

ELIZA DĄBROWSKA-PROT
Instytut Ekologii PAN
Warszawa

Problemy walki biologicznej z komarami
I. Formy wodne komarów
Problems in biological control of mosquitoes
I. Larval stages

I. Wstęp

Wraz z rozwojem naszej wiedzy na temat roli komarów jako przenosicieli szeregu ważnych chorób wzrasta potrzeba ich zwalczania. Potrzeba ta jest tym pilniejsza, im szybszy jest rozwój cywilizacji powodujący przekształcanie starych i powstawanie nowych, dogodnych dla komarów środowisk. Przykładem takiej sytuacji może być opanowywanie przez komary wysp południowego Pacyfiku (Laird 1956). Zawleczono je tam z Nowej Gwinei w połowie XIX wieku i zaczęły szybko rozprzestrzeniać się dzięki wzmożeniu kontaktów handlowych w tym rejonie, pojawieniu się misji religijnych, a następnie w wyniku działań wojennych w okresie II wojny światowej.

Szereg gatunków dobrze znoszących trudne warunki transportu wodnego zawleczono tam w zbiornikach z wodą pitną. Gatunki z rodzaju *Anopheles*, nie wylęgające się w sztucznych zbiornikach, nie miały szans przetrwania przy transportowaniu ich w tych warunkach na duże odległości i stąd w ich rozprzestrzenieniu decydujący był rozwój szybszych sposobów transportu, na przykład transportu powietrznego. Mimo to gatunki z rodzaju *Anopheles* do niedawna nie sięgały dalej niż na południowe Nowe Hydryby, a liczba podrodzajów i gatunków zmniejszała się progresywnie w miarę zwiększania się odległości od Nowej Gwinei.

Szereg gatunków przeniknęło na omawiany teren dopiero niedawno, bo w czasie II wojny światowej. I tak, na przykład, na wyspie Guam dopiero w roku 1948 stwierdzono występowanie gatunków *Anopheles* przedtem nie notowanych.

Podobne zjawisko stopniowego opanowywania przez komary dużych terenów w wyniku intensywnego ich zagospodarowywania opisuje K a l m y k o v (1957). Przedstawił on proces przenikania w ślad za człowiekiem szeregu gatunków z rodzaju *Anopheles* do Tajgi Syberyjskiej.

Z tych dwóch wyżej wymienionych przykładów wynika, że rozprzestrzenianie się komarów jest procesem integralnie związanym z gospodarczą i cywilizacyjną działalnością człowieka. Działalności tej nie mo-

żemy zaniechać, a stwarzanie komarom możliwości masowego rozmnożenia i opanowania nowych terenów stawia nas wobec problemu walki z komarami. Zwykle rozpatruje się dwie drogi zwalczania komarów: przy pomocy metod chemicznych oraz ograniczania ich liczebności metodami biologicznymi. Szczególnie często stosowana jest pierwsza z tych metod.

II. Trudności walki chemicznej z komarami

Wiele już napisano na temat szkodliwości walki chemicznej wskazując na wielokierunkowość niekorzystnych, z punktu widzenia gospodarczego, zmian zachodzących w biocenozie i populacjach pod wpływem insektycydów. W odniesieniu do komarów szczególnie istotny jest problem uodporniania się gatunków i w związku z tym spadku efektywności trucizn (Brown 1960, Lewallen 1960, Suzuki 1968, Ziv, N. J. Brown i A. W. Brown 1969).

Badania prowadzone w Instytucie Parazytologii Medycznej i Medycyny Tropikalnej im. E. Martinowskiego w Moskwie nad zwalczaniem komarów metodami chemicznymi wskazują najlepiej na różnego typu trudności wynikające przy stosowaniu tych metod. W 1966 roku dr E. L. Timofeeva podjęła badania w Jakucji. Były one inspirowane faktem, że ekspedycje badawcze i brygady robotnicze, podejmujące tam pracę w oparciu o stałe bazy, powodzenie swojej działalności uzależniały od stopnia zabezpieczenia ich przed tzw. „gnusem”, którego częścią składową są komary.

W pierwszym etapie badań, prowadzonych przez Instytut nad zwalczaniem komarów na tym terenie, przeprowadzono opylanie terenu o powierzchni 10 tysięcy hektarów granulowanym DDT w ilości 10 kg substancji na 1 ha (czyli 1 kg czystego DDT na 1 ha). DDT stosowano w okresie zimy; wiosną, w okresie tajania wiecznej zmarzliny, przenika on do tworzących się zbiorników wodnych, stanowiących miejsca wylęgowe komarów.

Wiosną i latem nie stwierdzano wprawdzie w zbiornikach opylanego terenu larw i poczwerek, ale formy dojrzałe pojawiały się i to w ilościach tym większych, im bliżej było strefy granicznej terenów nie objętych walką z komarami. Wskazywało to na intensywne przeloty komarów z innych miejsc wylęgowych.

Do badań włączyli się biologowie i aby stwierdzić, jakie są możliwości przelotów komarów na tym terenie oraz kierunki lotów i ich zasięg, oznakowano dziesiątki tysięcy komarów izotopami promieniotwórczymi lub kolorowymi farbami (wodne lub alkoholowe roztwory fuksyny, gencjany itp.). Odłowiono tylko kilkaset oznakowanych osobników, ale przeprowadzone w ciągu dwóch sezonów badania pozwoliły na ustalenie, że komary w badanych warunkach mogą przebyć dystans około 23 km, a główny kierunek ich lotów prowadzi wzdłuż biegu rzek.

W wyniku tych badań ustalono, że zależnie od ukształtowania terenu obszar opylany środkiem chemicznym powinien być różnej wielkości, o maksymalnym promieniu 5 do 7 km. Tak, na przykład, w sytuacji gdy chodziło o umożliwienie założenia obozu pionierów w tajdze, niszczenie larw przeprowadzano w promieniu 2—3 km od obozu, a formy dojrzałe traktowano środkami owadobójczymi już na terenie samego obozu. Zabiegi takie musiano powtarzać co tydzień; gdy jednak zwiększono promień opylanego terenu o 1 km komary pojawiły się tam dopiero po dwóch tygodniach.

W tych warunkach badania Instytutu skupiły się wokół problemów maksymalnego zmniejszenia dawki środków chemicznych i wielkości powierzchni opylania oraz ustalenia najdogodniejszych momentów wprowadzenia do biocenozy najmniej toksycznego środka. Prowadzono również próby nad tworzeniem na drodze lotów komarów sztucznych barier w postaci terenów opylanych środkami chemicznymi.

