

ELIZA DĄBROWSKA-PROT
Instytut Ekologii PAN
Warszawa

Problemy walki biologicznej z komarami.
II. Formy dojrzałe komarów
Problems of biological control of mosquitoes.
II. Adult stages

Zwalczanie komarów jest koniecznością wynikającą nie tylko z faktu ich dokuczliwości, często uniemożliwiającej ludziom pracę i odpoczynek (B o s a k i inn. 1959), ale przede wszystkim z faktu przenoszenia przez nie szeregu chorób epidemicznych. Wiele też prac poświęconych jest analizie warunków sprzyjających powstawaniu epidemii oraz biologii i ekologii gatunków komarów przenoszących zarazki takich chorób jak malaria (K r a f s u r 1969, L a i r d 1954, O d e t o y i n b o 1968), japońskie zapalenie mózgu (J i h C h i n g L i e n 1969, T o n n i i inn. 1970), filariozy (A b d u l c a d e r i S e b a s t i a n 1969, S u b r a i M o u c h e t 1967), żółta febra (M o u c h e t 1970, 1971), gorączka krwotoczna (P a n t i Y a s u n o 1970, T o n n i i inni 1969). Komary są organizmami wektorowymi tych chorób, decydującymi o rozwoju epidemii.

Możliwość zwalczania komarów dojrzałych metodami wchodzącymi w zakres walki biologicznej są znacznie ograniczone w porównaniu z możliwościami wykorzystywania tych metod w walce w formach wodnymi komarów. Decydującą rolę odgrywają w tym przypadku trudności zidentyfikowania w środowiskach centrów występowania komarów oraz szerokie ich rozprzestrzenienie, uniemożliwiające objęcie akcją zwalczania znacznej części populacji. Z tego też powodu również walka chemiczna z komarami dojrzałymi nie daje spodziewanych rezultatów.

Tylko populacja gatunków t. zw. synantropijnych, o występowaniu ograniczonym do najbliższego otoczenia człowieka (domów, piwnic, zabudowań gospodarczych itp.) mogą znajdować się pod całkowitą naszą kontrolą. W takich warunkach T r p i š (1970), stosując znakowanie komarów i wykorzystując indeks Lincolna, obliczył z dużą dokładnością wielkość populacji gatunku *Toxorhynchites brevipalpis*, zasiedlającej przedmieścia Dar-Es-Salaam w Tanzanii. S u b r a (1970) natomiast przeprowadził analizę populacji *Culex pipiens fatigans*, zasiedlającej domy i środowiska przydomowe i wykazał odrębność ekologiczną tych populacji.

W przypadku komarów tzw. dzikich, zasiedlających środowiska leśne, łąkowe itp., pełna kontrola ich populacji możliwa jest tylko w warunkach szczególnego ukształtowania środowiska, ograniczającego możliwość

imigracji i emigracji komarów. W takiej sytuacji dokonywano na przykład omówionych w pierwszej części artykułu eksperymentów z zastosowaniem grzybów owadobójczych do walki z komarami na wyspach Tokelau (L a i r d 1962).

Szkodliwe skutki stosowania walki chemicznej zmuszają, mimo dużych trudności, do podejmowania kolejnych prób biologicznego zwalczania komarów dojrzałych. W literaturze poświęconej komarom można wyróżnić dwa podejścia do tego problemu: pierwsze koncentruje się na kwestii ograniczania liczebności komarów na większych przestrzeniach na drodze takiego przekształcania terenu, aby uniemożliwiało rozloty komarów, skupiło je w określonych środowiskach i utrudniało dotarcie do człowieka; drugie eksponuje problemy związane z redukcją liczebności komarów w środowiskach na drodze oddziaływań biocenotycznych i populacyjnych.

Przekształcanie środowiska jako forma walki z komarami

Pojęcie walki ekologicznej wiąże się nieodłącznie ze zjawiskami oddziaływania na liczebność organizmów — całkowitego eliminowania ze środowiska szkodliwego gatunku lub obniżania jego liczebności. Wydaje się jednak, że pojęcie to można rozszerzyć i na zakres zjawisk, których istota leży w ograniczaniu rozprzestrzenienia gatunków, a co za tym idzie — obniżaniu ich liczebności w określonych środowiskach. Takie ujęcie problemu walki z organizmami szkodliwymi jest reprezentowane w literaturze poświęconej komarom.

Idea przekształcania środowiska uniemożliwiającego komarom rozlatywanie się na większe przestrzenie, a w szczególności dotarcie ich do człowieka, opierała się na pewnych spostrzeżeniach dotyczących biologii i ekologii komarów. Wiadomo, że podstawową cechą behawioru komarów jest ich ruchliwość. Dokonują one lotów na większe odległości, określanych jako migracje oraz odbywają krótsze, ale za to znacznie częstsze loty związane z rozmnażaniem się i zdobywaniem pokarmu (J o h n s o n 1969). Oba typy lotów, a szczególnie loty w poszukiwaniu ofiar, decydują o intensywności penetracji terenów przez komary i mają ogromne znaczenie dla kontaktu tych owadów z człowiekiem.

Na kierunki i intensywność lotów komarów wpływają różne czynniki: gatunkowe, populacyjne, biocenotyczne oraz środowiskowe. Zasięg lotów komarów jest różny u różnych gatunków. Ogólnie biorąc gatunki leśne rozlatują się znacznie słabiej niż gatunki otwartej przestrzeni. Badając zasięg lotów komarów za pomocą odławiania znakowanych osobników stwierdzono, że na przykład *Aedes vexans* pierwszego dnia po oznakowaniu osiągał dystans 14 mil, *Anopheles punctipennis* — 10,5 mili, a *Culex pipiens* — 9,5 mili (J o h n s o n 1969). Rozloty *Anopheles gambiae*, przenosiciela malarii, mają znacznie mniejszy zasięg. Gillies (1961) badał dyspersję znakowanych osobników tego gatunku i stwierdził, że większość osobników penetrowała teren o promieniu 4 mil od miejsc wylęgu. Po 32 dniach tylko 45% osobników dożywających do tego czasu opuściło teren.

