

# Uciążliwość niekłujących muchówek Chironomidae dla akwarystów i w naturalnym środowisku

## Nuisance of non-biting midges (Chironomidae) for aquarists and for people in the natural environment

MARIA GRZYBKOWSKA

Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców, Uniwersytet Łódzki

### Streszczenie

Celem obecnego artykułu jest przedstawienie jeszcze jednej rodziny owadów, stosunkowo mało znanej, ale pospolitej w środowisku; wywołuje ona alergię wśród ludzi o bardzo specyficznych zainteresowaniach czy hobby. Chodzi o muchówki z rodziny ochotkowatych (Chironomidae). Zasadniczo nie powinny one mieć kontaktu z człowiekiem, ale na skutek eutrofizacji wód i występujących w nich deficytów tlenowych stały się bardzo liczne; dominację ułatwia im wysoka zawartość hemoglobiny w larwach. Ze względu na liczną obecność we wszystkich typach wód słodkich (podstawowy element pokarmu bezkręgowców i kręgowców) Chironomidae, zaczęły być pozyskiwane w terenie (rzadziej hodowane) i, po uprzednim wysuszeniu i zmieleniu, wykorzystywane przez akwarystów do karmienia ryb. Wkrótce okazało się, że sproszkowana hemoglobina larw, ale o średnicy cząstek poniżej 10  $\mu\text{m}$ , może być przyczyną uczuleń zarówno samych hodowców jak i pracowników zatrudnionych przy wytwarzaniu z nich pokarmu (alergie akwarystów).

Wysokie zagęszczenie larw w zeutrofizowanych wodach kończy się masowym wylotem imagines, których samce tworzą rójki - chmury owadów unoszące się nad zbiornikami i terenami do nich przyległymi. Szczególnie nagłośniona jest ich uciążliwość na Florydzie, w Japonii i Wenecji. I głównie na tych terenach pojawiła się obawa, czy dorosłe, niekłujące owady, mogą być źródłem biologicznie czynnych składników wywołujących alergię. Niektórzy badacze twierdzą, że nie może to być hemoglobina, ponieważ w czasie przepoczwarczenia osobnika zachodzi jej enzymatyczna degradacja; inni z kolei sądzą, że proces rozkładu hemoglobiny nie u wszystkich gatunków jest doskonały, a wyrzucana z młodych dorosłych organizmów wydalina (meconium) zawiera związek i/lub produkty jego rozkładu i one mogą być przyczyną uczuleń. Uczulać mogą także elementy nabłonka gubione przez osobniki unoszące się w powietrzu takie jak łuski, szczeciny itp.

**Słowa kluczowe:** niekłujące owady, hemoglobina, alergię akwarystów, alergię środowiskowe

### Summary

There is a group of non-biting midges (Chironomidae, Diptera), which due to the eutrophication of inland waters in urban and suburban areas have become very numerous. Some species of Chironomidae belong to oxygen deficit tolerant organisms, owing to a high content of haemoglobin in their larvae (bloodworms). Due to their high abundance in all types of fresh water bodies (they are the basic food component of invertebrates and vertebrates), freeze-dried and ground larvae of chironomid midges have become a source of fish food used by aquarists. It soon turned out that the ground haemoglobin, whose granules are smaller than 10  $\mu\text{m}$  in diameter, may cause allergy in both aquarists and in people engaged in production of fish-food (occupational allergy).

A high density of chironomid larvae in eutrophicated waters terminates in mass midge emergence; the males form then swarms over reservoirs and adjoining terrains. Particularly well-known is their nuisance in Florida, Japan, and Venice. Mainly in these areas, worries over the adults of these non-biting insects being possible sources of biologically active factors causing allergy have appeared (environmental allergy). Certain allergists claim that such source cannot be haemoglobin, because the enzymatic degradation of this protein during the metamorphosis takes place, but this causes mostly insect body fragments flying in air, such as squams, and setae, etc. In turn, others believe that the degradation is not perfect in all species and their meconium (the first excreta of the emerged adult, "fishy smelling") is the chironomid allergen made available for inhalation.