Zaczęto również stosować jako środki owadobójcze związki organofosforowe. Powstał jednak problem częstości opylania i momentu wprowadzania ich do biocenozy w związku z szybkością rozkładu tych związków w warunkach naturalnych. DDT mogło być wprowadzane na śnieg dzięki długiemu okresowi rozkładu, a związki organofosforowe jako szybko rozkładające się należy wprowadzać późną wiosną, w momencie pojawienia się pierwszych larw, już w okresie rozwijania się roślinności. Stwarza to możliwości zatrutowania roślin, a przez nie zwierząt roślinożernych.

Omówione tutaj przykładowo badania wskazują na trudności i problemy, jakie powstają przy wprowadzeniu walki chemicznej. Organizuje się ją dużym nakładem kosztów, jednocześnie z góry zakładając, że musi pociągać za sobą również negatywne skutki, co wyraża się w generalnej zasadzie planowania tej walki: zmniejszenia do minimum szkód wyrządzanych w biocenozie przez wprowadzenie do niej środków toksycznych.

Stosowanie insektycydów pociąga za sobą, poza eskponowanym zawsze przez badaczy zmniejszeniem liczebności komarów, jeszcze jedno bardzo ważne zjawisko o charakterze populacyjnym, rzadko podnoszone w publikacjach specjalistycznych w kontekście walki chemicznej. Insektycydy powodują znaczne ograniczenie liczby cykli gonotroficznych samic. W Jakucji na terenach opylanych DDT samice dożywały tylko do 2—3 cykli gonotroficznych. Rejngard, Gorickaja i Zabuđko - Rejgard (1957) prowadząc badania nad wpływem DDT na liczebność i skład wiekowy komarów doliny Dniepru w okolicach zbiornika kachowskiego stwierdzili, że większość komarów dożywała tylko do 2 cykli gonotroficznych. Dla porównania, Detinova (1962) badając populację gatunku *Anopheles maculipennis* na terenach podmoskiewskich stwierdziła osiągnięcie przez samice 11 cykli gonotroficznych, a większość samic dożywała do 6 cykli.

Tak więc na terenach poddawanych działaniu środków chemicznych spada znacznie szansa samic na wielokrotne złożenie jaj, a zważywszy, że u większości gatunków złożenie jaj poprzedzane jest pobraniem krwi od człowieka, obniża się też znacznie epidemiczna rola populacji komarów.

Problemy walki chemicznej nie kończą się na zagadnieniach toksyczności dla organizmów żywych stosowanych środków. W szeregu wypadkach okazuje się ona mało skuteczna. Od kilku lat poważny problem stanowią komary synantropijne z kompleksu *Culex pipiens*. Miarą wagi, jaką przywiązuje się do coraz szerszego rozprzestrzeniania się tych gatunków, było sympozjum poświęcone temu problemowi, zorganizowane przez Światową Organizację Zdrowia w 1964 r. w Genewie. Rozprzestrzenianie się ich jest ściśle związane z urbanizacją nowych terenów, ponieważ są to gatunki wybitnie synantropijne, a walka z nimi jest koniecznością ze względu na przenoszenie przez nie filarioz i różnych form encefalitów.

Badania Kuprijanovej (1968) nad populacjami *Culex pipiens pipiens* prowadzone pod Moskwą wykazały, że walka z tym gatunkiem jest bardzo utrudniona. Larwy znajdują najdogodniejsze warunki życia

i rozwoju w zbiornikach znajdujących się w najbliższym otoczeniu człowieka, charakteryzujących się dużą zawartością substancji organicznych. Najliczniej występowały w osadnikach ścieków podmiejskich, gdzie nie znajdowały konkurentów ani form drapieżnych, mogących ograniczać ich rozwój. Stosowanie środków chemicznych w ich zwalczaniu nie dawało spodziewanych rezultatów. Zastosowane związki organofosforowe były bardzo szybko rozkładane przez bakterie występujące w ogromnej ilości w tych zbiornikach oraz wychwytywane ze środowiska dzięki adsorpcji na substratach organicznych. Silna tendencja do zarastania zbiorników również utrudniała skuteczne zastosowanie środków chemicznych. Stosowanie środków owadobójczych przeciw formom imaginalnym nie mogło mieć miejsca ze względu na synantropijny charakter tego gatunku. W związku z tym autorka widzi możliwość walki z tym gatunkiem tylko na drodze walki biologicznej, która powinna polegać, jej zdaniem, na zasiedlaniu zbiorników drapieżcami (np. rybami), zarażaniu populacji larw pasożytami oraz na sterylizacji samic.

III. Walka biologiczna z komarami

Walka biologiczna z komarami ma, jak dotąd, ograniczone zastosowanie, mimo że szereg zjawisk rejestrowanych przez biologów od lat wskazuje na możliwości znacznie szerszego jej stosowania. Oczywiście jest, że inne problemy wynikają przy podejmowaniu walki biologicznej z formami larwalnymi komarów, a inne przy zwalczaniu postaci dojrzałych. Dotyczą one innych środowisk, innych biocenoz i inne są też możliwości oddziaływania człowieka w kierunku takiego przekształcenia środowiska lub biocenozy, aby zapewniało całkowitą lub choćby tylko częściową eliminację komarów. Różny jest też stopień poznania możliwości zwalczania komarów w tych dwóch środowiskach.

W niniejszej części artykułu przedstawione zostaną aktualne problemy walki biologicznej z komarami w środowiskach wodnych. Omówione będą również zjawiska i procesy ekologiczne stwarzające perspektywy praktycznego ich wykorzystania w niszczeniu komarów w ich naturalnych środowiskach.

Pierwsze próby zastosowania walki biologicznej z komarami były dokonywane właśnie w stosunku do form wodnych, głównie larw. Wynikało to z łatwiejszej likwidacji miejsc wylęgowych komarów niż miejsc występowania komarów dojrzałych oraz większych możliwości uchwycenia całej populacji larw niż imagines. Ponadto w szeregu wypadkach przy zastosowaniu walki biologicznej z larwami szybko uzyskiwano pozytywne rezultaty, jak to miało miejsce z wykorzystaniem w tej walce ryb (Gerberich i Laird 1966, Dąbrowska-Prot 1970).