Komary aktywnie poszukują i atakują ludzi i różne gatunki zwierząt, aby zdobyć krew potrzebną im do rozwoju jaj. Znane są wprawdzie tzw. gatunki autogenne, u których jaja rozwijają się bez uprzedniego pobrania krwi, ale większość z nich charakteryzuje się autogennością fakultatyw-

na, związaną na przykład z okresowymi trudnościami dotarcia do ofiary. Stwierdzono również, że warunki rozwoju decydują o autogenności. Spada ona w środowiskach, gdzie larwy rozwijają się w warunkach niedostatku pokarmu (Bellamy i Kardos 1958). Większość jednak gatunków musi zdobywać krew, aby móc normalnie się rozmnażać.

Różne gatunki komarów preferują różne rodzaje ofiar. Są gatunki takie jak np. *Anopheles maculipennis*, które napadają głównie na duże, stadne zwierzęta i chętnie atakują ludzi; inne, jak *Aedes caspius* preferują ofiary rozproszone i drobne np. gryzonie i ptaki (Beklemishev 1957). Znane są tzw. gatunki ornitofilne, które atakują wyłącznie ptaki, a szczególnie młode pisklęta. Zdarza się, że na różnych terenach ten sam gatunek komara wybiera różne ofiary i tak na przykład w Ganda (Kenia) głównym gospodarzem *Aedes aegypti* były płazy, a w Entebbe (Uganda) — drobne gryzonie. *Anopheles simpsoni*, najliczniejszy obok *A. aegypti* gatunek w Ganda, atakował głównie ludzi (McClelland 1963).

Antropofilność gatunków nie jest ich cechą niezmienną. Stwierdzono że w Tanzanii u gatunku *A. gambiae* antropofilność (mierzona procentem osobników zawierających w przewodzie pokarmowym krew ludzką z całości złapanych i wypełnionych krwią komarów) wahała się od 33% do 75% (White 1969). Znane są także przypadki występowania w przyrodzie dwóch populacji jednego gatunku, z których jedna jest antropofilna, a druga zoofilna (atakująca głównie zwierzęta) (Gouck 1970).

Ogólnie wiadomo, że poza preferencją pokarmową komarów, o której była wyżej mowa, na intensywność i główny kierunek lotów komarów wpływa rozmieszczenie i zagęszczenie ofiar w terenie oraz samo ukształtowanie terenu. Beklemishev (1949) jest zdania, że i zagęszczenie komarów odgrywa w tych zjawiskach pewną rolę — im zagęszczenie komarów jest większe, tym intensywniej rozlatują się. Trzeba jednak zastrzec, że wszystko to dotyczy głównie populacji egzofilnych, żyjących w otwartej przestrzeni. Populacje endofilne, pozostające przez znaczną część swego życia w zamkniętych pomieszczeniach, różnią się zasadniczo od populacji egzofilnych tego samego gatunku, a o ich odrębności biologicznej świadczą różnice w strukturze wewnętrznej (Subra 1970) oraz w odporności na insektycydy (Pringle 1967).

Omówione wyżej ekologiczne właściwości gatunków komarów (długość lotu, preferencja pokarmowa, preferencja środowiskowa), ich reakcje na zagęszczenie populacji ofiar i na własne zagęszczenie oraz możliwości przemieszczania się w środowisku związane z jego ukształtowaniem, determinują stopień penetracji terenu przez zasiedlający go zespół komarów. Beklemishev (1949) jako pierwszy zajął się praktycznym wykorzystaniem w walce z komarami wpływu, jaki wywiera ukształtowanie terenu i rozmieszczenie ofiar w środowisku na rozloty komarów. Oddziaływanie tych czynników powoduje, że otaczające środowisko nie jest dla komarów jednorodne, a stanowi mozaikę punktów przyciągających je z różną siłą. Różnice w atrakcyjności tych punktów dla komarów mogą być wywołane niekiedy bardzo drobnymi różnicami w ich właściwościach. Ivanova (1960) stwierdziła na przykład wpływ niewielkiego pofałdowania terenu, powodującego różnice poziomów miejsc wylęgowych i spoczynkowych komarów dojrzałych, na liczebność komarów zasiedlających różne punkty tak zróżnicowanego terenu. Beklemishev skuteczną metodę walki z komarami i przenoszonymi przez nie chorobami widzi w takim organizowaniu przestrzeni, aby doprowadzało ono

do osłabienia kontaktów komarów z człowiekiem — zmniejszenia liczby komarów zalatujących do osiedli ludzkich, a wśród zalatujących zmniejszenia procentu osobników napadających na człowieka. Droga doprowadzająca do osiągnięcia tych celów może być, jego zdaniem, odpowiednie usytuowanie w terenie osiedli i ich zabudowa oraz zwiększenie liczebności ofiar zastępczych (np. pogłównia bydła). Beklemiśev sformułował nawet prawidłowości określające intensywność penetrowania przez komary różnych punktów terenu w zależności od jego ukształtowania, zagęszczenia ofiar i zagęszczenia komarów (B e k l e m i ś e v 1949).

Wyobrażenia Beklemiśeva potwierdzają badania Gilliesa (1960, 1961). Badana przez niego dyspersja gatunku *A. gambiae* była w dużym stopniu uzależniona od charakteru środowiska. Jeśli znakowane osobniki wypuszczano w otwartym terenie, szybko rozpraszały się i w drugim dniu badań główną ich masę znajdowano w odległości około 1,5 mili od miejsca wypuszczenia. Gdy komary uwalniano na terenie wioski tubylczej, znaczna część populacji pozostawała na miejscu i penetrowała obszar o promieniu około 1/4 mili. Kierunek lotu komarów był wyraźnie zdeterminowany rozmieszczeniem w terenie potencjalnych ofiar. Gillies wyciąga stąd wniosek, że komary są jakby „łapane” przez lokalną populację ofiar i że ten czynnik, nasilający się wraz z zagęszczeniem i skupiskowym rozmieszczeniem ofiar, oraz rozkład miejsc wylęgowych komarów determinują zasięg lotu wielu tropikalnych gatunków komarów.

Beklemiśev sprawdził przydatność swoich wyobrażeń dla praktyki. Dokonał on analizy mozaikowości środowiska, jego „komarotwórczego” charakteru oraz typu zabudowy osiedli kilku sowchozów w Związku Radzieckim i ocenił wpływ tych elementów na poziom zakomarzenia środowiska synantropijnego. W wyniku tych analiz dał konkretne propozycje zmian w organizacji terenu, prowadzących do znacznego obniżenia poziomu liczebności komarów w środowiskach synantropijnych (B e k l e m i ś e v 1949).