**Keywords:** non biting midges, haemoglobins, occupational allergy, environmental allergy

© *Alergia Astma Immunologia* 2019, 24 (2): 39-43

www.alergia-astma-immunologia.pl



**Adres do korespondencji / Address for correspondence**

Maria Grzybkowska

Wydział Biologii i Ochrony Środowiska  
Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców  
Uniwersytet Łódzki

ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

tel. 42 635 44 37; e-mail: mariagrzb@biol.uni.lodz.pl

### Ochotki (Chironomidae) – wszędobylskie owady

Owady interesują człowieka od zarania ludzkości, chociaż jego uwaga skupia się głównie na dwu grupach: takich, które towarzyszą człowiekowi, mimo jego niechęci i tych, które są przez człowieka mile widziane, a nawet hodowane. Do tych pierwszych należą wszelkiego rodzaju roślinożercy, pasożyty oraz owady towarzyszące człowiekowi

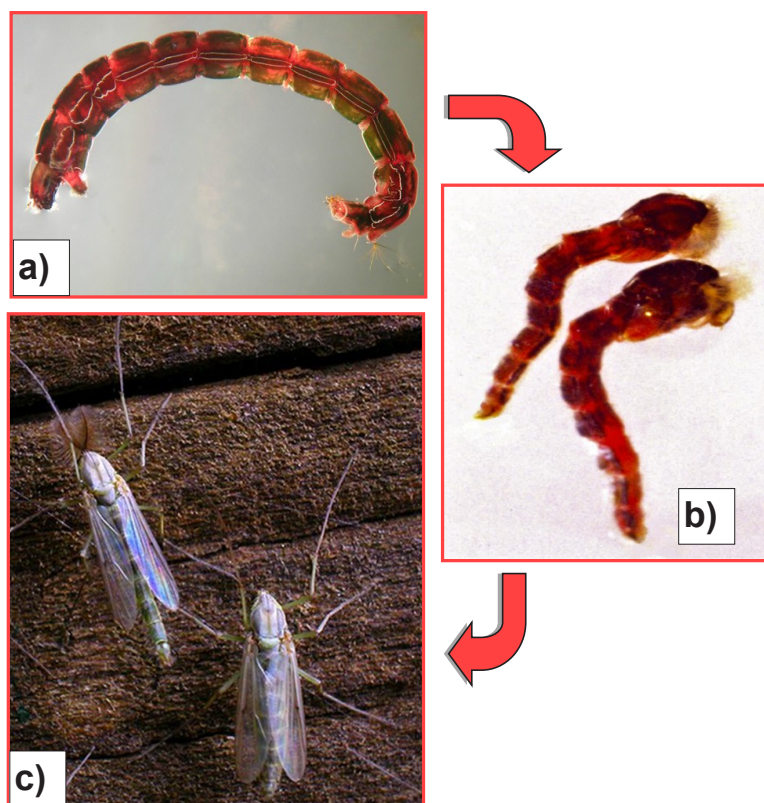
w jego domostwach czy budynkach użyteczności publicznej oraz środkach lokomocji itp. (np. karaczany). Są jeszcze inne natrętne owady z rzędu muchówek, takie jak kłujące komary (Culicidae), czy zlizujące z uprzednio rozdrapanej skóry krew meszki Simuliidae; ta cecha behawioru samic tych rodzin jest zdeterminowana koniecznością dostarczenia białka dla rozwoju jaj. Meszki w Polsce nie przenoszą

chorób, ale ich ślina może być silnie toksyczna i po ugryzieniu, częściej niż w przypadku komarów, powoduje silne obrzęki i zaczerwienienia, a nawet wysoką gorączkę. Dzieje się tak za sprawą zawartego w niej białka (m.15,35 kDa o właściwościach silnie rozszerzających naczynia, indukujące zarówno natychmiastowe, jak i trwałe odczyny rumieniowe). Ponadto ślina meszek zawiera histaminę, putrescynę, N-monoacetyl-sperminę i spermidynę, zaś większość wywoływanych przez nie reakcji nie jest mediowanych przez IgE [1]. Druga grupa to owady, które jednocześnie przynoszą korzyści człowiekowi takie jak pszczoły - budzące powszechną sympatię (symbol pracowitości), ale i obawy (żądlenie). I właśnie ze względu na tę cechę behawioru owadów do najczęściej prowadzonych przez alergologów badań należy oddziaływanie jadu żądliących błonkówek na człowieka.