Niewiele jest danych na temat redukcji jaj komarów, a szczególnie danych ilościowych, które wskazywałyby na rolę tego procesu w ograniczaniu liczebności form dojrzałych. W szeregu prac analizowano wpływ na śmiertelność jaj różnych czynników, zarówno środowiskowych, jak populacyjnych i biocenotycznych. Stwierdzano wpływ hormonów roślinnych (Abdel-Malek 1948), warunków mikroklimatycznych (Surtees 1958), wyboru miejsca złożenia jaj (Bhatia i Wattal 1958), drapieżnictwa (Jenkins 1964), ale ilościowych analiz tego procesu jest niewiele. Laurence (1965) na przykład, badając produkcję biologiczną komarów na Cejlonie stwierdził, że największa śmiertelność jaj spowodo-

wana była złożeniem ich w nieodpowiednie do rozwoju miejsca, (na przykład nie zalewane potem wodą; natomiast śmiertelność jaj w zbiornikach w okresie od zalania wodą do wylęgu larw wynosiła tylko ok. 10% populacji. Podobne dane uzyskał Božkov (1953) badając drapieżnictwo larw *An. maculipennis* na jajach własnego gatunku. Redukowały one, w normalnie wykształconym zbiorniku z roślinnością, 14,5% jaj. Był to w badanych środowiskach podstawowy czynnik zmniejszający liczebność tej postaci rozwojowej komarów.

Można przypuszczać, że śmiertelność jaj jest na ogół mała i nie stanowi zasadniczego czynnika w redukcji liczebności komarów. Trudno też sobie wyobrazić drogę, na której można by było zintensyfikować ten proces.

Znacznie większe nadzieje wiąże się z walką biologiczną z larwami komarów i ma już ona swoją tradycję. Stosowana była z powodzeniem w różnych środowiskach i w różnych strefach klimatycznych. Z teoretycznego punktu widzenia jako narzędzie walki z komarami może posłużyć zmiana ich środowiska, oddziaływanie na poziom ilościowy komarów poprzez zmianę struktury populacji lub przebudowę stosunków biocenotycznych, przez wprowadzenie pewnych komponentów biocenozy lub nasilenie oddziaływania już istniejących.

1. Przekształcenie środowiska

Najbardziej rozpowszechnioną i niewątpliwie skuteczną metodą walki z komarami jest zmiana ich środowiska, a właściwie likwidowanie go przez osuszanie terenów bagiennych. Szeroko zakrojoną tego typu akcję przeprowadzono w ciągu szeregu lat, począwszy od 1932 roku, w USA w Delaware (Stearns, MacCreary i Daigh 1940). Słonawe bagna tego terenu były miejscem masowych wylęgów komarów. Do 1938 roku wielkość zmeliorowanego terenu wynosiła 44 468 akrów, co stanowiło około 45% całego terenu, a 65% terenu wylęgowego komarów. Zabiegi melioracyjne spowodowały znaczne zmniejszenie ogólnej liczebności komarów oraz likwidację szeregu występujących tam gatunków. Latem 1939 roku znaleziono w drobnych zbiornikach, tworzących się w zagłębieniach gruntu, larwy jedynie trzech gatunków komarów, a dwa inne gatunki występowały ponadto w brzeżnych partiach osuszonego terenu.

Podobnego typu akcję przeprowadzono na Sardynii, w wyniku której zaszły bardzo poważne zmiany biocenotyczne. Liczny przedtem na tym terenie gatunek *Anopheles labranchiae*, przenosiciel malarii, uległ znacznej redukcji, a zastąpił go znacznie lepiej znoszący zmienione warunki środowiska, masowo wylęgający się w tych warunkach *An. hispaniola* (Gillies 1960). Podobna kampania spowodowała we wschodniej Afryce eliminację ze środowiska gatunku *An. funestus*, a wzrost liczebności *An. rivulorum* (Gillies 1960).

W obu wypadkach zabiegi melioracyjne spowodowały nie tylko zmniejszenie ogólnej liczebności komarów, ale również usunięcie z zespołu gatunku malarycznego i zastąpienie go znacznie mniej szkodliwym dla człowieka gatunkiem komara. Zdaniem Gilliesa przekształcenie warunków środowiska pociągnęło za sobą zmianę wyniku konkurencji, zachodzących w układach *An. labranchiae* — *An. hispaniola* i *An. funestus* — *An. rivulorum* na korzyść drugiego gatunku, lepiej przystosowanego do nowych warunków środowiskowych. Z epidemiologicznego punktu widzenia możliwość zmiany struktury zespołu komarów jest ważna bro-

nią w ręku człowieka w walce z komarami. Często ten typ zmian może być znacznie ważniejszy, niż niewybiorcze obniżenie ogólnej liczebności komarów.

Zabiegi melioracyjne możliwe są do przeprowadzenia tylko w warunkach terenów bagiennych. W innych środowiskach nie możemy bezkarnie obniżać poziomu wody bez wywołania katastrofy nadmiernego osuszenia terenu. Możliwe jest jednak przekształcenie środowiska na mniejszą skalę, które w efekcie daje widoczne zmiany w populacji larw. Wiadomo na przykład, że zarastanie brzegów zbiorników wodnych powoduje tworzenie się mikrośrodowisk, dogodnych dla rozwoju larw. Wszelkie zabiegi przeciwdziałające zarastaniu brzegów muszą odbić się na liczbie miejsc wylęgowych komarów, a w konsekwencji na poziomie ich liczebności. O v č i n n i k o v (1957) na przykład postuluje, jako formę walki z anofelizmem, tworzenie przy zbiornikach wodnych pasów leśnych i zakrzewień, obniżających poziom wód gruntowych i nie dopuszczających do tworzenia się rozlewisk przybrzeżnych i rozmywania brzegów. D o c e n k o (1957) zwrócił uwagę na fakt, że charakter zbiornika (jego kształt, głębokość, charakter dna) i jego usytuowanie mają duży wpływ na falowanie wody przeciwdziałające zarastaniu brzegów, co znajduje swe odzwierciedlenie w liczebności komarów zasiedlających zbiornik. Z kolei G r i g s b y i B o w d e n (1957), opierając się na tych zjawiskach, badali możliwości wykorzystania zmian poziomu wody w zbiornikach wodnych w walce z komarami. Analizowali oni zmiany poziomu wody w różnych typach zbiorników doliny Tennessee w zależności od stopnia ich zagospodarowania. Stwierdzili, że mają one zasadniczy wpływ na ilościowy i gatunkowy skład wylęgającej się fauny komarów.

