

Roman Hodunko

AUTOREFERAT

ZAŁĄCZNIK 2

1. Imię i Nazwisko: **Roman Hodunko**
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

Wrzesień, 2001: Stopień naukowy kandydata (równoważnik stopnia naukowego doktora w Polsce) nauk biologicznych w zakresie ekologii. Stacjonarne Studium Doktoranckie [aspirantura], Państwowe Muzeum Przyrodnicze, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Lwów. Tytuł pracy doktorskiej: „**Strukturalna i funkcjonalna organizacja zgrupowań jętek (Insecta, Ephemeroptera) w ekosystemach rzecznych Karpat Ukraińskich**”. Promotor: prof. dr hab. Yurii Czenobaj, Muzeum Przyrodnicze, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Lwów.

Maj, 1997: Tytuł magistra w zakresie biologii (zoologii), Lwowski Uniwersytet Narodowy, Katedra Zoologii. Tytuł pracy magisterskiej: „**Zgrupowania jętek (Insecta, Ephemeroptera) w górnej części dorzecza Dniestru**”. Promotor: dr. Oleg Ivanec, Lwowski Uniwersytet Narodowy. Promotor pomocniczy: dr. Volodymyr Rizun, Państwowe Muzeum Przyrodnicze, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Lwów.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych:

Od września 2019: Adiunkt naukowo-dydaktyczny w Katedrze Zoologii Bezkręgowców i Hydrobiologii (KZBiH), Uniwersytet Łódzki.

Od września 2013 do grudnia 2014: Docent w Katedrze Zoologii, Lwowski Uniwersytet Narodowy, Lwów.

Od stycznia 2007: Pracownik naukowy Instytutu Entomologii, Akademia Nauk Republiki Czeskiej, Czeskie Budziejowice.

Od stycznia 2005: Starszy pracownik naukowy Państwowego Muzeum Przyrodnicze, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Lwów.

Od stycznia 2002: Pracownik naukowy Państwowego Muzeum Przyrodniczego, Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Lwów.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

A) *Tytuł osiągnięcia naukowego:*

**Systematyka i historia ewolucyjna reofilnych jętek (Insecta, Ephemeroptera)
w mezozoiku i kenozoiku**

B) *Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe wraz z określeniem wkładu*

Na osiągnięcie składa się cykl siedmiu publikacji z lat 2019–2024

L.p.	Publikacje oraz wkład w ich powstanie	Punkty MniSW wg roku wydania	IF wg roku wydania
1.	Godunko R.J. , Sroka P. (2024) A new mayfly subfamily sheds light on the early evolution and Pangean origin of Baetiscidae (Insecta: Ephemeroptera). <i>Scientific Reports</i> 14: article number 1599. DOI: 10.1038/s41598-024-51176-7 Wkład: konceptualizacja pracy i pozyskiwanie danych taksonomicznych, opis nowych taksonów, analizy danych i wizualizacja, przygotowanie pierwszej wersji manuskryptu oraz jego edycja, autor korespondencyjny.	140	3.80
2.	Sroka P., Godunko R.J. , Prokop J. (2023) Fluctuation in the diversity of mayflies (Insecta, Ephemera) as documented in the fossil record. <i>Scientific Reports</i> 13: article number 16052. DOI: 10.1038/s41598-023-42571-7 Wkład: współudział w konceptualizacji badań i gromadzeniu datasetu, współudział w interpretacji wszystkich wyników i konsultacje na różnych etapach przygotowania manuskryptu, przygotowanie fragmentów manuskryptu, edycja.	140	3.80
3.	Storari A.P., Staniczek A., Godunko R.J. (2023) A new Gondwanan mayfly family from the Lower Cretaceous Crato Formation, Brazil (Ephemeroptera: Siphonuroidea: Atractopteroidea fam. nov.). <i>Scientific Reports</i> 13: article number 11735. DOI: 10.1038/s41598-023-36778-x Wkład: podstawowa idea badań, udział w przygotowaniu koncepcji roboczej ze współautorami, odkrycie, prawidłowa identyfikacja i segregacja okazów, pierwsze opisy i większość diagnoz taksonów, wiodąca rola w interpretacji morfologii, współudział w interpretacji wszystkich wyników oraz konsultacje na różnych etapach przygotowania manuskryptu, przygotowanie fragmentów manuskryptu, edycja, autor korespondencyjny.	140	3.80
4.	Godunko R.J. , Alba-Tercedor J., Grabowski M., Rewicz T., Staniczek A. (2022) Cenozoic origins of the genus <i>Calliarctus</i> (Insecta, Ephemeroptera) revealed by Micro-CT, with DNA barcode gap analysis of Leptophlebiinae and Habrophlebiinae. <i>Scientific Reports</i> 12: article number 15228. DOI: 10.1038/s41598-022-18234-4 Wkład: konceptualizacja pracy, identyfikacja materiału, opis taksonomiczny, badania morfologiczne i systematyczne, zarządzanie danymi oraz wykonanie analiz, przygotowanie rycin struktur morfologicznych, przygotowanie pierwszej wersji manuskryptu oraz jego edycja, autor korespondencyjny.	140	3.80
5.	Staniczek A., Storari A.P., Godunko R.J. (2022) Revised systematics, phylogeny, and paleontology of the mayfly family Baetiscidae (Insecta: Ephemeroptera). <i>Arthropod Systematics & Phylogeny</i> 80: 389-409. DOI: 10.3897/asp.80.e82845 Wkład: podstawowa idea badań, udział w przygotowaniu koncepcji roboczej ze współautorami, zarządzanie danymi, odkrycie, prawidłowa identyfikacja i segregacja okazów, opisy i większość diagnoz taksonów, wiodąca rola w interpretacji morfologii, współudział w interpretacji wszystkich wyników oraz konsultacje na różnych etapach przygotowania	100	1.80