Pozostaje jednak jeszcze inna rodzina nieżądliących i niekłujących owadów, o której wpływie na człowieka dowiadujemy się w ostatnich dekadach, ale i ta wiedza dana jest raczej specjalistom, chociaż trzeba przyznać, że pewne jej aspekty zostały uwzględnione we wcześniejszych opracowaniach [1,2]. Chodzi o jedną z grup wodnych owadów, które stanowią zaledwie 3-5% wszystkich owadów biosfery [3], przy ich silnym morfologicznym i biologicznym zróżnicowaniu. Generalnie człowiek miał niewielki kontakt z tymi owadami, ale w XX wieku ponieważ *Homo sapiens* stał się hypersprawczą siłą o znaczeniu geologicznym, biolog Storer i badacz atmosfery Crutzen, zasugerowali, by współczesną epokę geologiczną nazwać „antropocenem” czyli „epoką człowieka”; w ich opinii ludzkość modyfikuje dziś wiele parametrów funkcjonowania planety równocześnie [4]. Te globalne zmiany, także w hydrosferze, umożliwiły

nadmierny rozwój muchówek (Diptera) z rodziny ochotek Chironomidae. Te drobne owady, blisko spokrewnione i bardzo podobne do innych muchówek takich jak komary (Culicidae) czy meszki (Simuliidae), nie kłują i nie gryzą (non-biting midges) w przeciwieństwie do ich krewniaków. Niestety grupy te są mylone i w niektórych materiałach turystycznych nadal podawane są błędne informacje, że np. nad Jeziorem Mývatn (słynne, coraz częściej odwiedzane przez turystów Islandzkie Jezioro Ochotek) latają liczne komary, podczas gdy w rzeczywistości są to ochotki, o czym świadczy chociażby islandzka nazwa tego superciekawego ekosystemu [5].

Ochotki opanowały wody słodkie prawie całej hydrosfery; niesamowita plastyczność tych drobnych organizmów spowodowała masowe zasiedlenie wszelkiego rodzaju wód, zarówno lotycznych (bieżących), jak i lenitycznych (stojących), od niskiej (oligotroficznych) do wysokiej żyzności (eutrofizowanych). Zdarzają się także gatunki zasiedlające wody słonawe oraz gleby, jednak jest ich niewspółmiernie mało w porównaniu z formami wód słodkich [6]. Larwy ochotek są bardzo liczne w i/lub na dnie nie tylko jezior, stawów, ale także rzek, w których mogą stanowić nawet kilkadziesiąt procent zagęszczenia makrozoobentosu [7]. Ich rola w krążeniu materii i przepływie energii jest ogromna, gdyż to one są jednym z głównych konsumentów glonów, innych organizmów i detrytus w ekosystemach słodkowodnych. Chironomidae kolonizują także niestabilne środowiska, w których zmiany warunków życiowych są wysoce nieprzewidywalne (takie jak drobne efemeryczne zbiorniki wodne, rowy, miniakwaria naroślinne) itp. [8]. Ochotki żyją także w arktycznych terenach oraz wysoko w górach, co możliwe jest dzięki szeregowi ada-



Ryc. 1. Stadia rozwojowe ochotek Chironomidae:

A. larwa (fot. J. Leszczyńska), B. poczwarki (fot. R. Sasiadek), C. owady doskonałe (imagines): po lewej samiec, po prawej samica (fot. M. Grabowski)

ptacji morfologicznych, behawioralnych, ekologicznych i fizjologicznych, które pozwalają im egzystować w tak ekstremalnych warunkach [9-13]. Z kolei czynnikiem decydującym o przetrwaniu larw wielu gatunków Chironomidae w środowiskach o niskiej koncentracji tlenu, jest obecność hemoglobiny w ich hemolimfie (jest ich 13 rodzajów) [14]. Od tego związku pochodzi zabarwienie larw (ryc. 1) i, w konsekwencji, ich angielska nazwa, bloodworms. Inne taksony bezkręgowców są z takich siedlisk o niskiej zawartości tlenu eliminowane, no może z wyjątkiem niektórych grup skąposzczetów (Oligochaeta). Człowiek, mimo wysokiej liczebności Chironomidae, nie miał zazwyczaj bezpośredniego kontaktu z tymi owadami, ale do niego doprowadził eutrofizując wody śródlądowe, a następnie przybliżając do nich czy to osiedla czy to fabryki oraz autostrady i lotniska.

Krótko o biologii ochotkowatych. Z jaj, otoczonych garelaretową substancją pęczniącą w wodzie, wykluwają się larwy. Po czterech linieniach, larwa ostatniego, IV stadium, przeobraża się w poczwarkę, która najczęściej po paru dniach opuszcza środowisko wodne. Formy doskonałe (imagines) żyją tylko kilka dni nie pobierając pokarmu. Samce, po rójkach na wysokości kilku metrów ponad powierzchnią wody lub terenów do niej przyległych, odnajdują samice, następuje kopulacja i samice składają jaja do wody (ryc. 1A-C). Zakończenie cyklu rozwojowego licznych populacji może spowodować spektakularne widowisko – miliardy drobnych owadów w powietrzu tworzy ruchliwe chmury, które można obserwować o zmierzchu lub o świcie. Tego rodzaju zjawisko jest charakterystyczne dla różnych rejonów świata, chociaż do najbardziej nagłośnionych należą te na Florydzie, w Wenecji czy w Japonii [15]. W Polsce można je również obserwować chociażby nad zeutrofizowanym Zbiornikiem Włocławskim. W doniesieniach podkreśla się uciążliwość dorosłych ochotek nie tylko dla kierujących pojazdami jak i pasażerów w tramwajach, autobusach, łodziach, ale i dla przebywających w mieszkaniach czy lokalach użyteczności publicznej. Ten problem z owadami wynika z ich behawioru czyli dążenia do światła – ogromne chmury ochotek ograniczają aktywność ludzi i zwierząt w oświetlonych pomieszczeniach zapychając ich usta, oczy czy nosy.

Nie tylko żywe, ale i martwe osobniki stanowią zagrożenie. Pokrywają one kilkunasto-, a w przypadku masowego występowania nawet kilkudziesięciocentymetrową warstwę powierzchnię wody oraz sąsiadujące tereny. Zjawisko to jest szczególnie groźne, jeżeli ma miejsce na autostradach czy lotniskach. Przejechanie pierwszych pojazdów po takiej nawierzchni pokrytej owadami czyni z niej śliską, pokrytą cuchnącą mazią jezdnię, trudną do pokonania przez następne pojazdy czy samoloty. Aby uniknąć kolizji zamykane są drogi i autostrady oraz lotniska, co powoduje straty w turystyce i/lub komunikacji [15].

Długość cyklu życiowego Chironomidae uzależniona jest od wielu czynników tak biotycznych jak i abiotycznych, z których ogromną rolę odgrywa temperatura wody oraz ilość i jakość dostępnego pokarmu [16, 17]. W optymalnych warunkach termicznych rozwój larw może się zamykać w ciągu kilku-kilkunastu dni, w ekstremalnych wydłużając się do jednego roku lub więcej; najkrótszy eksperymentalnie stwierdzony czas rozwoju jednego pokolenia trwa 7 dni w zagłębieniach kamieni wypełnionych wodą w Brazylii [18], najdłuższy 7 lat, w arktycznych stawach [19, 20] czy meszki. Obok tego typu uciążliwości, wynikającej

z nadmiernej obfitości, okazało się, że Chironomidae mogą również być źródłami alergenowymi, i to zarówno ich stadia wodne (larwy) jak i unoszące się w powietrzu (imagines). O takiej możliwości wspomina w swoich opracowaniach Brewczyński [1, 2, 21, 22].

