryb. Ryby z populacji *G. affinis* złowione w roślinności miały w pokarmie od 10 do 25% larw komarów. Obecność i charakter roślinności w zbiorniku decydowały w tym wypadku o intensywności drapieżnictwa *Gambusia* i w związku z tym o jej użyteczności w walce z komarami.

Obecność gęstej roślinności w jeziorze stworzyła jeszcze jedną interesującą sytuację. Otóż wśród roślinności żerował na larwach komarów inny gatunek ryby, *Fundulus dispar*, w którego pokarmie larwy stanowiły około 10%. Liczebność tego gatunku w stosunku do liczebności *Gambusia* wynosiła w tym środowisku 1:40, a poza strefą roślinności już tylko 1:100. Taki rozkład przestrzenny gatunków, sugerujący istnienie bliższych uza-

leżnień ich od siebie, powodował nasilenie penetracji przez drapieżce miejsc schronień komarów w roślinności i zwiększenie dzięki temu ich presji na populację ofiar.

Weed stwierdził, że w zbiornikach porośniętych *Eichhornia* masowo rozwijały się drobne skorupiaki. Przypuszcza on, że w takich warunkach mogą być one bardziej efektywnymi drapieżcami komarów niż *Gambusia*, znacznie ograniczana przez roślinność w swej aktywności drapieżniczej. W Uzbekistanie *Gambusia* w obecności roślinności w zbiorniku żerowała w głębszych warstwach wody i żywiła się tam głównie mikrofauną. Roślinność zmieniła więc strefę żerowania drapieżcy w zbiorniku, a w związku z tym skład jego pokarmu.

Wpływ roślinności na przebieg drapieżnictwa ryb na komarach analizuje wielu autorów na materiałach z różnych stref klimatycznych i znaczenie tego wpływu nie podlega dyskusji. Roślinność ograniczając rozprzestrzenienie drapieżcy i tworząc miejsca schronień dla komarów osłabia działalność drapieżniczą ryb. W wielu środowiskach stwierdzono pełną koegzystencję larw komarów i *Gambusia* w obecności roślinności brzeżnej. Stwierdzono ponadto, że roślinność krzewiąca się poziomo najsilniej osłabia drapieżnictwo ryb.

W związku z wyżej omówionymi faktami, dotyczącymi roli roślinności w drapieżnictwie ryb, szereg autorów postuluje połączenie walki biologicznej z komarami przy użyciu ryb z jednoczesnym usuwaniem roślinności na drodze mechanicznej i chemicznej. Usuwanie roślinności może mieć jednak również pewne negatywne skutki. Stwierdzono, że w warunkach pewnych niedoborów pokarmowych brak roślinności powodował znaczne nasilenie kanibalizmu w populacji *Gambusia*.

Wielkość drapieżnictwa ryb jest określona zagęszczeniem populacji komarów w środowisku. Hess i Tarzwell badali efektywność drapieżnictwa *G. affinis* w różnych warunkach zagęszczenia komarów. Stwierdzili, że jest ono proporcjonalne do zagęszczenia ofiar i zależność tę określili ilościowo.

Ryby wywierają nie tylko wpływ bezpośredni na liczebność komarów, poprzez ich zjadanie. W pewnych warunkach wpływ ten może przejawiać się pośrednio — poprzez przekształcanie środowiska w kierunku niekorzystnym dla komarów. Badając zachowanie się pewnych ryb indyjskich oraz ich środowisko Hamid Khan stwierdził, że gatunek *Barbus sophora* nie jedząc komarów ograniczał ich występowanie. Okazało się, że przez żerowanie w mule i niszczenie roślinności wodnej ryba powodowała destrukcję środowiska i redukowałą w ten sposób ilość pokarmu dostępnego dla komarów.

Trzech spośród cytowanych w bibliografii autorów ustosunkowało się do problemu regulacji liczebności komarów przez czynniki biotyczne. Balfour badając stosunki biocenotyczne w szeregu zbiorników wodnych na Bermudach stwierdził, że ryby i larwy *Arthropoda* utrzymują tam naturalną równowagę ilościową w populacjach komarów. Podobnie Christophers i Shortt stwierdzają, że ryby są ważnym czynnikiem regulacji liczebności populacji *Anopheles*. Z kolei Earle rozważając problemy regulacji liczebności komarów przez czynniki biotyczne stwierdza, że ryby mogą być tylko czynnikiem redukującym liczebność komarów, a nigdy czynnikiem stabilizującym ich liczebność. Ten ważny problem ekologiczny i praktyczny jest w dalszym ciągu otwarty. Interesujący jest jednak fakt

istnienia sytuacji, w których czynniki biotyczne utrzymywały stały poziom liczebności populacji komarów.

Szereg autorów wysuwa znaczenie walki biologicznej z komarami i wskazuje na zjawiska dające jej przewagę nad walką chemiczną. Tę ostatnią proponują jako uzupełnienie walki biologicznej w warunkach osłabionej efektywności drapieżców. Pozwala to, ich zdaniem, na znaczne ograniczenie ilości stosowanych środków chemicznych oraz na poważne obniżenie kosztów walki z komarami.

Summary

An analysis was made of the directions in which research on the predatory activities of fish in relation to mosquitoes has developed over the last fifty years. The following problems are discussed: 1) acclimatisation of species of predatory fish new to a given area, 2) utilization of local species of fish in biological control of mosquitoes, 3) determination by ecological factors (biotic and abiotic) the intensity of the predation of fish on mosquitoes.

A discussion is given under 1. and 2. of the problem of introduction into different types of waters — artificial and natural — of exotic species of fish (in particular the species *Gambusia* and *Lebistes reticulatus*), the adaptations of these species to different climatic conditions and the possibilities of using of the species of the local ichtiofauna in control of mosquitoes.

Studies are discussed under 3. dealing with the influence on intensity of the predatory activities of fish: a) of the predator population structure (age, sexual), seasonal activity and food preferences of the predator, b) density of prey populations, c) competition among predator populations, d) habitat structure (vegetation) determining the distribution in space of prey and predator populations.

In addition the problem is discussed of the indirect effect of fish on mosquitoes through transforming the habitat in a direction unfavourable to them. Attention is drawn to studies concerned with the predation of fish as a factor in biological regulation of the numbers of mosquitoes.