W oparciu o założenia Beklemiśeva i jego ideę opracowania syntetycznych analiz różnych terenów ZSRR z punktu widzenia ich „malariotwórczego” charakteru, L. Bandin w Instytucie Parazytologii Medycznej i Medycyny Tropikalnej im. E. Martinowskiego w Moskwie opracowuje od 1965 roku mapy potencjalnych terenów malarycznych całego obszaru Związku Radzieckiego. Pod uwagę bierze kilka czynników, takich jak: 1) anofelogenność terenu czyli obecność zbiorników wylęgowych gatunków *Anopheles*, 2) liczbę i charakter (stałe, czasowe itp.) miejsc wylęgowych komarów, 3) liczbę larw komarów w 1 m³ wody, 4) liczbę potencjalnych ofiar komarów na jednostkę powierzchni, 5) możliwości zawleczenia malarii na dany teren w związku z rozwojem transportu, napływem ludności (np. tereny wczasowe) itp. Na podstawie analizy wszystkich tych ilościowych i jakościowych wskaźników wnioskuje się o możliwości rozwoju malarii na danym terenie, a w związku z tym konieczności przeprowadzania akcji zwalczania komarów.

Wykorzystywanie zjawisk populacyjnych w walce z komarami

Mimo trudności, jakie napotyka się przy planowaniu walki biologicznej z komarami dojrzałymi, nie zarzuca się prób wykorzystania jej w redukcji liczebności komarów. Ogólnie rzecz biorąc próby te opierają się głównie na zjawiskach populacyjnych, związanych z ograniczaniem płod-

ności samic, oraz procesach biocenotycznych drapieżnictwa i pasożytnictwa na komarach.

Jedną z podstawowych trudności w kontrolowaniu populacji owadów szkodliwych jest ich wielki potencjał rozrodczy. Płodność samic komarów jest również ogromna, ale jednocześnie bardzo zmienna i uzależniona od szeregu czynników, takich jak rozmiary ciała samic, ich wiek fizjologiczny, gatunkowe i podgatunkowe różnice w płodności, okres sezonu i jego charakterystyka (suchy, wilgotny). Różnice te mogą być bardzo znaczne i tak na przykład średnia ilość jaj złożona jednorazowo w końcu sezonu, we wrześniu, przez samice z rodzaju *Anopheles* może być o około 50% mniejsza od ilości jaj wyprodukowanych przez nie na początku sezonu, w czerwcu (Detinova 1936). Stwierdzono również, że w wilgotnym sezonie samice *A. gambiae* składają o około 100% więcej jaj niż w roku suchym (Holstein 1954). Podobnie autogenność samic obniża znacznie liczbę złożonych jaj (Bellamy i Kordos 1958).

Wiek fizjologiczny samic ma także duże znaczenie, np. u samic *Anopheles maculipennis* w pierwszym cyklu gonotroficznym rozwijało się średnio 276,5 jaj, a w trzynastym cyklu było ich już tylko 12 (Detinova 1962).

Tak więc populacje tego samego gatunku, ale o różnej strukturze wiekowej samic, podlegające podobnym nawet wpływom różnych czynników środowiskowych (np. brak miejsc wylęgowych), czy biocenotycznych (np. drapieżnictwo) mogą wykazywać znaczne różnice w tempie wzrostu populacji.

Mimo dużej zmienności płodności samic możliwości wpływania na nią człowieka są niewielkie. Możliwe jest tylko oddziaływanie w skali całej populacji, na przykład przez usuwanie z niej samic młodych, wylęgłych w pierwszym okresie sezonu, charakteryzujących się wtedy największą płodnością.

Ogólna płodność samic jest ogromna. Samice, które 13-krotnie w ciągu sezonu złożą jaja, mogą złożyć ich ogółem około 2 tysięcy sztuk, a w wyjątkowo sprzyjających warunkach — około 3 tysięcy. Osiąganie przez samice w ciągu ich życia dziesięciu cykli gonotroficznymi nie jest rzadkością. *Anopheles maculipennis* pod Moskwą dożywał 10—11 cykli gonotroficznymi (Detinova 1962). W okolicach Rygi ten sam gatunek osiągał 8 do 10 cykli (Polikarpova 1957). Samice *Aedes rusticus* dożywały 7 cykli, ale samice *Aedes cinereus* i *Aedes communis* już tylko 4 cykli gonotroficznymi (Shlenova 1959).

Osiąganie przez samice większej liczby cykli gonotroficznymi pociąga za sobą poważne konsekwencje — im dłużej żyją samice, tym większy jest przyrost populacji i zwiększa się szansa zarażenia komarów zarażkami chorobotwórczymi, a więc rośnie epidemiczna rola populacji. Beklemishev (1944) wykazał, że gdy w populacji przeważają samice starsze wiekowo, znaczny procent osobników jest zarażonych, czego nie obserwuje się w populacjach złożonych głównie z młodych samic. Kwestią tą szerzej zajął się MacDonald (1957).

Jedną z metod walki biologicznej z komarami, rokującą duże nadzieje, opartą na obniżaniu potencjału rozrodczego populacji jest metoda sterylizacji samców. Jest ona stosowana z powodzeniem również w stosunku do innych owadów, takich jak na przykład *Musca domestica* (Weidhaas i LaBrecque 1970), czy mucha tse-tse (Knipling 1963). Zwykle stosuje się sterylizację radiologiczną, chemiczną lub genetyczną.

Pierwsze próby laboratoryjne, a następnie terenowe z radiosterylizacji

zacja samców komarów były prowadzone na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych (Davis i inni 1959, Rama Krishnan i inni 1962). Wyniki terenowe nie potwierdziły pozytywnych wyników laboratoryjnych, ponieważ w pierwszym przypadku okazało się, że behavior sterylizowanych samców różnił się od behavioru dzikich samców *Anopheles quadrimaculatus* i samice kopulowały głównie z samcami nie sterylizowanymi; w drugim przypadku niedokładnie określono wielkość populacji gatunku *Culex pipiens fatigans* i liczba sterylizowanych samców, wypuszczonych w teren była za mała dla uzyskania pozytywnego efektu.

