

Dr Yuliya Shrubovych

*do wniosku z dnia 27 października 2014 roku  
o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego*

## **AUTOREFERAT**

**1. Imię i nazwisko:** Yuliya Shrubovych

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej**

- **magister nauk biologicznych w zakresie biologii**, Państwowy Uniwersytet we Lwowie im. I. Franko, Wydział Biologii, Lwów, uzyskany w 1996 r.
- **doktor nauk biologicznych ze specjalnością ekologia**, nadany w 2002 r. przez Specjalistyczną Radę Naukową Czerniowieckiego Uniwersytetu Narodowego im. Jurija Fedkowycza na podstawie **rozprawy doktorskiej** „Forming of soil springtail populations (Collembola) of urban ecosystems in Lviv” [In Ukrainian with English summary]. (Stopień naukowy uznawany w Rzeczypospolitej Polskiej na podstawie umowy o równoważności stopni i tytułów naukowych z Ukrainą [Dz. U. z 1975 r., Nr 4, poz. 14 i 15]).

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

od 1997 r. do dzisiaj — Państwowe Muzeum Przyrodnicze Narodowej Akademii Nauk Ukrainy (Lwów, Ukraina) (od 1997 r. na stanowisku odpowiadającym specjalistcie, od 2000 r. na stanowisku odpowiadającym asystentowi, od 2002 r. na stanowisku odpowiadającym adiunktowi).

od 2009 r. do dzisiaj — na stanowisku adiunkta w Instytucie Systematyki i Ewolucji Zwierząt Polskiej Akademii Nauk (Kraków, Polska)

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):**

TYTUŁ GŁÓWNEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO:

**Acerentomidae (Protura) północno – wschodniej Palearktyki:  
znaczenie filogenetyczne cech morfologicznych**

PUBLIKACJE SKŁADAJĄCE SIĘ NA GŁÓWNE OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE:

1. **Shrubovych J.** 2014. Identification and character analysis of the Acerentomidae (Protura) of the northeastern Palearctic (Protura: Acerentomidae). *Zootaxa* 3755: 136–164. IF 0,974
2. **Shrubovych J.**, Rusek J., Bernard E. C. 2012. Redefinition and four new species of *Yavanna* Szeptycki and comparison with *Nosekiella* Rusek (Protura: Acerentomidae: Nipponentominae). *Annals of the Entomological Society of America* 105 (1): 3–19. IF 1,198
3. **Shrubovych J.**, Bernard E. C. 2012. Two new species of *Verrucoentomon* Rusek (Protura: Acerentomidae, Nipponentominae) and a key to species. *Annals of the Entomological Society of America* 105 (5): 628–637. IF 1,198
4. **Shrubovych J.** 2010. Two new species of the genus *Baculentulus* from the Russian Far East (Protura: Acerentomidae, Berberentulinae). *Zootaxa* 2619: 39–48. IF 0,853
5. **Shrubovych J.**, Rusek J. 2010. *Sugaentulus andrzeji* sp. nov. from Siberia, Russia (Protura: Acerentomidae: Acerentominae) and key to Acerentominae genera. *Zootaxa* 2720: 59–68. IF 0,853
6. **Shrubovych J.** 2009. *Nipponentomon jaceki* sp. nov. from the Russian Far East (Protura: Acerentomidae, Nipponentominae). *Zootaxa* 2231: 55–61. IF 0,891

## **Omówienie osiągnięcia naukowego**

Protura występują w glebach na całej kuli ziemskiej z wyjątkiem obszarów okołobiegunowych i wysokogórskich. Choć zostały opisane po raz pierwszy około 100 lat temu (Sivestri 1907, Berlese 1908a,b), są nadal grupą słabo poznaną (Pass & Szucsich 2011). Światowa fauna obejmuje obecnie 826 gatunków w 76 rodzajach, w tym najbardziej liczną i zróżnicowaną taksonomicznie rodzinę Acerentomidae (375 gatunków w 53 rodzajach). Systematyka Protura jest ciągle sprawą dyskusyjną (szczególnie w rodzinie Acerentomidae) z powodu słabo zdefiniowanych cech morfologicznych, koniecznych dla wyodrębniania rodzajów i wyższych taksonów. Próby oceny tych cech oraz oszacowania ich znaczenia dla analizy filogenetycznej wykonane były przez Tuxena (1963, 1964, 1977b, 1980, 1981), Imadaté (1974) i Yin (1980, 1984, 1999). Dalsze próby ich oceny i próby podziału Protura podjął François (2003, 2006), przy zastosowaniu analizy kladystycznej. Niestety, jego podział Acerentomidae na grupy rodzajów (8) ze względu na zastosowany zbyt mały zestaw cech morfologicznych, nie może być w pełni zaakceptowany. Stąd, ponowna ocena cech morfologicznych, zwłaszcza w rodzinie Acerentomidae, okazała się niezbędną dla dalszych badań filogenezy Protura.

W przeprowadzonej przeze mnie analizie filogenetycznej (praca 1) wykorzystałam znacznie większy zestaw cech morfologicznych, pochodzący z analizy materiałów typowych, praktycznie wszystkich badanych przeze mnie gatunków. Oprócz tradycyjnych cech, które były używane wcześniej dla rozróżnienia rodzajów lub rodzin np. przez Tuxena (1981), włączyłam do analizy kladystycznej nowe cechy związane z chetotaksją i porotaksją azjatyckich przedstawicieli rodziny Acerentomidae, powiązanych wspólnym obszarem rozszedlenia w północno-wschodniej Azji.