## Alergie

Generalnie wyróżniamy kilka głównych rodzajów źródeł alergenowych [23], do których można zaliczyć Chironomidae. Ich larwy, po wysuszeniu i zmieleniu, stanowią główny składnik suchego pokarmu dla ryb akwariowych. Zdaniem niektórych badaczy również imagines tych muchówek, unosząc się w powietrzu „rozszewniają” elementy pokrycia ciała (łuski, fragmenty naskórka, szczeciny itp.), które mogą być również przyczyną alergii. Obok tych owadów alergię powodują i inne organizmy takie jak saprofity, pasożyty (np. glista ludzka) czy karaczany oraz inne owady. Przez wiele lat, gdy nieznanne były mechanizmy ich oddziaływania na ludzi, grupa tych bezkręgowców tworzyła sekcję „varia”.

## Alergie ludzi związanych z akwarystką

### Hemoglobina larw

Na problem alergicznego oddziaływania ochotkowatych zwrócono uwagę w latach 80. XX wieku. A stało się to za sprawą niemieckich akwarystów. Hobbystyczna hodowla ryb akwariowych, szczególnie popularna w Niemczech, doprowadziła do rozwoju szeregu zakładów pracujących na potrzeby akwarystyki, także tych wytwarzających różnego rodzaju pokarm. Podstawą wysuszonego, a następnie sproszkowanego substratu były najbardziej dostępne organizmy (pozyskiwane z naturalnych środowisk, ale też hodowane), właśnie ochotki, z domieszką skorupiaków wioślarek (Cladocera) i skąposzczetów (Oligochaeta). No i ruszyła lawina. Do kliniki uniwersyteckiej w Monachium zgłosiło się 5 akwarystów z objawami alergii, a w odpowiedzi na apel ogłoszony w dwu specjalistycznych czasopismach dla akwarystów przyszły kolejne 32 osoby z objawami nadwrażliwości I typu. W tego typu chorobie niewspółmiernie mała dawka alergenu powoduje świszczący i krótki oddech, katar i zapalenie spojówek i/lub skórne zmiany. Dalszych 63 pacjentów było związanych z wytwarzaniem suchego pokarmu, zawierającego głównie larwy Chironomidae, a kolejnych 5 osób pracowało w laboratorium naukowym, w którym badano hemoglobinę tych owadów [24]. Z ponad 100 pacjentów połowa wykazywała natychmiastową reakcję I typu; surowicę tych pacjentów testowano zarówno *in vivo* (na skórze) jak i *in vitro* (test radioalergosorpcji, RAST, radio-allergosorbent test). RAST polega na określeniu stężenia przeciwciał IgE reagujących z określonym antygenem, a zaletą tego rodzaju badania z wykorzystaniem izotopów promieniotwórczych, jest przede wszystkim mniejsze ryzyko wywołania u chorego gwałtownej reakcji alergicznej. Wymienione wyżej testy wykazały, że odpowiedzialna za tę nadwrażliwość wielu ludzi jest wysuszona i sproszkowana niskocząsteczkowa hemoglobina larw ochotek (erytrokromyna o dużym stopniu polimorfizmu) [1, 25].

Szczegółowe analizy, prowadzone przez inne laboratorium nie tylko potwierdziły to przypuszczenie, ale także określiły czas od zadziałania alergenu do ujawnienia się objawów choroby: nadwrażliwość u pracowników wytwórni związanych z akwarystką pojawiała się już po około pół-