Podobnie wypuszczanie do naturalnego środowiska chemosterylizowanych samców gatunku *Culex tarsalis* dało mniejsze korzyści, niż się spodziewano. Wyniknęło to z faktu, że czas trwania eksperymentu był krótszy niż życie samic *C. tarsalis*, pojawiających się przed pierwszym zastosowaniem sterylizujących środków chemicznych (Hamon 1970).

Zwraca uwagę fakt, że we wszystkich trzech omówionych wyżej przypadkach wynik eksperymentu terenowego uzależniony był głównie od dobrej znajomości ekologii gatunku.

Sterylny samce uzyskuje się również dzięki krzyżowaniu blisko spokrewnionych gatunków lub podgatunków. Samce takie są często aktywniejsze niż normalne i w warunkach laboratoryjnych z powodzeniem z nimi konkurują. Zabieg ten w niczym nie upośledza samic.

W oparciu o założenie równych szans udziału obu rodzajów samców (sterylnych i normalnych) w procesie zapłodnienia samic, Cuellar (1968) przeprowadził przy pomocy maszyny elektronicznej teoretyczne wyliczenia dynamiki populacji *Anopheles gambiae* w warunkach wprowadzania do populacji różnej liczby sterylnych samców. Budując teoretyczny model wzrostu populacji wyznaczył dla poszczególnych populacji, różniących się liczbą sterylnych samców, okresy czasu (w tygodniach), po których wszystkie samice składałyby niezaplodnione jaja i w związku z tym zbiorniki wodne byłyby wolne od larw.

Davidson, Odeto Yinbo, Colussa i Coz (1969) wykorzystując wyniki Cuellera dokonali eksperymentów terenowych przy użyciu sterylnych samców, uzyskanych przez krzyżowanie dwóch gatunków z kompleksu *Anopheles gambiae*. Sterylny samce wprowadzano do naturalnej populacji jednego z gatunków na terenie małej wioski tubylczej w Górnej Wolcie. Po pewnym czasie przeprowadzono odłowy i stwierdzono, że w próbach było tylko około 75% sterylnych samców, a w zbiornikach wodnych jeszcze około 3,5% zapłodnionych jaj, mimo że według obliczeń Cuellara wszystkie jaja powinny być już niezaplodnione.

Szczegółowe badania wykazały, że podstawowe założenie Cuellara o równych szansach samców normalnych i sterylnych w dotarciu do samic jest niesłuszne. W związku z tym autorzy postulują konieczność szukania przyczyn wywołujących różnice w zachowaniu się samców normalnych i sterylizowanych oraz ściśle określenie warunków, w których byłyby one równorzędnymi partnerami w procesie zapłodnienia samic.

Podobnie jak Cuellar, MacDonald i Rai (1970) próbowali stworzyć matematyczny model regulacji liczebności populacji komarów, w tym przypadku gatunku *Aedes aegypti*, przy zastosowaniu sterylizacji genetycznej metodą heterozygotycznych translokacji. Nie został on jednak sprawdzony empirycznie.

Negatywne wyniki w zwalczaniu komarów przy pomocy sterylizowanych samców uzyskali również Krishnamurthy, Ray i Joshi

(1963), którzy dokonali próby redukcji populacji *Culex pipiens fatigans* w okolicach New Delhi. Stosowali oni naświetlanie promieniami gamma poczwerek i rozwijające się z nich samce wypuszczali w terenie. W sumie wypuszczono 24 tysiące samców, ale nie stwierdzono jednak w wyniku tego zabiegu wyraźnej redukcji liczebności larw i dojrzałych komarów. Stwierdzono tylko, że ze wzrostem liczby wprowadzanych do populacji sterylizowanych samców wzrasta procent nie rozwijających się jaj.

Znane są jednak przypadki uzyskiwania pozytywnych rezultatów przy próbach redukcji w terenie populacji komarów metodą wprowadzania do niej sterylizowanych samców. Patterson, Weidhaas, Ford i Lofgren (Patterson i inni 1970, Weidhaas i inni 1970) próbowali w ten sposób eliminować populację *Culex pipiens fatigans* z małej wyspy przy zachodnim brzegu Florydy. Wprowadzali do niej w ciągu 6 generacji (12 tygodni) sterylizowane chemicznie samce. Dziennie wypuszczano od 8400 do 18000 samców; stosunek samców sterylizowanych do normalnych wynosił w poszczególnych generacjach 0:1, 3:1, 4:1, 12:1, 100:1, 100:1, a procent uzyskanych dzięki temu nie rozwijających się jaj wynosił odpowiednio 0, 62, 85, 82, 84 i 95%.

Mimo iż w ciągu ostatnich dwóch tygodni eksperymentu w żadnym zbiorniku nie znajdowano już larw, a poziom liczebności form dojrzałych uległ znacznemu obniżeniu, nie udało się całkowicie zlikwidować w tym terenie populacji *C. pipiens fatigans*. Przyczyną tej sytuacji był fakt, że wyspa nie była całkowicie izolowana. Autorzy sądzą w związku z tym, że sterylizowane samce mogą być używane z powodzeniem do całkowitej likwidacji komarów tylko w warunkach izolacji populacji. W innych sytuacjach możliwe jest znaczne obniżenie liczebności, ale niezbędne są wtedy szczegółowe dane na temat migracji komarów, ich dynamiki sezonowej i zagęszczenia populacji.

Pełne powodzenie w akcji zwalczania komarów uzyskał Laven (1967) w Burmie. Badania swoje prowadził w wiosce całkowicie odizolowanej od innych miejsc występowania komarów przez wyschnięte pola ryżowe. Sterylizowane samce wprowadzane były do środowiska przez około 12 tygodni. W ostatnich dwóch dniach eksperymentu stwierdzono, że wszystkie jaja złożone przez samice były niezapłodnione. Eksperyment ten wykazał niezbicie, że przy pomocy sterylizacji samców można usunąć ze środowiska całą izolowaną populację komarów.