Olbrzymie obszary Syberii i Rosyjskiego Dalekiego Wschodu są jednymi z najslabiej poznanych obszarów pod względem fauny Protura. O ile stosunkowo dobrze poznana jest fauna Środkowej Europy (180 gatunków), subtropikalnych Chin (200 gatunków w całych Chinach) i Japonii (88 gatunków), to obszary wyżej wymienione były niemal całkowicie nieznane. Tylko trzy opracowania (Martynova 1977, Szeptycki 1988, Nakamura 2004) dotyczyły tego regionu. Wymieniono w nich 20 gatunków (dla porównania: z niewielkiego powierzchniowo Luksemburga wymieniono 30 gatunków, Szeptycki & al. 2003).

Klimatycznie umiarkowane obszary Azji charakteryzują się bardzo zróżnicowaną fauną Protura. Występuje tu znacznie większą różnorodność rodzajów niż np. w azjatyckich

obszarach subtropikalnych/tropikalnych. Jednocześnie powstaje pytanie, czy „umiarkowana” Azja jest obszarem występowania form szczególnie prymitywnych czy ewolucyjnie zaawansowanych. Stąd, opis fauny (prace 2–6, A8, A9) tego obszaru jest bardzo ważny nie tylko dla badań nad filogenezą Protura, lecz także dla stworzenia racjonalnego systemu tej grupy. Wszelkie uzyskane w tych badaniach dane są oryginalne i stanowią ważny przyczynek także do biogeografii tej części Azji.

### **Cele badawcze „osiągnięcia naukowego”**

1. Opracowanie taksonomiczne rodziny Acerentomidae i analiza cech morfologicznych gatunków w tej silnie zróżnicowanej rodzinie przy pomocy analizy kladystycznej.
2. Badania porotaksji: wykazanie jej znaczenia na poziomie rodzajowym. Analiza układu porów na ciele oraz nowowprowadzone oznaczenie dla układu porów na brzusznej stronie.
3. Analiza rozsiedlenia i zróżnicowania fauny Protura ze szczególnym uwzględnieniem rodziny Acerentomidae.

### **Wyniki**

#### **1.1. Opracowanie taksonomiczne rodziny Acerentomidae.**

Realizacja tematu badań polegała na opracowaniu bogatych materiałów Protura, zgromadzonych w Instytucie Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN, w Muzeum Przyrodniczym Ukraińskiej Akademii Nauk we Lwowie, a także w Instytucie Zoologicznym Rosyjskiej Akademii Nauk w Sankt-Petersburgu. Efektem przeprowadzonych badań jest szereg publikacji cząstkowych: opisy nowych gatunków, redeskrypcje słabo opisanych, analiza poszczególnych cech morfologicznych, opracowania faunistyczne rodzajów i rodzin Protura w zakresie światowym (prace 2, 3, 5) oraz synteza, która obejmuje informacje o dotychczasowych badaniach fauny Protura w północno-wschodniej Azji, a także analizę kladystyczną cech morfologicznych w rodzinie Acerentomidae (praca 1).

Ogółem, z Syberii i Rosyjskiego Dalekiego Wschodu wydzielono i przeanalizowano 35 gatunków Protura, należących do 15 rodzajów. W trakcie badań opisanych zostało 12 nowych dla wiedzy gatunków.

Z rodzaju *Yavanna* opisane zostały cztery nowe gatunki i wykonana została redeskrypcja typowego materiału gatunków *Yavanna altaica* i *Nosekiella danica* (wspólnie z prof. J. Ruskiem (Institute of Soil Biology Biological Center ASCR, Czech Republic) i prof. E. Bernardem (University of Tennessee, Entomology and Plant Pathology, USA). Nowe gatunki charakteryzują się cechami morfologicznymi, występującymi w podobnych rodzajach, co wymagało redefinicji tych rodzajów (*Nosekiella*, *Yavanna* i *Nanshanentulus*). W wyniku tej rewizji dwa gatunki, *Nosekiella behanae* Nosek, 1977 i *Nosekiella sinensis* Bu & Yin, 2008, zostały przeniesione do rodzaju *Yavanna*. Po raz pierwszy w diagnozach podano i potwierdzono jako cechę ważną na poziomie gatunkowym, proporcję długości posterialnych szczecin głowy (praca 2).

Zostały także opracowane materiały Protura z rodzaju *Verrucoentomon*, a przeprowadzone badania uzasadniły opisanie dwóch nowych gatunków w obrębie tego rodzaju: *V. anatolii* Shrubovych & Bernard, 2012 i *V. louisanne* Shrubovych & Bernard, 2012. W pracy wykazałam również nowy dla fauny azjatyckiej części Rosji gatunek *V. shirampa* (Imadaté, 1964) i podałam jego nowe stanowiska na Dalekim Wschodzie Rosji. Przeprowadzone badania po raz pierwszy pozwoliły na podział rodzaju na dwie grupy według określonego zestawu cech morfologicznych i na wyodrębnienie cech zmiennych na poziomie gatunkowym (praca 3).

Analiza 36 gatunków z rodzaju *Baculentulus* pozwoliła na wydzielenie dwóch nowych gatunków *Baculentulus pomorskii* i *Baculentulus potapovi* Shrubovych, 2010 z Rosyjskiego Dalekiego Wschodu. Po raz pierwszy zostało przeanalizowane znaczenie kompleksu szczecinek na męskich narządach płciowych jako cechy gatunkowej w obrębie rodzaju *Baculentulus* (praca 4).

Kolejne opracowanie nowego dla wiedzy gatunku, rozpowszechnionego w północnej i południowej Syberii, wymagało zbadania porównawczych materiałów Protura, zgromadzonych w Instytucie Biologii Gleby Czeskiej Akademii Nauk. Nowy gatunek *Sugaentulus andrzeji* Shrubovych & Rusek, 2010 charakteryzuje się zestawem unikalnych cech morfologicznych (specyficzne wśród podrodziny Acerentominae kształty gruczołu głaszczka wargowego i paska prążkowanego na segmencie VIII odwłoka). Włączenie go

do któregoś z istniejących rodzajów było problematyczne. Konieczne zatem było przeprowadzenie analizy taksonomicznej dziesięciu rodzajów Acerentominae i redeskrypcji typowego gatunku *Sugaentulus masumii* Imadaté, 1978 z Japonii. Po raz pierwszy został przeanalizowany rozwój postembrionalny porotaksji ciała i chetotaksji głowy, a także rozwój męskich narządów płciowych w stadium „preimago” i „imago” (praca 5).