Obecność w zbiorniku różnego typu roślinności powoduje również zmiany w liczebności komarów. M a s l o v (1961) stwierdził, że masowy pojaw w zbiorniku moczarki (*Elodea canadensis*) utrudniającej pobieranie tlenu przez larwy z powierzchni zbiornika, powodowało zwiększenie śmiertelności gatunku *Culex bergrothi*. W tym wypadku roślinność oddziaływała jako przeszkoda mechaniczna, uniemożliwiająca larwom do tarcie do powierzchni wody. Znane są jednak fakty świadczące o biologicznym wpływie niektórych gatunków roślin na komary, ograniczającym ich występowanie w zbiorniku. I tak na przykład, larwy *Anopheles* nie występują w zbiornikach porośniętych ramienicami (*Chara* sp.).

We wszystkich wyżej omówionych sytuacjach wpływ środowiska — obecność roślinności, tworzenie się rozlewisk wodnych, zmiany poziomu wód — na populacje larw komarów był bezpośredni. Czynniki te decydowały o „być albo nie być” gatunku lub o poziomie jego liczebności, a zmiany ich w sposób bezpośredni odbijały się na charakterze występowania komarów. Są jednak sytuacje, w których środowisko wpływa na komary w sposób pośredni, doprowadzając na przykład do zmiany nasilenia oddziaływań biocenotycznych, decydujących w ostatecznym rachunku o charakterze zespołu komarów. Taką sytuację analizował V a n d e n A s s e m (1958). Stwierdził on, że w obecności w zbiorniku rośliny pływającej *Pistia atratiotes* larwy *Mansonia* nie były zjadane przez drapieżców, takich jak na przykład pluskwiaki czy ryby. Larwy przytwierdzały się do roślin, nieruchomiały i w ten sposób stawały się niedostępne dla drapieżców. W stosunku do larw aktywnie poruszających się w toni wodnej wpływ roślinności przejawia się głównie w modyfikowaniu rozkładu przestrzennego populacji drapieżcy i ofiary. Doprowadza to do częściowego lub w szczególnych przypadkach całkowitego rozdzie-

lenia stref penetracji środowiska. Zjawisko to obserwowano często w przypadku drapieżnictwa ryb, szczególnie większych, na komarach, a uzyskane dane ilościowe wskazują na praktyczny sens usuwania roślinności w celu intensyfikacji tego procesu (Gerberich i Laird 1966, Dąbrowska-Prot 1970).

Właśnie dlatego Ehrlich i Szpielberg (1960) doceniają rolę nutrii w likwidowaniu larw komarów. Wpływ tych zwierząt na komary jest pośredni, poprzez przekształcanie środowiska, polegający na całkowitym niszczeniu roślinności wodnej, niszczeniu naturalnych schronień stadiów wodnych komarów i udostępnieniu ich w ten sposób drapieżcom. To naturalne niszczenie roślinności miało ponadto tę dużą przewagę nad mechanicznym jej usuwaniem, że zapobiegało również rozwojowi tworzących kożuchy glonów, stanowiących dodatkową ochronę dla komarów przed drapieżcami.

Jest oczywiste, że rola roślinności jest uzależniona od charakteru drapieżców. Service (1965) wykazał, że w zbiornikach północnej Nigerii brak roślinności zwiększał drapieżnictwo kijanek na larwach komarów o około 25%, natomiast roślinność nie miała wpływu na poziom drapieżnictwa larw ważek.

2. Wykorzystanie zjawisk populacyjnych

Obecność roślinności może zmieniać również pewne układy wewnątrzpopulacyjne, decydujące o liczebności komarów. Božkova (1953) badał zjawisko żerowania larw IV stadium wzrostowego gatunku *Anopheles maculipennis tipicus* na jajach tego gatunku. Prowadził badania laboratoryjne i terenowe w zbiornikach pod Sofią i stwierdził, że w braku roślinności proces ten znacznie się nasilał. Ilość zjadanych jaj wzrastała wtedy z 14% do około 40% populacji. Autor wprawdzie zastrzega się, że jego zdaniem proces ten ma charakter przypadkowy i nie może mieć wpływu na regulację liczebności populacji komarów, ale jednocześnie stwierdza, że w pewnych sytuacjach może on znacznie się nasilać.

Badania Božkova wkraczają w dziedzinę zjawisk wewnątrzpopulacyjnych decydujących w pewnych warunkach o liczebności populacji, które w odniesieniu do komarów są bardzo słabo zbadane. Problematykę tę podejmuje Surtees (1959). Przeprowadzał on badania w południowo-zachodniej Nigerii nad wpływem zagęszczenia populacji larw *Aedes aegypti* na liczebność dojrzałej populacji tego gatunku. Larwy *A. aegypti* ograniczone były w swym występowaniu do sztucznych zbiorników magazynujących wodę, a formy dojrzałe występowały tylko na terenie wioski tubylczej. Umożliwiło to przeprowadzenie pełnej analizy dynamiki liczebności populacji. Okazało się, że nadmierne zagęszczenie larw powodowało przedłużanie się okresu rozwoju osobników i zwiększało śmiertelność populacji. Obydwa zjawiska wywołane były głównie brakiem pokarmu. Wielkość populacji imagines wylęgającej się na tym terenie uzależniona była od zagęszczenia larw w zbiornikach wylęgowych.

Wpływ pokarmu jako czynnika determinującego wielkość populacji larw, a następnie imagines był badany również przez Maslova (1961). Badał on wpływ warunków środowiskowych takich jak światło, temperatura i pokarm (zasobność perifitonu) na przeżywalność larw i poczwerek, a następnie skutki, jakie pociągają za sobą te warunki w postaci długości życia imagines. Poszczególne badane gatunki z rodzaju *Culiseta*

reagowały różnie na powyższe czynniki, jednak najsilniej reagowały na niedostatek pokarmu. Odbijał się on w sposób zasadniczy na przeżywalności larw. I tak, na przykład, trzykrotne obniżenie racji pokarmowej, w stosunku do optymalnej, powodowało czterokrotne obniżenie ich przeżywalności. Niedobory pokarmu dla larw pociągały za sobą jeszcze inną poważną konsekwencję, a mianowicie skrócenie życia form dojrzałych.