W związku z badaniami nad sterylizacją samców stwierdzono bardzo interesujący fakt, że sterylizujące środki chemiczne wpływają na rozwój pasożytów przenoszonych przez komary. Eksperymenty laboratoryjne prowadzone z gatunkami pasożytów *Brugia patei*, *Plasmodium pallinaceum* i *Plasmodium cynomolgi bastianelli* wykazały, że stosowane środki chemiczne powodują obniżenie liczby pasożytów osiagających stadium inwazyjne (Bertram 1964, Jamnback 1967, Ward i inni 1965). Uzyskuje się w ten sposób efekt obniżenia empirycznej roli komarów.

Biocenotyczne zwalczanie komarów

Fakty masowego zjadania komarów przez różnego typu drapieżce były wielokrotnie omawiane w literaturze (Jenkins 1964). Wiadomo również, że szereg grup zwierząt wśród bezkręgowców (pajęczaki, owaady), jak i wśród kręgowców (płazy, gady, ptaki, nietoperze) żywi się ko-

marami. Są to jednak głównie dane jakościowe, wskazujące na istnienie w przyrodzie wielu wrogów komarów, nie pozwalające na ocenę znaczenia poszczególnych drapieżców w redukcji komarów.

Naturalna redukcja komarów dojrzałych w przyrodzie jest bardzo znaczna. Tak na przykład *Detinova* (1962) stwierdziła na podstawie analizy struktury wiekowej samic w populacji *Anopheles maculipennis*, że w pierwszym okresie ich życia (do czterech cykli gonotroficznych) śmiertelność jest niezależna od wieku i wynosi około 50% ich liczebności w ciągu każdego cyklu gonotroficznego. U starszych samic wzrasta z wiekiem i wynosi ponad 70%. *Van den Assem* (1959) z kolei określał według wzoru *MacDonalda* dobową śmiertelność kilku gatunków komarów z Nowej Gwinei i stwierdził, że dla gatunku *Anopheles bancrofti* i *A. farauti* była ona bardzo wysoka i wynosiła odpowiednio 32 i 31%; natomiast dla *Anopheles amictus hilli* wynosiła tylko 5%. Okazało się, że wskaźnik śmiertelności może ulegać znacznym wahaniom zarówno w ciągu lat, i w ciągu kolejnych miesięcy roku. Badania *Van den Assema* (1959) nad dobową śmiertelnością *Anopheles koliensis* w Holandii wykazały, że wynosiła ona średnio dla kolejnych lat 1957—1959 odpowiednio 25, 16 i 18%, a w poszczególnych miesiącach tych lat wahała się od 9 do 31% na dobę.

Duża roczna i sezonowa zmienność wskaźników śmiertelności sugeruje znaczny udział czynników ekologicznych w redukcji komarów. Należy przypuszczać, że czynniki biocenotyczne grają tu poważną rolę.

W literaturze znane są przypadki masowego zjadania komarów. *Kale* (1968) analizując rolę jaskółek w redukcji komarów omawia przypadek, kiedy żołądek tego ptaka wypełniony był jednym gatunkiem komara *Aedes sollicitans*, wylęgającym się masowo wiosną w słonawych bagnach w Ameryce. Autor cytuje szereg prac ornitologicznych, z których wynika, że ptaki w okresach masowych pojawów komarów mogą je również masowo niszczyć. Jaskółka na przykład, w związku ze swoim szybkim metabolizmem, teoretycznie może złowić 10 do 12 tysięcy komarów dziennie. Rozstrzygnięcie problemu roli drapieżców w redukcji komarów nie jest jednak łatwe. *Buckner* (1966) badając udział drapieżnych kręgowców w biologicznej walce z owadami leśnymi stwierdził, że uzyskiwany w próbach materiał jest tak zmienny w czasie i przestrzeni, że ma on z reguły wyłącznie charakter jakościowy, mówiący raczej o hehawiorze pokarmowym drapieżców niż o ich wpływie na populacje ofiar. *Kale* (1968) potwierdził ten wniosek w odniesieniu do jaskółek. Wykazał, że oddziaływanie ich na komary zależy od wielu ciągle zmieniających się czynników zewnętrznych, determinujących cykl aktywności dobowej drapieżcy i ofiary i w ten sposób osłabiających lub wzmagających drapieżnictwo.

Ilościowe dane na temat drapieżnictwa na komarach uzyskano badając pokarm pewnych gatunków pajaków sieciowych. Są to znane drapieżce komarów, rozpinające sieci łowne na runie, gdzie komary przebywają przez znaczną część doby. Badania terenowe nad pokarmem gatunku *Tetragnatha montana*, prowadzone w wilgotnych lasach olchowych, miejscach masowego występowania komarów, wykazały, że około 70% pokarmu tego gatunku stanowiły komary (*Dąbrowska-Prot i Łuczak* 1968). Szczegółowe badania wykazały ścisłą synchronizację sezonowego pojawu drapieżców i ofiar w środowisku oraz ich aktywności dobowej. Wskazywałoby to na fakt daleko idącego przystosowania się tego

typu drapieżcy do swojej ofiary, prowadzącego do nasilenia kontaktów przestrzenno-czasowych obu populacji.

W środowisku zasiedlanym przez *T. montana* jeszcze inny, liczny gatunek pająka był skuteczną drapieżką komarów. W pokarmie *Theridion pictum* komary stanowiły około 50% całości łowionych przez niego owadów (Łuczak i Dąbrowska-Prot 1970).

Badania terenowe mogą dostarczyć danych na temat udziału komarów w pokarmie pajaków sieciowych, natomiast nic nie mówią o wpływie drapieżnictwa na liczebność komarów w środowisku. W celu zbadania tej drugiej strony zagadnienia przeprowadzono eksperymenty terenowe z szeregiem gatunków pajaków i komarami. Stwierdzono, że presja wywierana na populacje komarów przez różne gatunki pajaków jest uzależniona w układach prostych (1 gatunek drapieżcy i komary) od ich właściwości gatunkowych (Łuczak i Dąbrowska-Prot 1966), zagęszczenia populacji drapieżców i ofiar oraz ich aktywności (Dąbrowska-Prot, Łuczak i Tarwid 1968, Dąbrowska-Prot 1968, Łuczak, Dąbrowska-Prot i Tarwid 1969, Łuczak 1968), a w układach złożonych (2 gatunki drapieżcy i komary) ponadto od przebiegu konkurencji między drapieżcami (Dąbrowska-Prot i Łuczak 1970).