rocznym kontakcie ze sproszkowanym pokarmem (cząstki hemoglobiny pocięte,  $<10 \mu\text{m}$ ). Poznano pierwszorzędową strukturę wspomnianych hemoglobin. Ich główna aktywność alergenowa przypada na masę cząsteczkową 15-20 kDa, pHi 4,3 (grupa spokrewnionych kwaśnych peptydów). Dalsze dane dotyczące alergii wywołane przez hemoglobinę larw ochotek pochodzą ze Szwecji. Liczne wyniki badań z tych dwu krajów [24] to nie tylko efekt nasilonej hodowli ryb akwariowych, ale także higieny pracy i przepisów bezpieczeństwa obowiązujących na tych obszarach. Jest bowiem możliwy pomiar alergenów ochotkowatych w powietrzu – w wyciągach alergenowych sporządzanych z filtrów powietrznych pułapek dla wielkich cząsteczek. Analizy takiej dokonuje się metodą hamowania testu radioalergosorpcji. Tego typu badanie ma charakter monitorujący środowisko (zatem również diagnostyczny) na obraz i podobieństwo analiz aeropalinologicznych pomocnych przy klinicznej ocenie pyłkowicy [1]. Z czasem badania takie poszerzono o inne kraje europejskie (Włochy) jak i pozaeuropejskie (USA, Egipt, Japonia) [26].

Należy wspomnieć o ważnej charakterystyce hemoglobin Chironomidae; wśród tych owadów stwierdzono tak zwaną reaktywność krzyżową. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia, gdy przeciwciała IgE wytworzone pierwotnie w kierunku jednego alergenu wiążą lub rozpoznają podobne białko pochodzące z innego źródła. Oznacza to, że hemoglobinę tych owadów cechuje wspólnota determinantów. Jak stwierdzono przeciwciała myszy wytworzone w odpowiedzi na wstrzyknięcie hemoglobiny *Chironomus riparius* reagują na wprowadzenie hemoglobiny innych, blisko spokrewnionych gatunków, a w odpowiedzi na barwnik *Chironomus yoshimatu* z płemienia Chironomini reagują na hemoglobinę larw innego płemienia – Tanytarsini. Jeszcze szersze spektrum reakcji wykryto w odpowiedzi na monomeryczną hemoglobinę *Polypedilum nubifer* (Chironomini); przeciwciała wytworzone w kierunku tego alergenu rozpoznają białko larw zupełnie innej podrodziny ochotek, Tanytarsini [27]. Reaktywność krzyżowa pojawia się również wśród innych bezkręgowców, także tych najczęściej (a może najlepiej poznanych) wywołujących alergię wśród ludzi czyli roztoczy [28, 29]. Warto również podkreślić, że istnieje reaktywność krzyżowa między alergenami ochotkowatych i skorupiaków (np. krewetki) oraz mięczaków [1]. Do pozostałych (poza hemoglobiną) dotąd odkrytych alergenów należy tropomiozyna zawarta w osobnikach dojrzałych; uzyskana już od *Chironomus kiensis* w formie rekombinowanej charakteryzująca się wysokim stopniem homologii struktury pierwszorzędowej z karaczanem *Periplaneta americana* 86,3% i roztoczem kurzu domowego *Dermatophagoides pteronyssinus* 76,5% [1].

### Alergie wywoływane przez osobniki dorosłe (w środowisku)

O ile wiadomo, że alergenem jest hemoglobina larw, uprzednio wysuszona i sproszkowana (tylko małe cząstki, poniżej  $10 \mu\text{m}$  tego związku są w stanie przeniknąć przez tkanki), to nadal nie było wiadomo czy i jaki czynnik jest alergenem zawartym w osobnikach dorosłych (*airborne allergens*) [24]. Hemoglobina jest niezbędna dla stadiów żyjących w środowisku wodnym (larwy, poczwarka), ale

formy dorosłe opuszczają wodę i na lądzie mają inny mechanizm dostarczania tlenu do organizmu. Pierwiastek ten dostaje się do każdej komórki ich ciała przez system tchawek, tak więc hemoglobina przestaje być koniecznym nośnikiem tlenu. Stwierdzono, że w ochotkach w czasie przeobrażenia (metamorfozy) zachodzi enzymatyczna degradacja hemoglobiny, co wizualnie wyraża się ciemieniem poczwarki (z czerwonych stają się ciemne, brązowe). W dwu badanych gatunkach Chironomidae nie stwierdzono hemu [24], ani w opuszczających środowisko wodne osobnikach, ani w ich meconium (wydalina). Ale niektóre badania wykazały [30, 31], że nie u wszystkich gatunków w czasie metamorfozy proces degradacji hemoglobiny jest do końca zrealizowany; koncentracja tego związku znacznie maleje u poczwarki i imago, w porównaniu ze stadiami larwalnymi, tym niemniej barwnik ten występuje także u dorosłych niektórych owadów. Zdaniem części alergologów to właśnie „pachnąca rybą” wydalina młodych imagines jest przyczyną nadwrażliwości niektórych ludzi wywołanych drogą „inhalacji” w środowisku.