	manuskryptu, przygotowanie fragmentów manuskryptu, rycin struktur morfologicznych, edycja manuskryptu.		
6.	Godunko R.J. , Martynov A.V., Staniczek A. (2021) First fossil record of the mayfly family Vietnamellidae (Insecta, Ephemeroptera) from Burmese Amber confirms its Oriental origin and gives new insights into its evolution. <i>ZooKeys</i> , 1036: 99-120. DOI: 10.3897/zookeys.1036.66435 Wkład: konceptualizacja badań, opis morfologiczny okazów, taksonomia i systematyka jętek kopalnych, rysunki struktur morfologicznych, koordynacja współautorów, współudział w interpretacji wszystkich wyników oraz konsultacje na różnych etapach badań, przygotowanie pierwszej wersji manuskryptu oraz jego edycja.	70	1.492
7.	Godunko R.J. , Neumann Ch., Staniczek A.H. (2019) Revision of fossil Metretopodidae (Insecta: Ephemeroptera) in Baltic amber – Part 4: Description of two new species of <i>Siphloplecton</i> Clemens, 1915, with notes on the new <i>S. jaegeri</i> species group and with key to fossil male adults of <i>Siphloplecton</i> . <i>ZooKeys</i> , 898: 1–26. DOI: 10.3897/zookeys.898.47118 Wkład: konceptualizacja badań, opis morfologiczny okazów, taksonomia i systematyka jętek kopalnych, przygotowanie rycin w tym klucza morfologicznego, koordynacja współautorów, współudział w interpretacji wszystkich wyników oraz konsultacje na różnych etapach badań, przygotowanie pierwszej wersji manuskryptu oraz jego edycja.	70	1.137
Podsumowanie		800	19.629

Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników.

Prace, których cytowania są zaznaczone pogrubioną kursywą, stanowią część osiągnięcia i zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora;

cytowania z podkreśleniem oznaczają prace, których jestem (współ)autorem i są one tematycznie powiązane z osiągnięciem, i również zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

Oświadczenia współautorów publikacji określające wkład każdego współautora są zawarte w Załączniku 3.

W swoich publikacjach autor transliteruje własne nazwisko jako "Godunko" [Годунько w pisowni cyrylicą]. W oficjalnych i osobistych dokumentach nazwisko autora jest transliterowane jako Hodunko, zgodnie z zasadami transliteracji cyrylicy na alfabet łaciński przyjętymi w Ukrainie, której autor jest obywatelem.

Wstęp

Jętki (Ephemeroptera) są bazalnymi przedstawicielami Pterygota, z najstarszymi skamieniałościami datowanymi od późnego karbonu i wczesnego permu (Sroka et al. 2021). Rząd ten jest jednym z najbardziej zróżnicowanych taksonów wśród słodkowodnych owadów kopalnych, osiągając najwyższą różnorodność w środkowym mezozoiku (Sroka et al. 2023).

Mezozoik jest najważniejszą epoką w historii ewolucyjnej owadów, ponieważ po masowym wymieraniu P–T nastąpiła istotna zmiana entomofauny, w tym grup owadów wodnych (Sinitschenkova 2002, 2003; Sroka et al. 2023). Pod koniec mezozoiku, podczas środkowej kredy i wymierania K-Pg, ponownie nastąpiła widoczna zmiana biotyczna, prowadząca ostatecznie w kierunku dominacji reofilnych zespołów

Ephemeroptera, wyraźnie odnotowanych w zapisie kopalnym wczesnego kenozoiku (Godunko & Kłowska-Olejnik 2006; Godunko & Neumann 2006; Kluge et al. 2006; Godunko et al. 2019, 2022; Staniczek et al. 2022).