Można wskazać na drapieżce wyjątkowo sprawne, jak np. *T. montana*, która po wprowadzeniu do izolatorów, po okresie adaptacji do nowego środowiska, przez cały czas trwania eksperymentów intensywnie redukuje komary dostosowując swoją aktywność drapieżniczą do aktualnego poziomu ich liczebności. Z kolei *Dolomedes fimbriatus* eliminuje ze środowiska zawsze określoną porcję komarów bez względu na ich aktualne zagęszczenie.

Obecność innego drapieżcy w środowisku zmienia charakter presji wywieranej przez poszczególne gatunki (Dąbrowska-Prot i Łuczak 1970), może ją wzmacniać lub osłabiać. Tak na przykład obecność w środowisku dwóch gatunków pajaków *Linyphia triangularis* i *Floronia bucculenta* powodowało zwiększenie redukcji komarów o 20% w porównaniu z ich redukcją przez pojedyncze populacje tych drapieżców.

Cytowane wyżej badania wykazują, że w pewnych warunkach środowiskowych, sprzyjających masowemu występowaniu komarów i określonych gatunków pajaków mogą one skutecznie oddziaływać na komary, dostosowując się do aktualnego poziomu ich liczebności. Stwarza to możliwość regulacyjnego oddziaływania pajaków na komary. Oczywiście pozostaje otwarty problem praktycznego wykorzystywania procesu drapieżnictwa w walce z komarami dojrzałymi.

Podobne trudności jak w badaniach drapieżnictwa napotykamy przy analizie procesu pasożytnictwa na komarach. Wyizolowano z komarów szereg gatunków pasożytów — pierwotniaków, bakterii, grzybów, ale znane są tylko nieliczne przypadki spowodowania przez nie masowego giniecia komarów. Weiser na przykład twierdzi, że grzyb *Entomophthora culicis* powoduje wzrost śmiertelności gatunków z kompleksu *Culex pipiens* na zimowiskach (Laird 1969).

Istnieje tu ponadto poważne niebezpieczeństwo wprowadzenia do środowiska organizmu chorobotwórczego, który może okazać się niebezpieczny dla człowieka. Kilka lat temu proponowano użycie grzyba *Entomophthora coronata* przeciw musze domowej, a następnie Emmons stwierdził, że wywołuje on phycomycosis u ludzi i koni (Laird 1970). Zmusza to do dużej ostrożności w planowaniu tego typu zabiegów.

Perspektywy walki biologicznej z komarami

Problemy omówione w pierwszej części artykułu, poświęconej zwalczaniu larw komarów oraz w części niniejszej wskazują na różnorodne możliwości prowadzenia walki biologicznej z komarami. Z przedstawionego materiału wynika również, że pewne typy oddziaływań na komary, jak na przykład przekształcanie środowiska, drapieżnictwo i pasożytnictwo na larwach komarów czy sterylizacja samców w populacjach dojrziałych komarów, dają znacznie lepsze i pewniejsze wyniki niż inne oddziaływania. Jednak i te wymienione wyżej nie w każdej sytuacji zapewniają całkowite powodzenie (Laird 1969, Hamon 1970). Spowodowało to wylansowanie koncepcji zintegrowanych metod walki z komarami. Definicja tych metod, ustalona przez Światową Organizację Zdrowia w 1962 roku, określa je jako metody polegające na połączonym stosowaniu przez człowieka czynników biologicznych, fizycznych i chemicznych w ten sposób, aby wzmacniały efekty innych, już oddziaływających w środowisku, czynników takich jak na przykład naturalni wrogowie wpływających na liczebność populacji komarów (Laird 1970).

Ideą przewodnią zintegrowanej walki z komarami jest więc świadoma, wielokierunkowa (środowiskowa, biologiczna, chemiczna) ingerencja człowieka w układ przyrodniczy, mająca na celu wzmocnienie naturalnych oddziaływań ekosystemu w kierunku eliminacji ze środowiska komarów.

Jeśli rozpatrywać przedstawione w artykule wyniki badań z punktu widzenia skuteczności oddziaływania różnych czynników ekologicznych, prowadzącego do znacznej lub całkowitej redukcji populacji komarów, to dochodzimy do wniosku, że jest ona uzależniona od całości biocenozy. Ryby najskuteczniej redukowały larwy komarów, gdy introdukowano je z zewnątrz i nie podlegały, przynajmniej w pierwszym okresie, układowi regulacyjnemu biocenozy, lub gdy działały w układach biocenotycznych bardzo uproszczonych (np. sztuczne zbiorniki na wodę). Można, przekształcając środowisko, zburzyć naturalnie wytworzony i ustabilizowany układ, w którym komary stanowią trwałe i częsty bardzo liczny element biocenozy. Na tym polegało usuwanie roślinności ze zbiorników, zmieniające rozkład przestrzenny drapieżców i ofiar.

Hamon (1970) zwraca uwagę na fakt, że wiele organizmów patogennych komarów charakteryzuje się szerokim rozprzestrzenieniem i może skutecznie infekować znaczną część populacji komarów. Zwykle jednak w przyrodzie tylko bardzo mały procent populacji jest nimi zarażony i często obserwuje się ich ograniczone, punktowe występowanie, które nie ulega zmianom przez lata całe. Istnieje więc jakiś czynnik, poza fizjologiczną odpornością komarów, który nie dopuszcza do powstania epidemii.

Metody walki z komarami powinny więc działać jako system bodźców naruszających równowagę bądź w samej biocenozie, bądź układzie biocenoza-środowisko tak, aby elementem eliminowanym w tych nowych warunkach były komary.

Piśmiennictwo

- Assem van den, J. 1959 — Daily mortality in four species of new Guinea *Anopheles* — Trop. Geogr. Med., 11: 223—236.
 Abdalcader, M.H.M., Sebastian, A. 1969 — The mosquito vector of bancroftian filariasis in Rangoon, Burma — WHO(VBC) 69:168: 1—5.