Japońscy badacze zajęli się bardziej szczegółowo tym zagadnieniem [32]. Postawili sobie pytanie, czy w powietrzu unoszą się cząstki odpowiednio małe ( $<10 \mu\text{m}$ ), które mogą być potencjalnymi alergenami? Aby uzyskać odpowiedź na to pytanie na dachu pięciokondygnacyjnego instytutu badawczego umieścili system filtrów, chwytających drobne cząstki gubione przez owady w powietrzu. W zebranych materiale przeważały drobne fragmenty chruścików, jedwabników oraz ochotek; te ostatnie nawet dominowały w pewnych porach roku. Uzyskując pozytywną odpowiedź na aspekt ilościowy tego pytania Japończycy nie poszli dalej w swoich badaniach i nie stwierdzili, czy i w jakim stopniu białka te mogą powodować alergię u ludzi.

Podsumowując, nie należy sądzić, że wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z okresowymi, masowymi wylotami imagines Chironomidae, pojawia się w populacji miejscowych mieszkańców nadwrażliwość w odpowiedzi na skoncentrowanie w powietrzu drobnych fragmentów ciała gubionych przez te owady. Wskazują na to tereny Australii i nie tylko. W Polsce badań takich dotychczas nie prowadzono. Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej i Ramowa Dyrektywa Wodna nakłada konieczność poprawy jakości wód śródlądowych, tak więc problem uciążliwości imagines w środowisku będzie się stopniowo zmniejszał. Innym zagadnieniem jest ograniczenie zachorowań wśród ludzi związanych z akwarystyką, a spowodowanych przez sproszkowaną hemoglobinę. Larwy ochotek są bardzo dobrym pokarmem (najczęstszym dla wielu organizmów w naturalnym środowisku) i należy wątpić, by w najbliższym okresie zostały zastąpione przez inne organizmy. Być może wyjściem byłaby inna technologia przetwarzania tych owadów jako pokarmu dla ryb; pomysłowość ludzi jest wszak nieograniczona.

**Podziękowanie.** Pragnę gorąco podziękować anonimowemu Recenzentowi, którego merytoryczne uwagi przyczyniły się do wzbogacenia artykułu o dodatkowe informacje, a te o stylistyczno-gramatycznym charakterze, pozwalają na lepszą percepcję manuskryptu.