Charakter reakcji populacji na oddziaływający na nią zespół czynników decydował o ilościowym stanie fauny komarów. W omówionych wyżej przykładach mechanizmy wewnątrzpopulacyjne nie działały lub nie były w stanie w pełni przeciwdziałać przegęszczeniu populacji, czy niesprzyjającym warunkom zewnętrznym — wpływowi niedostatku pokarmu oraz niekorzystnej strukturze środowiska. Powodowało to wzrost śmiertelności populacji larw, a w konsekwencji mniejszą liczebność w środowisku form dojrzałych.

Procesy populacyjne nie stanowią jednak jak dotąd praktycznego narzędzia w walce z komarami, zarówno ze względu na słabą znajomość tych procesów, jak i trudności w sterowaniu nimi w takim stopniu, aby uzyskać przewidziane skutki.

3. Drapieżnictwo jako metoda walki

Znacznie większe zainteresowanie budzą zjawiska drapieżnictwa i w nich widzi się, jak dotąd najwyraźniej, możliwości walki z komarami. Jenkins (1964) zebrał dane na temat drapieżnictwa różnych grup zwierząt na komarach, z których wynika, że komary mają wielu wrogów. Na postaciach larwalnych komarów stwierdzono żerowanie wielu gatunków bezkręgowców (spośród *Coelenterata*, *Rotatoria*, *Platyhelminthes*, *Annelida*, *Mollusca*, *Crustacea*, *Arachnida*, *Acarina*, *Insecta*) i kręgowców (ryby, płazy, gady i ptaki).

Światowa Organizacja Zdrowia w ostatnich kilku latach zainicjowała i finansowała badania prowadzone w różnych częściach świata nad drapieżnictwem na komarach, w celu sprawdzenia możliwości praktycznego wykorzystania tego zjawiska. Interesujące są przede wszystkim badania terenowe, wskazujące na redukcyjny, w pewnych sytuacjach regulacyjny charakter drapieżnictwa w warunkach naturalnych.

Abell (1949) badając okresowo wysychający strumień we wschodniej części Sierra Nevada w Kalifornii stwierdził, że liczebność larw a w konsekwencji i imagines spadała wraz z pojawieniem się szeregu niekorzystnych oddziaływań abiotycznych i biotycznych. Było to obniżanie się lustra wody w wyniku postępującego wysychania terenu, pojawienie się roślinności pływającej oraz inwazja drapieżców komarów, głównie owadów. Tak, na przykład, 20 osobników chrząszczy z rodzaju *Agabus* sp. w ciągu trzech dni oczyściło z larw zbiornik masowo przez nie przedtem zasiedlony. Podobnie pluskwiak *Notonecta kirbyi* zlikwidował w ciągu krótkiego czasu populację larw w innym zbiorniku.

Lac (1958) postulując wykorzystanie naturalnych wrogów komarów w walce z nimi, badał drapieżnictwo na komarach traszek i żab. W niektórych środowiskach *Bombina bombina* i *Rana esculenta* niszczyły w ciągu miesiąca 50% całej populacji larw komarów. James (1967) badał rozkład przestrzenny i sezonową aktywność chrząszczy wodnych, drapieżców larw komarów w drobnych zbiornikach w Ontario i wykazał, że zespół potencjalnych wrogów komarów jest bardzo bogaty. Vandem

A s s e m (1958) badając populacje komarów jeziora Sentani w Nowej Gwinei stwierdził, że w zbiorniku tym utrzymywały się w dużych ilościach tylko nieruchliwe larwy komarów rodzaju *Mansonia* i *Ficalbia*. Licznie występujące drapieżce, takie jak pluskwiaki (*Diplonychus* sp.) i ryby (*Elotris* sp.) znacznie obniżały poziom ilościowy wolno pływających larw komarów. Gdy badacz usuwał roślinność wodną, larwa *Mansonia* i *Ficalbia* były zjadane w tych samych proporcjach co larwy gatunków wolno pływających. Jeśli w zbiorniku były tylko larwy *Mansonia*, to wzrost zagęszczenia populacji tych larw powodował zwiększenie drapieżnictwa, mimo obecności roślinności wodnej.

Problem ruchliwości ofiar jest szczególnie ważny w przypadku drapieżnictwa na komarach. J a c k s o n (1953) stwierdził, że istnieje ścisła zależność między stopniem ruchliwości larw a ich wyżerowywaniem, które jest tym intensywniejsze, im ruchliwsze są larwy. Ten moment jest szczególnie ważny przy planowaniu likwidacji komarów przy pomocy drapieżców. Z góry można przewidzieć niepowodzenie akcji prowadzonej w zbiornikach opanowanych głównie przez gatunki komarów o mało ruchliwych larwach, wykorzystujących w procesie oddychania tlen zawarty w roślinach.

Aktywność drapieżnicza poszczególnych gatunków drapieżców jest różna i różna jest w związku z tym ich użyteczność w walce z komarami. S e r v i c e (1965) badał w ciągu 3 lat w północnej Nigerii redukcję larw i poczwerek antropofilnego, szeroko rozprzestrzenionego w tropikach gatunku *Aedes* (*Stegomyia*) *vittatus*. Jako drapieżce tego gatunku występowały głównie kijanki rodzaju *Rana*, pluskwiaki z rodzajów *Laccotrephes* i *Anisops* oraz larwy ważek *Bradinopyga strachani* i *Pantala flavescens*. Najskuteczniejszymi drapieżcami okazały się kijanki żab, zjadające około 2,5 raza więcej niż pluskwiaki i około 4 razy więcej niż larwy ważek. Dobowa racja pokarmowa kijanek wynosiła średnio 8,5 osobnika na 1 drapieżcę, pluskwiaków — 3,7, a larw ważek — 2,8. Poczwarki komarów były zjadane znacznie mniej intensywnie, ale różnice w aktywności drapieżniczej poszczególnych gatunków w stosunku do nich były większe. Dla porównania racja pokarmowa kijanek wynosiła 3,8 poczwerek na dobę, a ważek — 0,2 osobnika. Te różnice w stopniu wyżerowywania larw i poczwerek autor przypisuje różnicom w sposobie poruszania się obu stadiów i różnicom w przestrzennym rozkładzie populacji ofiar. W wyniku tych badań autor stwierdza, że możliwa jest kontrola liczebności stadiów wodnych komarów, a szczególnie larw, przy pomocy tych drapieżców.