- Beklemišev, V.N. 1944 — Ekologia malarijnogo komara — Moskva.
- Beklemišev, V.N. 1949 — Planirovka naselenych punktov i problema malarii — Izd. Acad. Med. Nauk SSSR, Moskva, 5—71.
- Beklemišev, V.N. 1957 — Nekotorye obščie voprosy biologii krovososuščich nižšich dvukrylych — Med. Paraz. 5.
- Bellamy, R.E., Kardos, E.H. 1958 — A strain of *Culex tarsalis* Coq. reproducing without blood meals — Mosquito News, 18: 132—134.
- Bertram, D.S. 1964 — Entomological and parasitological aspects of vector chemosterilization — Trans.R.Soc.Trop.Med.Hyg., 58: 296—317.
- Bosak, T., Dworak, Z., Golba, J., Ogońska, A. 1959 — Masowe zwalczanie plagi komarów — Woj.Stacja.San.-Epidem., Szczecin. 3—20.
- Buckner, C.H. 1966 — The role of vertebrate predator in the biological control of forest insects — Am.Rev.Entomol., 11: 449—470.
- Cole, M.M., LaBrecque, G.C., Burden, G.S. 1959 — Effects of gamma radiation on some insects affecting man — J.econ.Ent., 52:448.
- Cuellar, C.B. 1968 — A theoretical model of the dynamics of an *Anopheles gambiae* population under challenge with eggs giving rise to sterile males — WHO(VBC)68.80: 1—12.
- Davidson, G., Odetoyinbo, J. A., Colussa, B., Coz, J. 1969 — A field attempt to assess the mating competitiveness of sterile males produced by crossing two member species of the *Anopheles gambiae* complex — WHO(VBC)69.149: 1—15.
- Davis, A.N., Gaham, J.B., Wedhaas, D.E., Smith, C.N. 1959 — Exploratory studies on gamma radiation for the sterilization and control of *Anopheles quadrimaculatus* — J.econ.Ent.52: 868—870.
- Dąbrowska-Prot, E. 1968 — Zagęszczenie drapieżców i ofiar a tempo redukcji — Ekol.Pol. B, 14: 337—342.
- Dąbrowska-Prot, E., Łuczak, J. 1968 — Studies on the incidence of mosquitoes in the food of *Tetragnatha montana* Simon and its food activity in the natural habitat — Ekol.Pol. A, 43: 843—853.
- Dąbrowska-Prot, E., Łuczak, J., Tarwid, K. 1968 — Prey and predator density and their reactions in the process of mosquito reduction by spiders in field experiments — Ekol.Pol. A, 16: 773—819.
- Dąbrowska-Prot, E., Łuczak, J. 1970 — Interaction between two spider species in prey reduction — Bull.Acad.Pol.Sci. Cl.II,18: 383—388.
- Detinowa, T.S. 1962 — Metody ustanovlenija dvukrylych nasekomych imejuščich medicinskoe značenie — Genewa, 9—220.
- Gillies, M.T. 1960 — An effect of host density on the flight movements of *An gambiae* — XI Int. Kongr. Ent. Wien, 62—66.
- Gillies, M.T. 1961 — Studies on the dispersion and survival of *Anopheles gambiae* Giles in East Africa, by means of marking and release experiments — Bull.ent.Res.,52: 92—127.
- Gillies, M.T., Wiles, T.J. 1965 — A study of the age composition of populations of *Anopheles gambiae* Giles and *Anopheles funestus* Giles in north-eastern Tanzania — Bull.ent.Res.,56: 237.
- Gouck, H.K. 1970 — Host preferences of various strains of *Aedes aegypti* and *Ae. simpsoni* as determined by an olfactometr — WHO(VBC)70.229: 1—8.
- Hamon, J. 1970 — Ecological factors important in insecticidal and alternative means of mosquito control — WHO(VBC)70.205: 1—23.
- Holstein, M.T. 1954 — Biology of *Anopheles gambiae* — WHO monogr. Ser. 9.
- Ivanova, L.V. 1960 — On the natural laws of *An- maculipennis* distribution in villages depending on ground relief — XI Int.Kongr.Ent.,Wien, 26—29.

- J a m n b a c k, H. 1967 — Some effects of ingested thiotepa on the development of *Plasmodium gallinaceum* in yellow-fever mosquitoes and in chicks — *J.econ.Ent.*, 60: 390—392.
- J e n k i n s, D.W. 1964 — Pathogens, parasites and predators of medically important arthropods — *Bull. World. Health Org.*, 30: 5—150.
- J i h C h i n g L i e n 1969 — Preliminary observations on the mosquitos of Korea and recommendations developed for the WHO Japanese encephalitis vector research unit — *WHO(VBC)69.175*: 1—31.
- J o h n s o n, C.G. 1969 — Migration dispersal of insects by flight — London, 3—763.
- K a l e, H.W. 1968 — The relationship of purple martins to mosquito control — *Quart.Journ.Ornit.*, 85: 654—662.
- K n i p l i n g, E.F. 1963 — Potential role of the sterility principle for the tse fly eradication — *WHO(EBL)9*: 1—17.
- K r a f s u r, E.S. 1969 — *Anopheles nili* as a factor of malaria in a Lowland region of Ethiopia — *WHO(VBC)69.169*: 1—8.
- K r i s h n a m u r t h y, B.S., R a y, S.N., J o s h i, G.C. 1963 — A note on preliminary field studies of the use of irradiated males for reduction of *C. fatigans* Wied. populations — *WHO (vector control) 1963/14*: 1—10.
- L a i r d, M. 1954 — *Anopheles* and malaria at Aneityum, New Hebrides — *Bull.ent. Res.*, 45: 279—283.
- L a i r d, M. 1962 — A coral island experiment. A new approach to mosquito control — *WHO Chronicle*, 21: 18—26.
- L a i r d, M. 1969 — Recent advances of biological control in medical entomology — *Acad.Naz.dei Lincei*, 128: 155—164.
- L a i r d, M. — 1970 — Integrated control of mosquitoes — *Am.Zool.*, 19: 573—578.
- L a v e n, H. 1967 — Eradication of *Culex pipiens fatigans* through cytoplasmic incompatibility — *Nature*, 216: 383.
- Ł u c z a k, J. 1968 — Próba ilościowej oceny wpływu niektórych czynników układu drapieżca-ofiara — *Ekol.Pol.B*, 14: 343—350.
- Ł u c z a k, J., D a b r o w s k a - P r o t, E. 1966 — Experimental studies on the reduction of the abundance of mosquitoes by spiders. I. Intensity of spider predation on mosquitoes — *Bull.Acad.Pol.Sci.Cl.II*, 14: 315—320 .
- Ł u c z a k, J. D a b r o w s k a - P r o t, E., T a r w i d, K. 1969 — Influence de la prédation des araignées sur les moustiques — *Bull.Mus.Not.Hist.Nat.*, 41: 237—342.
- Ł u c z a k, J., D a b r o w s k a - P r o t, E. 1970 — Preliminary observations on the food of the spider *Theridion pictum* (Walck.) and its predators — *Bull.Brit.Arch. Soc.* 1: 109—111.
- M a c D o n a l d, G. 1957 — The epidemiology and control of malaria — Oxford Univ. Press, London.
- M c C l e l l a n d, G.A.H. 1963 — Serological identification of the natural hosts of *Aedes aegypti* (L.) and some other mosquitoes (*Diptera, Culicidae*) caught resting in vegetation in Kenya and Uganda — *Am.Trop.Med.Paraz.*, 57: 214—224.
- M c D o n a l d, P.T., R a i, K.S. 1970 — Population control potential of heterozygous translocations as determined by computer simulations — *WHO(VBC)70.226*: 1—28.
- M o u c h e t, J. 1970 — Survey of the potential vectors of yellow fever in Tanzania — *WHO(VBC)70.209*: 1—12.
- M o u c h e t, J. 1971 — Preliminary report on potential yellow fever vectors in Ghana — *WHO(VBC)71.269*: 1—16.
- O d e t o y i n b o, J.A. 1968 — The *Anopheles gambiae* complex and its role in the malaria transmission in the islands of Zanzibar and Pemba United Republic of Tanzania — *WHO(VBC)68.89*: 1—8.