Uogólniony model globalnych mezozoicznych zmian ekosystemów jeziornych został przeanalizowany i opisany przez Cohena (2003) oraz Buatois et al. (2016), którzy wprowadzili termin „Mezozoic Lacustrine Revolution” jako znaczące wydarzenie dla ekosystemów kontynentalnych (Sroka et al. 2023). Zwiększenie roli roślin okrytonasiennych w paleocenozach mezozoicznych, a także wzrost aktywności wulkanicznej, mogły mieć decydujący wpływ na zmiany w procesach akumulacji, transportu i rozkładu materii organicznej. W rezultacie doprowadziło to do stosunkowo szybkiej i radykalnej reorganizacji taksocenów bezkręgowców, stymulując dramatyczne skoki ewolucyjne w niektórych grupach, takich jak owady wodne. Pojawienie się ekosystemów lądowych z dominacją roślin okrytonasiennych w kredzie, zmieniło charakter gleb i skład chemiczny wód słodkich, prowadząc do eutrofizacji i zaniku typowych paleokompleksów oligotroficznej bioty jeziornej najpóźniej w środkowej kredzie (Zherikhin 1987; Sinitshenkova 2002).

Podczas MLR jętki były jednymi z najbardziej zróżnicowanych bezkręgowców w ekosystemach słodkowodnych. W wyniku zmian ewolucyjnych w tym okresie, Ephemeroptera zaczęły kolonizować wszystkie rodzaje wód płynących. Obecna dominacja reobiontów (80% współczesnych gatunków Ephemeroptera) może wynikać ze zmiany dostępnych siedlisk, z oligotroficznych jezior na wody płynące, około 150–170 mln lat temu. Dynamika zmian jakościowych i ilościowych w składzie systematycznym Ephemeroptera (fale wymierania w mezozoiku), dobrze korelują ze zmianami ewolucyjnymi w biotach słodkowodnych w tym okresie geologicznym (Sroka et al. 2023).

Tak więc, przynajmniej od środkowego triasu, następowało przejście od, często będących jedynymi dominantami, jeziornych kompleksów jętek z uproszczoną strukturą relacji troficznych i niewielką liczbą form ekologicznych, występujących masowo w triasowo-jurajskich Lagerstätte Syberii, Chin i Europy (Sinitshenkova 2002; Sinitshenkova et al. 2005; Sroka & Staniczek 2022; Storari et al. 2022), do wysoce złożonych taksocenów Ephemeroptera o zróżnicowanych formach życiowych, reprezentujących pionierskie taksony reofilne potamalu lub delt rzecznych (Storari et al. 2023; Staniczek et al. 2022; Godunko & Sroka 2024).

Kiedy w 2004 roku rozpocząłem badania nad kopalnymi jętkami mezozoicznymi i kenozoicznymi, wyszedłem z założenia, że ówczesny stan wiedzy o kopalnych jętkach był niedostateczny i nie odpowiadał rzeczywistemu stopniowi ich różnorodności i dywersyfikacji systematycznej. Właśnie pozycja systematyczna większości kopalnych taksonów opisanych do tego czasu wymagała gruntownej analizy. Moje wysiłki ukierunkowane były zarówno na opisy nowych taksonów (Godunko & Sontag 2004; Godunko & Neumann 2006), jak i na rewizję materiału typowego gatunków Ephemeroptera opisanych z eoceńskich bursztynów bałtyckich przez Demoulina (1968, 1970). Dla tego wykorzystaliśmy szeroki zakres cech morfologicznych budowy mesothoraxu, co wcześniej było bardzo rzadko spotykane w opisach paleontologicznych. Pozwoliło to z większą dokładnością ocenić pozycję systematyczną kopalnych przedstawicieli rodzin Heptageniidae, Metretopodidae, Acanthametretopodidae, Acanthametretopodidae, Leptophlebiidae i Baetiscidae. To podejście zastosowaliśmy nie tylko w odniesieniu do inkluzji w żywicach kopalnych, ale także w skamieniałościach kompresyjnych (Sroka et al. 2021; Staniczek et al. 2022; Storari et al. 2023). Dokładne opisanie i zrozumienie budowy morfologicznej larw oraz osobników uskrzydłych, nie tylko doprowadziło do wyjaśnienia pozycji systematycznej wspomnianych wyżej rodzin, ale także pomogło w rekonstrukcji ich relacji filogenetycznych i biogeograficznych (Staniczek et al. 2022; Storari et al. 2023; Godunko & Sroka 2024). Wreszcie, w oparciu o analogie ekologiczne ze współczesnymi przedstawicielami kenozoicznych rodzajów jętek, które są znane również z zapisu kopalnego, wskazaliśmy na obecność zróżnicowanej fauny Ephemeroptera w bursztynie bałtyckim Europy. Oprócz skamieniałości eoceńskich, opisałem także kilka

taksonów mioceńskich Ephemeroptera z bursztynu dominikańskiego (Godunko & Krzemiński 2009; Staniczek et al. 2017).