Analiza cech morfologicznych 16 gatunków z rodzaju *Nipponentomon* pozwoliła na opisanie nowego dla wiedzy gatunku *Nipponentomon jaceki* Shrubovych, 2009. Gatunek należy do grupy rzadkich gatunków *Nipponentomon* ze słabo rozwiniętym „rostrum”. W pracy wykazałam również nowy dla fauny azjatyckiej części Rosji gatunek *N. nippon* (Yoshii, 1938) i podałam jego nowe stanowiska na Dalekim Wschodzie Rosji (praca 6).

Dwa gatunki, *Tuxenentulus solncevae* Shrubovych & Bernard, 2013 i *Nipponentomon taiga* Shrubovych, 2013, opisane zostały w pracach włączonych do dorobku naukowego: pracy A8 i A9.

W trakcie prowadzonych badań dokonałam rewizji taksonomicznej typowego materiału gatunku *Acerella sharovi* (Martynova, 1977) z okolic Magadanu (Rosyjski Daleki Wschód). W rezultacie redeskrypcji potwierdziłam nowymi cechami przynależność tego gatunku do rodzaju *Imadateiella*. Wykonałam uzupełnienia opisów gatunków *Nipponentomon khabarovskense* i *N. bidentatum* Nakamura, 2004, *Yamatentomon yamato* (Imadaté & Yosii, 1956) i *Callienomon sinensis* Yin, 1980 o nowe cechy, a także podałam nowe stanowiska dla *Y. yamato* i *C. sinensis* poszerzające areał ich występowania (praca 1).

## **1.2. Analiza cech morfologicznych gatunków przy pomocy analizy kladystycznej.**

Ogółem, przebadalam 31 gatunków z tej rodziny (grupa wewnętrzna) i 4 gatunki z rodzin Hesperentomidae i Protentomidae (grupa zewnętrzna), wszystkie rozpowszechnione w północno-wschodniej Palearktyce. Do analizy użyłam możliwie największego zestawu cech (67), opisujących zewnętrzną i wewnętrzną morfologię dorosłych osobników (analiza przedstawiona jest w pracy 1). Większość z tych cech (np. cechy związane z porotaksją ciała) nie była zastosowana we wcześniejszych próbach analizy filogenetycznej Protura (François 2003, 2006). Analiza obecna potwierdza monofiletyczną pozycję rodziny Acerentomidae i pokazuje dobrze uzasadnione dwie linie filogenetyczne w faunie Acerentomidae północno-wschodniej Azji. Jedna linia zawiera gatunki wykazujące redukcję cech morfologicznych (np. zmniejszoną liczbę szczecinek na terga II–VII odwłoka, redukując szczecinek na głaszczku wargowym i redukcję paska prążkowanego na segmencie VIII odwłoka). Linia ta

reprezentowana jest tylko przez kilka gatunków z rodzajów *Baculentulus* i *Tuxenentulus*. Natomiast, druga linia filogenetyczna reprezentowana jest przez 27 gatunków wykazujących znaczny rozwój i liczbę cech morfologicznych (np. pojawienie się pęczka szczecinek terminalnych na głaszczku wargowym, rozwój paska prążkowanego na segmencie VIII odwłoka, zwiększenie liczby szczecinek na terga tułowia i odwłoka). Linia zawiera gatunki z 10 rodzajów, należących do podrodzin Nipponentominae i Acerentominae, najbardziej różnorodnych i liczebnych w faunie Protura Wschodniej Palearktyki.

Przebadana także została zmienność morfologiczna w populacjach kilku gatunków, rozpowszechnionych na linii północ-południe analizowanego regionu, a cechy zmienne zostały usunięte z analizy kladystycznej. Wśród tych cech wymienić można obecność/brak dodatkowych szczecinek głowowych w populacjach *Baculentulus potapovi* Shrubovych & Bernard, 2012 z Rosyjskiego Dalekiego Wschodu, symetryczne/asymetryczne występowanie szczecinek *P0a* na tergum I w populacjach *Nipponentomon taiga* Shrubovych, 2013 z Syberii, a także obecność/brak dodatkowej szczecinki *P1a* na terga I–VII odwłoka w różnych populacjach *Tuxenentulus ohbai* Imadaté, 1973 z Japonii, Chin Północnych i w populacji *Tuxenentulus solncevae* Shrubovych & Bernard, 2013 z Rosyjskiego Dalekiego Wschodu (prace 4, A8, A9). Kwestia zmienności wewnątrzgatunkowej pozostaje nadal otwartym pytaniem w systematyce Protura. Do niedawna, zmienność chetotaksji była uważana za zmienność wewnątrzgatunkową, jeśli kształt i położenie sensilli na stopie pierwszej pary nóg były identyczne dla badanych osobników, chociaż chetotaksja wskazywałaby na istnienie dwóch odrębnych gatunków. Tak rozumiana zmienność wewnątrzgatunkowa staje się problemem w momencie, gdy kilka gatunków (np. z rodzajów *Verrucoentomon*, *Nienna* i *Huashanentulus*) posiada identyczny kształt i położenie sensilli na stopie pierwszej pary nóg (prace 1, A14).