- Pant, C.P., Yasuno, M. 1970 — Field studies on the gonotrophic cycle of *Aedes aegypti* the vector of dengue haemorrhagic fever in Bangkok, Thailand — WHO(VBC)70.242: 1—13.
- Patterson, R.S., Weidhaas, D.E., Ford, H.R., Lofgren, C.S. 1970 — Suppression and elimination of an island population of *Culex pipiens fatigans* with sterile males — WHO(VBC)70.180: 1—6.
- Polikarpova, L.I. 1957 — Malarija i borba z nej. Dožyvaemost komarov vida *Anopheles* do vozrasta igrajušćego epidemiologičeskoj rol — Med.Paraz.dokl. do nr 1.
- Pringle, G. 1967 — Malaria in the Pare area of Tanzania III. The course of malaria transmission since the suspension of an experimental programme of residual insecticide spraying — Trans.Roy.Soc.Trop.Med.Hyg. 61.
- Ramakrishnan, S. P., Krishnamurthy, B. S., Ray, S. N. 1962 — Laboratory studies on the use of irradiated sterile males to reduce *C. fatigans* Wied. populations — Ind.J.Malariol.,16: 357—364.
- Shenova, M.F. 1959 — The biology of principal species of *Aedes* in the forest zone of the European part of the USSR — Med.Paraz.,28: 193—298.
- Subra, R., Mouchet, J. 1967 — *Culex pipiens fatigans* Wiedemann in West Africa and its possible role in the transmission of Bancroft's filariasis — WHO (VBC)67.5: 1—9.
- Subra, R. — 1970 — Contribution to the biological and ecological study of *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera, Culicidae) in a West African savannah urban area — adult resting places — WHO(VBC)70.201: 1—20.
- Tonn, R.J., Ree, H.I., Lee, K.W., Shin, H.K. 1970 — Annual report for 1969 of the Japanese encephalitis vector research unit — WHO(VBC)70.211: 1—39.
- Tonn, R.J., Sheppard, P.M., MacDonald, W.W., Bang, Y.H. 1969 — Replicate surveys of larval habitats of *Aedes aegypti* in relation to dengue Haemorrhagic fever Bangkok, Thailand — WHO(VBC)69.127: 1—15.
- Trpiš, M. 1970 — Adult population estimate of *Toxorhynchites brevialpis* breeding in man-made containers in Dar-Es-Salaam, Tanzania —WHO(VBC)70.231: 1—7.
- Ward, R.A., Rutledge, L.C., Bell, L.H. 1965 — Effects of chemosterilants on the development of malarial parasites in mosquitoes — Mosquito News, 25: 470—476.
- Weidhaas, D.E., LaBrecque, G.C. — Studies on the population dynamics of the house-fly, *Musca domestica* L. — WHO(VBC)70.208: 1—6.
- Weidhaas, D.E., Patterson, R.S., Lofgren, C.S., Ford, H.R. 1970 — Bionomics of a population of *Culex pipiens fatigans* — WHO(VBC)70.190: 1—7.
- White, G.B. 1969 — Blood Feeding habits of malaria vector mosquitoes in the south pare district of Tanzania 10 years after cessation of a dieldrin residual spraying campaign — WHO(VBC)69.144: 1—15.

Summary

The author discusses the difficulties involved in biological control of adult mosquitoes, arising mainly from the impossibility of defining centres of their occurrence in habitats and their wide dispersal over a given area, which prevents a large part of the population being covered by control.

There are two types of approach to the problems of the ecological control of mosquitoes over large areas by modifications of the environment in such a way as to prevent dispersal flights and to concentrate the mosquitoes in defined habitats, making it difficult for them to reach humans. This method, based on

detailed analyses of the migratory phenomena of mosquitoes, was developed by Beklemišev (1949) and has been successfully applied in practice.

Classic biological control of adult mosquitoes is based on utilization of population and biocenotic influences to reduce the abundance of mosquitoes in a habitat. In relation to population questions a discussion is given of methods of limiting the females' fecundity by radiological, chemical and genetic sterilization of males. In relation to biocenotic influences the author discusses the effects of predatory activities of different groups of animals (vertebrate and invertebrate) and of parasitism in limitation of the numbers of mosquitoes.

Analysis of a large number of data showed, that biological control of mosquitoes produces successful result only in cases where there is disturbance of stabilisation of the biocenosis, by the introduction of new predatory species, or change the habitat structure determining the relationships between the prey and predator populations, for examples. A balanced biocenotic system usually maintains a relatively high level of number of mosquitoes.