L a u r e n c e (1965) badał produkcję, od jaja do imagines, populacji szeregu gatunków komarów na Cejlonie. Na podstawie analizy śmiertelności gatunków rodzaju *Mansonia* i *Culex* stwierdził, że jest ona znacznie większa u gatunków rodzaju *Culex* i w znacznym stopniu wywołana jest drapieżnictwem. Szczególną rolę odgrywała tu działalność pewnych drapieżnych larw komarów. Tak, na przykład, populacja gatunku *C. gelinus* była redukowana w 87% przez drapieżne larwy gatunku *C. fuscans*. Znajdowało to swoje odbicie w poziomie liczebności larw oraz w strukturze zespołu osobników dojrzałych; gdy w środowisku wodnym stosunek larw gatunku *C. gelinus* do *C. fuscans* wynosił 14,5 : 1,0, to w populacjach imagines już tylko 2 : 1.

Szczególnie duże materiały na temat drapieżnictwa na komarach zebrał K ü h l h o r n (1965). Prowadził on badania w różnego typu zbiornikach wylęgowych komarów od strefy nadmorskiej Niemiec północnych

po Bawarię (od 1 do 1500 m n.p.m.) i analizował proces drapieżnictwa na komarach w zależności od charakteru zbiornika — jego budowy, roślinności i fauny. Stwierdził, że najważniejszymi drapieżcami larw gatunków *Anopheles messeae*, *An. tipicus* i *An. claviger* są pluskwiaki (*Notonecta* sp., *Plea leachi*), larwy *Dytiscidae*, larwy *Odonata* i ryby (*Phoxinus laevis* i *Gasterosteus aculeata*). Działalność poszczególnych gatunków drapieżców lub zgrupowań kilku gatunków powodowała w drobnych zbiornikach znaczną redukcję liczebności larw. Autor wyróżnia rolę czynników abiotycznych i biotycznych w kontroli liczebności komarów i przypisuje tym ostatnim zdolność utrzymywania liczebności komarów na pewnym, stałym poziomie; odgrywają one wobec populacji larw komarów rolę czynnika regulacyjnego.

Osobny problem stanowi rola ryb w redukcji liczebności komarów. Były one wykorzystywane najwcześniej w walce z komarami, bo już w końcu XIX wieku. Pozytywne rezultaty, jakie osiągnęto przy zastosowaniu ryb przeciw komarom, zadecydowały o rozwoju tego kierunku badań, które osiągnęły swój szczyt w latach 1920—1930. Sprowadzono wtedy ze Stanów Zjednoczonych do Hiszpanii, a następnie introdukowano w szeregu krajach Afryki i Europy niezwykle skuteczną drapieżkę komarów, rybę z rodzaju *Gambusia*. Powodzenie tych introdukcji zainicjowało badania prowadzące do wykorzystywania szeregu innych gatunków ryb. Zakres tych badań i ich praktyczne skutki pokazuje najlepiej wydana przez Światową Organizację Zdrowia bibliografia prac z tego zakresu (Gerberich i Laird 1966). Wynika z niej, że badania w dziedzinie wykorzystywania ryb w walce z komarami szły przede wszystkim w kierunku introdukcji do środowiska nowych gatunków ryb drapieżnych, a następnie w kierunku intensyfikacji drapieżnictwa miejscowych gatunków. Możliwości praktycznego wykorzystania tych zjawisk w walce z komarami były ściśle uzależnione od pełnej analizy roli czynników biotycznych i abiotycznych w determinowaniu tempa redukcji komarów przez ryby i stąd wiele prac nastawionych było na tego typu analizy (Dąbrowska - Prot 1970).

Wynika z nich, że zarówno gatunki miejscowych ryb jak i introdukowane mogą skutecznie spełniać rolę czynnika redukującego populację komarów lub utrzymującego je na pewnym, stosunkowo niskim poziomie liczebności. Intensywność tego procesu uzależniona jest od szeregu czynników biotycznych i abiotycznych. Oddziaływanie populacji drapieżcy na komary uzależnione jest od struktury populacyjnej (wiekowej, płciowej, wzrostowej), dobowych i sezonowych zmian aktywności drapieżniczej i wybiórczości pokarmowej w stosunku do różnych stadiów rozwojowych komarów. Wśród właściwości populacyjnych ofiar znaczny wpływ na intensywność drapieżnictwa ma zagęszczenie komarów i ich struktura przestrzenna. Konkurencja pomiędzy gatunkami ofiar i wśród zespołu drapieżców z reguły osłabia tempo redukcji komarów.

Badania prowadzone nad drapieżnictwem ryb i przeprowadzane w oparciu o nie szeroko zakrojone akcje zwalczania komarów w terenach o masowym ich występowaniu wykazały, że możliwe jest prowadzenie skutecznej walki z komarami metodami biologicznymi. Doprowadziły ponadto do ustalenia, na podstawie analizy ekologicznych — populacyjnych i biocenotycznych — prawidłowości, pewnych zasad postępowania przy przeprowadzaniu tego typu akcji.

4. Pasożyty i patogeny w walce z komarami

Równie skuteczną, jak metoda wykorzystująca drapieżnictwo ryb na komarach, jest metoda walki biologicznej wykorzystująca pasożyty i patogeny komarów. Obszerna literatura dotycząca badań laboratoryjnych przemawiała już od dawna za możliwością wykorzystania ich do walki z komarami. Jednak dopiero próby dokonane w terenie pozwoliły na ocenę wartości tej metody.

Badania nad pasożytami i patogenami komarów prowadzone były w kilku kierunkach. Przeprowadzano izolowanie ich z komarów wyłowionych w terenie w celu ustalenia możliwie największego zestawu gatunków specyficznych oraz badano ekologiczne warunki infekcji (Chapman 1967; Kellen, Clark, Lindegren i Hoe 1965; Kellen, Chapman, Clark i Lindegren 1965, Kovchazov 1963, Laird 1959, Muspratt 1963, 1964b, Weiser 1965). Dokonywano laboratoryjnych prób infekowania komarów pasożytami i patogenami i badano efekty tych zabiegów (Laird 1960, Madelin 1964, 1965, Muspratt 1964a, Wei Shuang Chu i Toumanoff 1966). W oparciu o wyniki badań dwóch pierwszych kierunków prowadzono próby zastosowania pasożytów i patogenów w walce z komarami w środowiskach naturalnych. Laird (1962) opisuje tego typu eksperyment przeprowadzony w warunkach umożliwiających pełną kontrolę sytuacji. Polegał on na zastosowaniu grzybów w walce z komarami na wyspach Tokelau na południowym Pacyfiku. Występowały tam tylko dwa gatunki komarów — *Aedes polynesiensis*, przenosiciel pasożyta *Wuchereria bancrofti* i *A. vexans nocturnus* — całkowicie pozbawione w tym środowisku pasożytów i innych naturalnych wrogów. Teren wybitnie nadawał się do przeprowadzenia prób ze względu na małe rozmiary wysp, wielką ich izolację, ubogą florę i faunę oraz ograniczoną ilość zbiorników wodnych — miejsc wylęgowych komarów. W 1958 roku na atolu Nukunomo przeprowadzono eksperyment z grzybami, na atolu Atafu zastosowano larwicydy, a atol Fakaofu służył jako teren kontrolny. Larwy komarów zarażano grzybem *Coelomomyces stegomyiae*, wyizolowanym z larw komara *Aedes albopictus*, zebranych w Singapurze.