Przeprowadzona analiza filogenetyczna określiła systematyczne znaczenie zestawu cech ważnych do odróżniania rodzajów Acerentomidae: kształt gruczołu szczękowego, głaszczka wargowego i paska prążkowanego na segmencie VIII odwłoka, położenie sensilli *a'* i *t3* na stopie przedniej pary nóg, liczba szczecin na drugiej i trzeciej parze rudymenarnych nóżek odwłokowych, liczba szczecin A- rzędu na mesonotum i metanotum, na terga VII i VIII, na mesosternum i sternum III–VII, liczba szczecin P- rzędu na sternum III, obecność szczeciny *P3a* na tergum II–VI. Kilka cech synapomorficznych, takich jak położenie sensilli *a'* na stopie przedniej pary nóg, liczba szczecin A- rzędu na segmentach grzbietowych

odwłoka VI i VIII, mesosternum, sternity III i VII oraz porotaksja, nie zostały uwzględnione w poprzednich analizach kladystycznych (François 2003, 2006).

Niektóre cechy, często traktowane jako systematycznie ważne w diagnozach rodzajowych, nie zostały potwierdzone jako synapomorficzne: obecność sensilli *b'* i pozycję sensilli *d* na stopie przedniej pary nóg oraz kształt sensilli *t1*. Ta ostatnia cecha, łatwo zauważalna na okazach, uznawana jest powszechnie za bardzo ważną na poziomie rodzajowym, ale w analizie filogenetycznej klady nie tworzą się na jej bazie. Obecność szczeciny *P1a* na sternum VIII, również często stosowana jako systematycznie ważna w diagnozach, w analizie jest homoplazją w niektórych rodzajach. Większość cech objętych analizą jest ważna wyłącznie dla wyróżniania gatunków, a nie rodzajów (np. obecność szczeciny *M2* na prosternum, szczeciny *A1* na metasternum, szczeciny *A3* na tergum I, szczeciny *P1a* na terga I–VII, a także na sterna I i VIII, szczeciny *P3a* na tergum VII, szczeciny *Pc* na sterna VI i VII, kształt szczękowych sensilli, a także kształt szczecin na mesonotum i metanotum).

Niektóre cechy morfologiczne i ich stany w rozwoju postembrionalnym, które mogą być interesujące dla badań filogenetycznych, zostały wyłączone z analizy kladystycznej ze względu na brak wystarczających informacji, na przykład kształt narządów płciowych u dorosłych osobników i we wcześniejszym stadium „preimago”. Męskie narządy płciowe mogą mieć różne liczby szczecin, ale cecha ta wydaje się mieć znaczenie tylko dla rozróżniania gatunków (praca 4). Ponadto męskie narządy płciowe w stadium „preimago” nie są w takim stopniu rozwinięte jak u „imago” w rodzajach takich jak *Nipponentomon*, *Yavanna*, *Nosekiella* i *Baculentulus* (prace 2, 4, 6). Natomiast, u gatunków *Acerentomon* i *Sugaentulus* męskie narządy płciowe rozwinięte w takim samym stopniu u „preimago” jak i u „imago” (praca 5). Ta cecha przedtem nigdy nie była badana, ale może być bardzo istotna dla dalszych badań filogenetycznych.

Przebadane cechy pozwoliły na opracowanie kluczy do oznaczania, niezbędnych w badaniach zarówno taksonomicznych jak i ekologicznych. Powstały zatem klucze do oznaczania: gatunków Protura, rozpowszechnionych w północno-wschodniej Palearktyce (praca 1), światowych gatunków z rodzaju *Verrucoentomon* (praca 3) i z rodzaju *Yavanna* (praca 2), rodzajów z grupy *Nosekiella–Yavanna–Nanshanentulus* (praca 2) i rodzajów w podrodzynie Acerentominae (praca 5).



**2. Porotaksja** – układ porów gruczołowych – dopiero od niedawna jest używana w opisach i identyfikacji Protura. Obecność/nieobecność poszczególnych porów na terga i membranach bocznych (położonych między tułowiem i stroną brzuszną) ciała jest ważną cechą taksonomiczną (Szeptycki 1988, 1993, 1995, 1997). Moje badania wskazują, że równie ważną cechą diagnostyczną dla rodzajów i gatunków czy nawet rodziny jest porotaksja brzuszna. Zaproponowałam nowy system dla zaznaczenia porów brzusznych, a także po raz pierwszy włączyłam porotaksję do analizy filogenetycznej. W rezultacie przeprowadzonej analizy stwierdziłam, że cechy związane z układem porów są synapomorfiami dla rodziny Acerentomidae (obecność pora anterolateralnego (*al*) na mesonotum i nieobecność porów posterolateralnych (*pl*) na segmentach brzusznych I–III i IX–XI odwłoka). Pory na odwłokowych sterna I, III i VI okazały się zmienne i nieważne dla taksonomicznego odróżniania rodzajów (w analizie kladystycznej cechy te mają dużo stanów homoplastycznych). Rozmieszczenie porów na tergum VII z asymetryczną obecnością pora „sternalno-posterosubmedialnej” (*spsm*) jest synapomorfia dla grupy gatunków z rodzajów *Baculentulus* + *Tuxenentulus*. Natomiast, występowanie pary „sternalno-anterolateralnych” (*sal*) porów na sternum I nie wskazuje na stan synapomorficzny. Niemniej jednak, moim zdaniem, cecha ta może być wykorzystywana dla ogólnych diagnoz rodzajów *Yavanna*, *Noldo*, *Imadateiella* i *Callientomon*.

### **3. Analiza rozszedlenia i zróżnicowania fauny Protura.**

Fauna Protura Syberii liczy obecnie 17 gatunków z 10 rodzajów i 3 rodzin, i można ją uznać za wyjątkową, ponieważ wszystkie te gatunki występują wyłącznie w tym regionie. Z kolei, fauna Protura Rosyjskiego Dalekiego Wschodu obejmuje 18 gatunków z 9 rodzajów. Większość (10 gatunków) znana jest tylko ze stanowisk typowych, a pozostałe 8 gatunków są szerszej rozmieszczone we wschodniej Azji (Japonia, północno-wschodnie Chiny, Korea).