## Piśmiennictwo

1. Brewczyński PZ. Uczulenia na owady niebłonkoskrzydłe. (w) Alergia na owady. Nittner-Marszalska M (red.). Seria wyd. Alergologia w Praktyce. Wyd. II, Mediton, Łódź 2016: 157-96.
2. Brewczyński PZ. Uczulenia na owady. Cz. II. Alergia 2006; 4: 37-42.
3. Daly HV, Doyen JT, Purcell AH. Introduction to insect biology and diversity. Oxford University Press, New York 1998.
4. Bińczyk E. Dyskursy antropocenu a marazm środowiskowy początków XXI wieku. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie 2017; 112: 47-59.
5. Grzybkowska M, Kucharski L. Wulkaniczne Jezioro Ochotek (Lake Mývatn) w kraju ognia i lodu (Islandia). Wszechświat 2018; 119: 100-3.
6. Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCV (eds.). The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London 1995.
7. Tokeshi M, Production ecology. (in) The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCV (eds.). Chapman & Hall, London 1995: 269-96.
8. Frouz J, Mateňa J, Ali A. Survival strategies of chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. Eur J Entomol 2003; 100: 459-65.
9. Koshima S. A novel cold-tolerant insect found in Himalayan glacier. Nature 1984; 310: 25-227.
10. Danks HV, Kukal O, Ring RA. Insect cold-hardiness: insights from the Arctic. Arctic 1994; 47: 391-404.
11. Danks HV. Seasonal adaptations in arctic insect. Integr Comp Biol 2004; 44: 85-94.
12. Lencioni V. Survival strategies of freshwater insects in cold environments. J Limnol 2004; 63: 45-55.
13. Grzybkowska M. Jak przetrwać w skrajnie trudnych warunkach? Adaptacje ochotek. Kosmos 2006; 55: 197-207.
14. Osmulski P, Leyko W. Structure, function and physiological role of Chironomus hemoglobin. Comp Biochem Physiol 1986; 85B: 701-22.
15. Ali A. Nuisance, economic impact and possibilities for control. (in) The Chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges. Armitage PD, Cranston PS and Pinder LCV (eds.). Chapman & Hall, London 1995; 339-64.
16. Rossaro B. Chironomids and water temperature. Aquatic Insects 1991; 13: 87-98.
17. Pinder LCV. The habitats of chironomid larvae. (in) The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Armitage P, Cranston PS, Pinder LCV (eds.). Chapman & Hall, London 1995: 107-35.
18. Nolte U. From egg to imago in less than seven days: *Apedilum elachistius* (Chironomidae). (in) Chironomids: From genes to ecosystems. Cranston P (ed.). CSIRO Publications, Melbourne 1995: 177-84.
19. Butler MG. Production dynamics of some arctic Chironomus larvae. Limnol Oceanogr 1982; 27: 728-37.
20. Inrons JG, Miller LK, Oswood MK. Ecological adaptations of aquatic macroinvertebrates to overwintering in interior Alaska (U.S.A.) subarctic streams. Can J Zool 1993; 71: 98-108.
21. Brewczyński PZ. Uczulenia na owady. Cz. I. Alergia 2006; 3: 35-41.
22. Brewczyński PZ. Uczulenia na owady. Cz. III. Alergia 2007; 2: 13-14.
23. Gołąb J, Jakóbsiak M, Lasek i wsp. (red.). Immunologia. PWN, Warszawa 2012.
24. Cranston PS. Medical significance. (in) The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCV (eds.). Chapman & Hall, London 1995: 365-84.
25. Baur X, Liebers V. Insect hemoglobins (Chi t I) of the Diptera family Chironomidae are relevant environmental, occupational, and hobby-related allergens. Int Arch Occup Environ Health 1992; 64: 185-8.
26. Cabrerizo-Ballesteros CS, de Barrio M, Baeza ML, et al. Allergy to chironomid larvae (red midge larvae) in non professional handlers of fish food. J Investig Allergol Clin Immunol 2006; 16: 63-8.
27. Baur X, Liebers V, Mazur G, et al. Immunological cross-activity of hemoglobins in the Diptera family Chironomidae. Allergy 1991; 46: 445-51.
28. Galindo PA, Lombardero M, Mur P, et al. Patterns of immunoglobulin E sensitization to chironomids in exposed and unexposed subjects. J Investig Allergol Clin Immunol 1999; 9: 117-22.
29. Simpson A, Green R, Custovic A, et al. Skin test reactivity to natural and recombinant *Blomia* and *Dermatophagoides* spp. allergens among mite allergic patients in the UK. Allergy 2003; 58: 53-6.
30. Tee RD, Cranston PS, Dewair M, et al. 1985 Evidence for haemoglobins as common allergenic determinants in IgE-mediated hypersensitivity to chironomids (non-biting midges). Clin Allergy 1985; 15: 335-43.
31. Teranishi H, Kawai K, Murakami G, et al. Occupational allergy to adult chironomid midges among environmental researchers. Int Arch Allergy Immunol 1995; 106: 271-7.
32. Kino T, Chihara J, Fukuda K, et al. Allergy to insects in Japan. (in) III. High frequency of IgE antibody responses to insects (moth, butterfly, caddis fly, and chironomid) in patient with bronchial asthma and immunochemical quantization of the insect-related airborne particles smaller than 10  $\mu\text{m}$  in diameter. J Allergy Clin Immunol 1987; 79: 857-66.