W półtora roku po przeprowadzeniu całej akcji stwierdzono, że pasożyty utrzymały się w środowisku, a liczebność komarów na atolu Nukunomo spadła do połowy. Na atolu Atafu, gdzie zastosowano larwicydy, redukcja populacji komarów wynosiła tylko około 25%.

Wykorzystanie pasożytów i patogenów w walce z komarami budzi duże nadzieje. Skuteczność ich jest niewątpliwa, na co wskazują wyniki naturalnych epizoocji, powstających samorzutnie w przyrodzie. Kuprijanova (1966) stwierdziła, że latem 1964 grzyb *Entomophthora conglomerata* prawie całkowicie zlikwidował populację *Culex pipiens* w zbiornikach podmoskiewskich. Podobną sytuację opisuje Muspratt (1962) w północnej Rodezji, gdzie w terenie zainfekowanym przez grzyb z rodzaju *Coelomomyces* zginęło ponad 95% populacji larw *Anopheles gambiae*. Sztuczne introdukcje dają również pozytywne efekty. Ponadto wysoka specyficzność pasożytów i patogenów zmniejsza szanse na niekorzystne ich oddziaływania na resztę biocenozy. Powyższe względy spowodowały, obserwowaną w ostatnich latach, intensyfikację badań tego kierunku.

Omówione w artykule akcje zwalczania komarów metodą walki biologicznej wskazują na możliwości prowadzenia jej z pozytywnym skutkiem w warunkach środowisk naturalnych. Zabiegi melioracyjne czy introdukcja ryb wielokrotnie prowadziły do likwidacji plagi komarów lub znacznego ograniczenia ich liczebności. Są to jednak na ogół zabiegi kosztowne i nie zawsze możliwe do przeprowadzenia. W obu przypadkach zasadą jest bezpośrednio oddziaływanie modyfikowanego przez człowieka czynnika na komary. Możliwe jest, że w miarę poznawania pewnych ekologicznych właściwości komarów i biocenotycznych ich uzależnień, uda się znaleźć drogi ograniczania ich liczebności przez bardziej precyzyjne oddziaływanie na określone ogniwo zależności, często pośrednie w stosunku do komarów. Tak na przykład, dzieje się w przypadku wykorzystywania nutrii, których wpływ na komary polega głównie na nasilaniu procesu drapieżnictwa na komarach poprzez odpowiednie przekształcanie środowiska.

Laird (1956) twierdzi, że naszym pierwszoplanowym zadaniem w walce z komarami powinna być profilaktyka — zapobieganie tworzeniu się środowisk „komarowych”, takich jak stwarza często rolnictwo, leśnictwo, rybactwo czy budownictwo. Gdy już takie środowiska zostaną stworzone, pozostaje nam wykorzystanie pełnego arsenału zjawisk ekologicznych do walki z nimi.

Piśmiennictwo

- Abell D. L., 1949 — Observations on mosquito populations of an intermittent foothill stream in California — *Ecology*, 40: 186—193.
- Abdel-Malek A., 1948 — Plant hormones (auxins) as a factor in the hatching of *Aedes trivittatus* (Coquillett) eggs — *Am. Ent. Soc.* 1.
- Assem van den J., 1958 — Some experimental evidence for the survival value of the rootpiercing habits of *Mansonia* larvae (*Culicidae*) to predators — *Ent. Exp. Appl.*, 1: 125—129.
- Bhatia M. L., Wattal B. L., 1958 — Preliminary observation on viability of submerged eggs mosquitoes — *Indian J. Malariol.* 12: 1—12.
- Božkov D., 1953 — Mogut li ličinki *An. maculipennis* poedat jaica togo že vida — *Izv. zool. Inst. Sofia*, 2: 163—188.
- Brown A. W., 1960 — Ecological consequences of the development of resistance — 8th Technical Meeting Warsaw-Cracow, int. Union Conserv. Nature and Natur. Resources, pp. 1—4.
- Chapman H. C., 1967 — A survey of Nauru island for mosquitos and their internal pathogens and parasites — WHO (WBC) 67.28.
- Dąbrowska-Prot E., 1970 — Ryby jako czynnik redukcji i regulacji liczebności komarów w biocenozie — *Wiad. ekol.* 16: 285—292.
- Detinova T. S., 1962 — Metody ustanovlenija dvukrylych nasekomych ime-juščich medycinskoe značenie — Geneva, 220 pp.
- Docenko A. A., 1957 — Malarija i borba s nej — *Med. Paraz. dokl.* 1.
- Ehrlich, S., Spielberg D., 1960 — Alteration of the environment of *Anopheles* larvae by nutria in the Naaman swamps, Acre district, Israel — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 9: 265—268.
- 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: 4—107.
- Gillies M., 1960 — Interspecific competition in mosquitoes has it any bearing on biological control — 11 intern. Kongres Entom., Wien.