Gatunki należące do rodzin Acerentomidae (Berberentulinae, rodzaj *Baculentulus*) oraz rodzin Eosentomidae (rodzaj *Eosentomon*) i Hesperentomidae (rodzaj *Proturentomon*), szeroko rozszedlonych i silnie zróżnicowanych w Europie, południowej Azji, Afryce i obu Amerykach, są słabo reprezentowane w faunie Syberii i Rosyjskiego Dalekiego Wschodu. Najbardziej liczna i zróżnicowana podrodzina Berberentulinae jest reprezentowana w faunie północno-wschodniej Azji tylko przez 4 gatunki z rodzaju *Baculentulus* (38 gatunków światowych) występujące tylko na południu Rosyjskiego Dalekiego Wschodu. Najbardziej liczny w faunie światowej, kosmopolityczny rodzaj *Eosentomon* jest reprezentowany jedynie

przez dwa gatunki w badanym regionie. Oba gatunki *Eosentomon* z tego regionu należą do grupy „swani” (Tuxen, 1964) szeroko rozpowszechnionej w Azji południowo-wschodniej, Japonii, Australii i Melanezji. W rezultacie przeprowadzonej analizy biogeograficznej można z pewnością stwierdzić, że w dwóch dużych regionach geograficznych, takich jak Syberia i Rosyjski Daleki Wschód, są bardzo nieliczne rodzaje Protura, mające szerokie rozsiadlenie w europejskiej części Palearktyki i na całym świecie.

Tuxen (1977a, 1978), analizując rozsiadlenie brazylijskich Protura wysunął hipotezę, że Protura pochodzą z dewonu (jako grupa siostrzana Collembola, które znane ze skamieniałości w dewonie środkowym), ale ewolucja Protura i ich rozsiadlenie w przestrzeni jest bardzo powolnym procesem. W związku z tym, ta grupa drobnych stawonogów pochodzących z Pangei, wykazuje wyższą specjalizację i rozwój nowych cech morfologicznych na terenach dawnej Laurazji (zwłaszcza na Dalekim Wschodzie oraz w Europie), a ich redukcję na terenach Gondwany. Moje badania współczesnej fauny Acerentomidae północno-wschodniej Azji wyraźnie potwierdzają tę hipotezę.

Analiza rozmieszczenia biogeograficznego rodzajów Protura, wymienionych z północno-wschodniej Palearktyki, wskazuje tylko jeden gondwański rodzaj *Baculentulus*, który pochodzi z Afryki i wschodniej Brazylii i rozprzestrzenił się do Azji Południowo-Wschodniej i Japonii według Tuxena (1977b). Obecnie większość gatunków *Baculentulus* (22) są rozmieszczone we wschodniej Palearktyce. Przedstawiciele rodzaju *Baculentulus* charakteryzują się redukcją cech morfologicznych, np. zmniejszoną liczbę szczecinek A-rzędu na terga II–VII odwłoka i szczecinek P-rzędu na terga I–VIII odwłoka, zanikiem terminalnego pęczka szczecinek na głaszczku wargowym i redukcją paska prążkowanego na segmencie VIII odwłoka.

Rodzaje *Imadateiella*, *Sugaentulus*, *Yamatentomon*, *Nienna* i *Callientomon* występują tylko w północno-wschodniej Azji, *Yavanna*, *Tuxenentulus*, *Verrucoentomon*, *Nipponentomon* i *Filientomon* są rozpowszechnione w tym regionie, ale także w Ameryce Północnej, przeważnie na Alasce i w Kanadzie. Rodzaje *Noldo* i *Verrucoentomon* mają po jednym przedstawicielu także w Europie – pierwszy w Górach Krymskich, a drugi w Karpatach i być może gatunki te mogą stanowić elementy reliktowe w faunie europejskiej. Przedstawiciele prawie wszystkich tych rodzajów charakteryzują się znacznym rozwojem paska prążkowanego na segmencie VIII odwłoka, pojawieniem się terminalnego pęczka szczecinek na głaszczku wargowym i zwiększoną liczbę szczecin na terga tułowia i odwłoka: pojawia się dodatkowa para szczecin na pronotum u *Callientomon sinensis*, zwiększa się

liczba szczecin A-rzędu do 6 lub nawet do 8 na mesonotum i metanotum u wszystkich wyżej wymienionych rodzajów (oprócz *Tuxenentulus* i *Sugaentulus*), pojawiają się dodatkowe szczeciny w P-rzędzie na mesonotum i metanotum u przedstawicieli rodzajów *Nipponentomon* i *Imadateiella*, a także zwiększa się liczba szczecin A-rzędu do 12 u przedstawicieli rodzajów *Yamatentomon* i *Filientomon*. Wysoki udział w badanej faunie azjatycko-północnoamerykańskich rodzajów, które należą do najbardziej ewolucyjnie zaawansowanych (według Imadaté 1974) (np. *Nipponentomon*, *Filientomon*, *Yavanna*, *Verrucoentomon*), potwierdza ogólnie przyjętą teorię, że północno-wschodnia Azja była głównym ośrodkiem specjacji gatunków holarktycznych. Gatunki z wymienionych rodzajów, a także z morfologicznie bliskich rodzajów, mogą być uważane za przedstawicieli ewolucyjnie młodej fauny „Beringijskiej” (praca 1).

## **5. Omówienie pozostałych (wybranych) osiągnięć naukowo-badawczych**

W trakcie realizacji tematu badawczego „Acerentomidae północno-wschodniej Palearktyki” powstały także inne prace, które w dużym stopniu dotyczą tego zagadnienia. Ponieważ Protura są grupą nadal jeszcze słabo zbadaną, moje osiągnięcia naukowo-badawcze muszą się w dużej mierze skupiać na tzw. alfa-taksonomii czyli opisach, redeskrypcjach, rewizjach rodzajowych i tworzeniu kluczy do oznaczania, chociaż zajmuję się również tematyką z pogranicza ekologii i faunistyki.

W pracy “Review of *Tuxenentulus* and *Fjellbergella* species ... ”(praca **A8**) opisałam gatunek *Tuxenentulus solncevae* Shrubovych & Bernard, 2013 z Dalekiego Wschodu Rosji i dokonałam redeskrypcji (na podstawie typowego materiału) blisko spokrewnionego gatunku *Tuxenentulus rockyensis*. W tym samym czasie prof. E. Bernard (University of Tennessee, Entomology and Plant Pathology, USA) przygotował opis nowego gatunku z pokrewnego rodzaju *Fjellbergella*, *F. uteorum* Shrubovych & Bernard, 2013. W efekcie powstała wspólna praca zawierająca oprócz opisów nowych dla wiedzy gatunków, rewizji rodzajów *Tuxenentulus* i *Fjellbergella* również klucz do oznaczania fauny światowej w/w rodzajów.

W następnej pracy, zawierającej opis kolejnego, nowego dla wiedzy gatunku *Nipponentomon taiga* Shrubovych, 2013, rozpowszechnionego w Syberii, został przygotowany klucz do oznaczania wszystkich (14) znanych gatunków z tego rodzaju (praca **A9**). Opis nowego gatunku *Nipponentomon taiga* Shrubovych, 2013 został włączony do opracowania wykonanego wspólnie z chińskimi proturologami dr D. Wu (Northeast Institute

of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences), dr Y. Bu i prof. W.Y. Yin (Institute of the Plant Physiology & Ecology, Chinese Academy of Sciences). W pracy tej opisaliśmy jeszcze jeden nowy gatunek z północnych Chin, oraz redeskrybowaliśmy *Nipponentomon heterothrix*, a także załączone zostały opisy chińskich okazów czterech gatunków z rodzaju *Nipponentomon*.

W trakcie realizacji tematu badawczego wykonano również rewizję taksonomiczną dwóch gatunków z górskiego Tian-Shaniu w Kirgistanie (Wschodnia Palearktyka), opisanych przez E. F. Martynova (1970): *Hesperentomon tianschanicum* i *Acerella montana*. Typy tych gatunków zdeponowane są w Instytucie Zoologii RAN (St. Petersburg, Rosja). Wykonane przez E. F. Martynova opisy wymagały dokładnej taksonomicznej analizy, wykonania nowych poprawnych rysunków, opisów i zmiany systematycznej pozycji dla jednego gatunku. Rezultatem tej rewizji jest praca: „Redescription of *Verrucoentomon montanum* new status (= *Acerella montana* Martynova)” (praca **A14**).

W rezultacie weryfikacji 16 gatunków z rodzaju *Hesperentomon* w zakresie światowym opublikowałam następną pracę z redeskrypcją gatunku *Hesperentomon tianschanicum* Martynova, 1970, w której dodatkowo opracowałam klucz do oznaczenia 16 gatunków z tego rodzaju (praca **A16**). W wyniku w/w rewizji została opublikowana następną pracę we współautorstwie z chińskimi proturologami zawierającą opisy dwóch nowych gatunków *Hesperentomon fopingense* i *H. dunhuaense* Bu, Shrubovych & Yin, 2011 występujących we Wschodniej Palearktyce (Północne Chiny) (praca **A15**).

W trakcie realizacji tematu badawczego wykonano również rewizję taksonomiczną rodzaju *Nosekiella*. Konieczność rewizji tego rodzaju została omówiona w pracy „Redefinition and four new species of *Yavanna* Szeptycki and comparison with *Nosekiella* ...” (praca **2**) gdzie również zredeskrybowany został gatunek typowy dla rodzaju – *Nosekiella danica* Rusek, 1974. Inne cztery gatunki, należące do tego rodzaju, wymagały dokładnej taksonomicznej analizy, wykonania nowych poprawnych rysunków i opisów. Dlatego powstała kolejna praca „Revision of *Nosekiella* Rusek ...” (praca **A1**), napisana także ze współautorami poprzedniej pracy: prof. J. Ruskiem i prof. E. Bernardem. W rezultacie badań materiałów typowych zostały zredeskrybowane gatunki *N. condei* (Tuxen, 1955) i *N. hoogstraali* (Nosek, 1980) i uzasadniona zmiana systematycznej pozycji tych gatunków (pierwszy został przeniesiony do rodzaju *Vesiculentomon*, a drugi – do rodzaju *Sugaentulus*). Dodatkowo został opracowany klucz do oznaczenia gatunków z rodzaju *Nosekiella* w zakresie światowym.

W trakcie realizacji tematu „Acerentomidae północno-wschodniej Palearktyki: ...” większość przedstawicieli podrodziny Nipponentominae została przebadana i przeanalizowana (9 rodzajów z 12), a w związku z tym powstała potrzeba zrewidowania pozostałych trzech rodzajów, zwłaszcza że ich przedstawiciele zasiedlają północne tereny Ameryki Północnej i mogą zaliczać się do przedstawicieli fauny „Beringijskiej”. Ta moja koncepcja zaowocowała trzema kolejnymi, wspólnymi pracami. W pracy „Revision of *Vesiculentomon*, *Nosekientomon* n. g. (Protura: Acerentomidae, Nipponentominae) with a key to genera of Nipponentominae” dokonano rewizji i redeskrypcji materiałów typowych dwóch gatunków, uzasadniono nowy rodzaj *Nosekientomon* Shrubovych, Rusek, Bernard, 2014 i opracowano klucz do oznaczenia rodzajów z podrodziny Nipponentominae (praca **A6**). W pracy „Revision of *Alaskaentomon* Rusek ...” (praca **A3**) dokonano rewizji i redeskrypcji materiałów typowych dwóch gatunków z tego rodzaju. W pracy „Review of the genus *Paracerella* Imadaté ...” (praca **A13**) dokonano rewizji i redeskrypcji gatunku typowego *P. americana* i opisu nowego dla wiedzy gatunku *P. monterey* Shrubovych, 2013, a także opracowano klucz do oznaczenia gatunków z tego rodzaju w zakresie światowym.