- Grigsby K. S., Bowden N. W., 1957 — Mosquito control in reservoirs by water level management — *Mosquito News*, 17: 273—277.
- Jackson N., 1953 — Observations on the feeding habits of the predacious mosquito larva, *Culex (Lutzia) tigripes* Grandpré and Charmoy (*Diptera*) — *Proc. R. ent. Soc. London*, 28: 153—159.
- James H. G., 1967 — Seasonal activity of mosquito predators in woodland pools in Ontario — *Mosquito News*, 27: 453—457.
- Jenkins D. W., 1964 — Pathogens, parasites and predators of medically important arthropods — *Bull. World Health Org.*, Geneva, 30: 5—150.
- Kalmykov E. C., 1957 — K voprosu o genezise populacii *Anopheles v taežnoj zone* Evropejskoj časti SSSR — *Med. Paraz.* 6: 716—721.
- Kellen W. R., Chapman H. C., Clark T. B., Lindegren J. E., 1965 — Host-parasite relationships of some *Thelohania* from mosquitos (*Nosematidae, Microsporidia*) — *WHO (EBL)* 32.65: 1—12.
- Kellen W. R., Clark T. B., Lindegren J. E., Hoe B. C., 1965 — *Bacillus sphaericus* Neide as a pathogen of mosquitoes — *WHO (EBL)* 42.65: 1—13.
- Kovchazov G., 1963 — A parasite from Bulgarian *Anopheles maculipennis* — *WHO (EBL)* 13: 1—4.
- Kuprijanova E. S., 1966 — Parasitization of mosquitoes of the *Culex pipiens* complex by fungi of the order *Entomophthorales* — *WHO (EBL)* 66.57: 1—9.
- Kuprijanova E. S., 1968 — Charakter ovogeneza u komarow *Culex pipiens* L. i osnovnye čerty biologii odnoj iz podmoskovnych populacii vida — Moskva, 237 pp.
- Kühlhorn F., 1965 — An investigation of the natural enemies of *Anopheles* larvae (*Diptera: Culicidae*) in different areas at varying altitudes in West Germany — *WHO (EBL)* 37.65: pp. 1—18.
- Lác J., 1958 — Zhodmotenie vyznamu obojzívelnikov z hládiska boja proti komarom v podmienkach žitnehoostrova — *Biológia*, 14: 265—272.
- Laird M., 1956 — Studies of mosquitoes and freshwater ecology in the South Pacific — *Royal Soc. New Zealand*, 6: 1—213.
- Laird M., 1959 — Fungal parasites of mosquito larvae from the oriental and Australian regions, with a key to the genus *Coelomomycetaceae* — *Can. J. Zool.*, 37: 781—791.
- Laird M., 1960 — Microbiology and mosquito control — *Mosquito News*, 20: 127—133.
- Laird M., 1962 — A coral island experiment. A new approach to mosquito control — *WHO Chronicle*, 21: 18—26.
- Laurence B. R., — 1965 — Production and loss in some Ceylonese mosquito populations — *WHO (EBL)* 38.65: 1—11.
- Lewallen L. L., 1960 — On the stability of insecticide resistance in mosquitoes — *J. econ. Ent.* 53: 1122—1124.
- Madelin M. F., 1964 — Laboratory studies on the infection of *Anopheles gambiae* Giles by a species of *Coelomomyces* — *WHO (EBL)* 17: 1—23.
- Madelin M. F., 1965 — Further laboratory studies on a species of *Coelomomyces* which infects *Anopheles gambiae* Gilles — *WHO (EBL)* 52.65: 1—21.
- Maslov A. V., 1961 — Materialy po ekologii razvitija krovososuščich komarov. 3. Vyživaemost w chode razvitija u komarov gruppy *Culiseta* — *Zool. Ž.* 40: 616—619.
- Muspratt J., 1962 — Destruction of the larvae of *Anopheles gambiae* Giles by a *Coelomomyces* fungus — *WHO (EBL)* 2: 1—11.
- Muspratt J., 1963 — Progress raport (may 1963) on investigations concerning three mosquito pathogens at Livingstone, Northern Rhodesia — *WHO (EBL)* 12: 1—7.

- Muspratt J., 1964a — Technique for infecting larvae of the *Culex pipiens* complex with a mermithid nematode, and culturing the latter in the laboratory — WHO (EBL) 27.64: 1—7.
- Muspratt J., 1964b — Parasitology of larval mosquitos, especially *Culex pipiens fatigans* Wied., at Rangoon, Burma — WHO (EBL) 18: 1—19.
- Ovčinnikov K. M., 1957 — Malaria i borba s nej — Med. Paraz., dokl. do nr 1.
- Rejngard A. V., Gorickaja V. V., Zabudko-Rejngard A., 1957 — Vlijanie splošnoj obrabotki pomeččenii preparatom DDT, vyrubki plavneвого lesa i meteorologičeskich faktorov na izmenenie čislennosti populacii krovoso-suščich komarov v raione Kachovskogo gidrouzla — Zool. Žurn. 36.
- Service M. W., 1965 — Predators of the immature stages of *Aedes (Stegomyia) vittatus* (Bigot) (Diptera: Cilicidae) in water — filled rock-pools in northern Nigeria — WHO (EBL) 33. 65: 1—19.
- Stearns L. A., MacCreary D., Daigh F. C. 1940 — Effect of ditching for mosquito control on the muskrat population of a Delaware tidewatered marsh — Bull. Univ. Delaware, Agricult. Exp. Station, 225: 5—55.
- Surtees G., 1958 — Laboratory studies on the survival of the eggs of *Aedes aegypti* under adverse conditions — West Afr. Med. J. 7: 52—53.
- Surtees G., 1959 — Influence of larval population density on fluctuation into mosquito numbers — Nature, 183: 269—270.
- Suzuki T., 1968 — Characterisation and separation of insect population into phenotypes for resistance or susceptibility to insecticides — WHO (VBC) 68.73: 1—31.
- Wei Shuang Chu, Toumanoff C., 1966 — Repport preliminaire sur la flore bacterienne accompagnant les mortalites des larves des Cuicides dans les conditions d'elevage — WHO (EBL) 66.74: 1—81.
- Weiser J., 1965 — A new virus infection of mosquito larvae — WHO (EBL) 36.65: 1—3.
- Ziv M., Brown N.J., Brown A. W., 1969 — Resistance potentialities of *Aedes aegypti* and *Culex fatigans* to organophosphorus and other insecticides — WHO (VBC) 69.148: 1—9.

Summary

Analysis was made of literature on mosquitoes, from the standpoint of prospects for biological control of their larval stages. The possibilities are discussed of utilizing the following phenomena in such control: biocenotic (predation, competition for food, parasitisation), population (density — dependent processes) and habitat phenomena (habitat structure, water management).

Attention is drawn to the fact that successful results in control operations have been obtained mainly by means of the direct action on mosquitoes of a factor which has been introduced or modified by men. This is the case in utilization of the predatory activities of fish for reduction of mosquitoes, in introducing parasites or pathogenes of mosquitoes or doing away with mosquito breeding places by draining land.

There are also possibilities of making use of indirect action, for instance by introducing nutria into the control of mosquitoes. The influence of these animals consists mainly in intensification of the predatory activities of a large number of aquatic predators in relation to mosquitoes, through conditioning of the environment (removal of shore-line vegetation and prevention of the development of floating vegetation).