Aktywna współpraca z prof. Josefem Ruskiem i z prof. Andrzejem Szeptyckim spowodowała napisanie zasadniczej dla taksonomii Protura pracy „Head porotaxy and chaetotaxy of order Acerentomata (Protura)”, w jakiej został zaproponowany nowy system zaznaczenia szczecin i por na głowie u przedstawicieli rzędu Acerentomata, co będzie niezmiernie użyteczne w zwykłym oznaczaniu gatunków/rodzajów oraz w dalszych badaniach filogenetycznych (praca **A11**).

Problematyka fauny Acerentomidae w południowej i centralnej Ameryce przedstawiona została w pracy “Revision of the genus *Andinentulus* (Protura: Acerentomidae: Berberentulinae) with a key to South and Central American Acerentomidae species” (praca **A5**). Mój wkład w opracowanie dotyczył stworzenia klucza do oznaczania 54 gatunków, rewizji materiałów typowych dwóch gatunków *Andinentulus ebbei* i *Acerentulus rapoportii*, a w związku z tym przeniesienia gatunku *Acerentulus rapoportii* Condé, 1963 do rodzaju *Andinentulus* i synonimizacja *Andinentulus ebbei* Tuxen, 1984 z tym gatunkiem oraz redeskrypcji *Andinentulus rapoportii*. Natomiast współautorzy tej pracy, dr C. D’Haese i dr C. Schneider, dokonali badań genetycznych okazów tego gatunku, zebranych w Chile.

Dalszy szereg prac taksonomicznych dotyczy głównie Protura pochodzących z europejskiej części Palearktyki: opisów nowych dla wiedzy gatunków, opracowania kluczy do oznaczania oraz opracowań faunistycznych.

We współautorstwie francuskimi kolegami (dr C. D'Haese i dr C. Schneider) powstały dwie prace opisujące trzy nowe dla wiedzy, pochodzące z Francji, gatunki z rodzaju *Acerentulus*. W każdej z prac (pracy **A4** i **A12**) przedstawione zostały również klucze do oznaczania gatunków z grup „*confinis*” (21 gatunków) i „*cunhai*” (20 gatunków) w rodzaju *Acerentulus* w skali światowej, do których należą nowo opisane gatunki. Współautorzy dokonali badań genetycznych tych gatunków.

W trakcie badań fauny Protura Ukrainy opisałam sama lub we współautorstwie z prof. Andrzejem Szeptyckim cztery nowe dla wiedzy gatunki: *Acerentomon szeptyckii* Shrubovych, 2009 (praca **B6**), *Gracilentulus sarmaticus* Shrubovych & Szeptycki, 2008 (praca **A17**), *Eosentomon scytha* Shrubovych & Szeptycki, 2008 (praca **B7**) i *Noldo kaprusii* Shrubovych & Szeptycki, 2006 (praca **B11**).

W pracy „*Acerentomon brozai* sp. n. and similar species ...” (praca **B8**), napisanej również wspólnie z prof. Szeptyckim, dokonaliśmy opisu nowego gatunku z Izraela i zredeskrbowaliśmy dwa podobne gatunki z rodzaju *Acerentomon*. Po raz pierwszy w diagnozach podana została długość szczecin na pronotum i ich proporcje, a także kształt mesosternum i metasternum jako ważne cechy taksonomiczne dla gatunków rodzaju *Acerentomon*.

Dwie prace taksonomiczne dotyczące badań nad Collembola (grupa siostrzana Protura) zawierają opis nowego dla wiedzy gatunku z rodzaju *Ceratophysella* z Krymu (praca **B27**) oraz redeskrpcję trzech mało znanych palearktycznych gatunków z podrodziny Pachyotominae (praca **B14**).

Moje badania faunistyczne zostały podsumowane w pracach, który dotyczą analizy fauny Protura Wysp Kanaryjskich (praca **B1**), a głównie fauny Protura i Collembola Ukrainy. Brałam aktywny udział w przygotowaniu monografii pt. „Catalogue of the Collembola and Protura of Ukraine” (praca **B12**): mojego autorstwa jest rozdział „Protura”, a mój udział w przygotowaniu rozdziału „Collembola” oceniam na 40%. Uczestniczyłam aktywnie w napisaniu pracy „A checklist of the Ukrainian springtails (Collembola)” (praca **B20**). Faunistyczne badania Protura Ukrainy zostały podsumowane w dwóch pracach (pracy **B3**, **B4**), a badania Collembola – w znacznie większej ilości prac (pracy **B5**, **B10**, **B17**, **B23**, **B25**, **B26**).

Rezultatem badań fauny Protura Austrii było napisanie pracy “Where taxonomy based on subtle morphological differences is perfectly mirrored by huge generic distances: DNA barcoding in Protura (Hexapoda)” we współautorstwie z austriackimi kolegami, którzy

zainicjowali i przeprowadzili badania genetyczne, a ja opracowałam część taksonomiczną, oznaczając gatunki na podstawie pozostałych po analizach molekularnych kutikulach, co potwierdziło wyniki badań genetycznych (praca **A2**). Jest to jedyny możliwy sposób przypisania „gatunków molekularnych” „gatunkom morfologicznym”.

Praca “Phenology of Protura in a northwestern Italian forest soil (Hexapoda: Protura)” (praca **B2**) powstała we współpracy z włoskimi kolegami i przyniosła rozważania na temat okresu występowania poszczególnych gatunków oraz udziału samców/samic w badanych populacjach.

Ekologiczne badania głównie dotyczą Collembola, natomiast tego typu badania Protura dopiero się rozpoczynają.

W pracy “Effect of hydrologic disturbance regimes on Protura variability in a river floodplains” (praca **A10**) oznaczałam materiał i brałam czynny udział w przygotowaniu matryc dla analiz ekologicznych, w interpretacji wyników i napisaniu maszynopisu. W pracy tej przedstawiono szereg hipotez dotyczących wzorców rozmieszczenia Protura w leśnych ekosystemach zalewowych i rolę zespołów Protura jako potencjalnego, ekologicznego bioindykatora zmian fauny glebowych na tych terenach.

Większość prac ekologicznych, dotyczących badań nad skoczogonkami, została napisana przeze mnie (pracy **B13, B16, B21, B22, B24, B28-31, B33, B34**) lub we współautorstwie ze znacznym moim wkładem w powstanie tych prac (pracy **A7, B9, B15, B19, B32**). Wśród tych prac, najbardziej interesującą jest praca “Effect of hydrologic regime and forest age on Collembola in riparian forests”(praca **A7**), w której celem badań było sprawdzenie jakie czynniki (stosunki hydrologiczne, wiek lasu etc.) mają największy wpływ na kształtowanie zespołów Collembola na leśnych terenach zalewowych. Ustalono, że największe znaczenie mają warunki hydrologiczne, w tym wpływ człowieka, a nie wiek stanowisk.

**Cytowana literatura:**

[prace 1–6] Publikacje habilitanta, wymienione jako główne osiągnięcie naukowe.

[prace A1–A17, B1–B34] Publikacje habilitanta nie wchodzące w skład głównego osiągnięcia naukowego, opublikowane w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Report [A] i spoza bazy JCR [B] (numeracja zgodna z „Wykazem opublikowanych prac naukowych” w Załączniku nr 3).

Berlese A. 1908a. Nuovi Acerentomidi. *Redia*, 5: 16–19.

Berlese A. 1908b. Osservazioni intorno agli Acerentomidi. Nota preventiva. *Redia*, 5: 110–122.

Imadaté G. 1974. *Protura (Insecta), Fauna Japonica*. Keigaku Publishing, Tokyo, 320 pp.

Francois J. 2003. Analyse cladistique de l'orde des Protoures (Hexapoda, Protura). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 108: 109–125.

Francois J. 2006. Analyse cladistique du genre *Acerentomon* Silvestri, 1907 (Protura, Acerentomidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 111: 5–10.

Martynova E.F. 1970. New species of Protura from the High Mountain Region of Tian Shan. *Zoologicheskii Zhurnal*, 49: 236–240. [In Russian]

Martynova E.F. 1977. *Acerella sharovi* sp. n. (Protura, Acerentomidae) from Magadan district. *Zoologicheskii Zhurnal*, 56: 164–167 [In Russian]

Nakamura O. 2004. Protura from Khabarovsk, the Russian Far East. *Edaphologia*, 75, 17–35.

Pass G. & Szucsich N.U. 2011. 100 years of research on the Protura: many secrets still retained. *Soil Organisms*, 83 (3) : 309–334.

Silvestri F. 1907. Descrizioni di un nuovo genere d'insetti apterigoti, rappresentante di un novo ordine. *Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'Agricoltura*. Portici, 1: 296–311.

Szeptycki A. 1980. Polish Protura I. Genus *Acerentomon* Silvestri, 1907. *Polskie Pismo Entomologiczne*, 50: 311–392.

Szeptycki A. 1988. New genera and species of *Protura* from the Altai Mts. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 31: 297–362.

Szeptycki A. 1993. *Gracilentulus* species of “*gracilis*” group (Protura, Berberentomidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, 35: 381–411.



- Szeptycki A. 1995. The porotaxy of Protura – a preliminary report. *Polskie Pismo Entomologiczne*, 64 (1-4), 63–67.
- Szeptycki A. 1997. The present knowledge of Protura. *Fragmenta Faunistica*, 40 (28): 307–311.
- Szeptycki A., Stomp N. & Weiner W. M. 2003. The Protura of Luxembourg. *Ferrantia*, 34: 5–44.
- Tuxen S. L. 1963. Phylogenetical trends in the Protura. As shown by relationship between recent genera. *Zeitschrift für Zoologische Systematik und Evolutionsforschung*, 1: 277–310.
- Tuxen S.L. 1964. *The Protura*. Hermann, Paris, 360 pp.
- Tuxen S.L. 1977a. Ecology and zoogeography of the Brazilian Protura (Insecta). *Studies of Neotropical Fauna and Environment*, 12: 225–247.
- Tuxen S.L. 1977b. The genus *Berberentulus* (Insecta, Protura) with a key and phylogenetical considerations. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 14: 597–611.
- Tuxen S.L. 1978. Protura (Insecta) and Brasil During 400 million years of continental drift. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 13: 23–50.
- Tuxen S. L. 1980. Notes on the *Silvestridia* complex (Insecta, Protura) in Madagascar. *Revue d'Écologie et du Biologie de Sol*, 17: 437–443.
- Tuxen S. L. 1981. The systematic importance of “the striate band” and the abdominal legs in Acerentomidae (Insecta, Protura). With a tentative key to acerentomid genera. *Entomologica Scandinavica*, 15: 125–140.
- Yin W.Y. 1980. Studies on Chinese Protura: Description of new species and new genera of the family Acerentomidae with discussions on their phylogenetic significance. *Contributions from Shanghai Institute of Entomology*, 1: 135–156. [In Chinese with English summary]
- Yin W.Y. 1984. A new idea of phylogeny of Protura with approach to its origin and systematic position. *Scientia Sinica*, 27: 149–160.
- Yin W.Y. 1999. *Fauna Sinica. Arthropoda. Protura*. Science Press, Beijing, 510 pp. [In Chinese with English summary]