W latach 2019–2024, jako pracownik Katedry Zoologii Bezkręgowców i Hydrobiologii Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, realizowałem badania kopalnych taksonów jętek, kontynuowałem moje wieloletnie prace mające na celu opisanie głównych trendów ewolucyjnych tej grupy podczas MLR, oraz ewolucji taksonów reofilnych w pierwszej połowie kenozoiku.

Cele i wyniki badań

Nadrzędnym celem mojego osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do wystąpienia z wnioskiem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego było poznanie historii ewolucyjnej i systematyki mezozoicznych i kenozoicznych reofilnych Ephemeroptera przy użyciu klasycznych i innowacyjnych metod badawczych. W obrębie mojego osiągnięcia można wyróżnić dwa cykle tematyczne publikacji:

I. Przestrzenna i czasowa dynamika różnorodności mezozoicznych grup Ephemeroptera podczas kształtowania się taksocenów reofilnych (artykuły: 1, 2, 3, 5, 6).

Celem tych badań było określenie bogactwa taksonomicznego kilku rodzin jętek, przestrzennej i czasowej dynamiki ich występowania w mezozoiku z uwzględnieniem okresów intensyfikacji procesów różnicowania i wymierania, adaptacji stadiów dorosłych i larwalnych, wskazujących na ich możliwą specjalizację reofilną.

II. Dynamika różnorodności kenozoicznych taksocenów reofilnych jętek w eocenie i specyfika ich relacji biogeograficznych (artykuły: 2, 4, 5, 7).

Cel badań obejmował ustalenie poziomu różnorodności taksonomicznej reofilnych Ephemeroptera w europejskim bursztynie eoceńskim, określenie ich pozycji systematycznej oraz relacji filogenetycznych i biogeograficznych opisanych zarówno przy pomocy integratywnych metod badawczych.

Opis osiągnięcia

I. Przestrzenna i czasowa dynamika różnorodności mezozoicznych grup Ephemeroptera podczas kształtowania się taksocenów reofilnych.

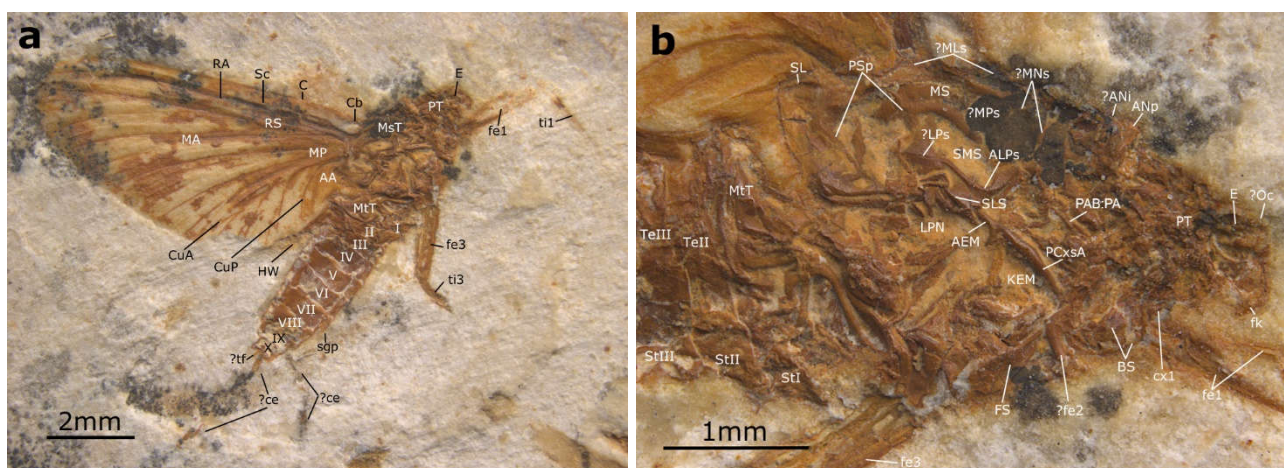
Badania kopalnych skamieniałości Ephemeroptera prowadzone przeze mnie we współpracy z innymi badaczami, a także zbiór danych przeanalizowany we wcześniejszych pracach z moim udziałem, ujawniły kompleksowe procesy ewolucyjne, biogeograficzne i ekosystemowe występujące w ich taksocenach w ciągu całego mezozoiku, zwłaszcza w kredzie. Koncentrując się na analizach dobrze zachowanych skamieniałości kompresyjnych z różnych części Gondwany (*Storari et al. 2022, 2023; Godunko & Sroka 2024*), a także inkluzji jętek w kredowym bursztynie birmańskim (*Godunko et al. 2021*) i nowojorskim (*Staniczek et al. 2022*), dokonałem analizy dynamiki różnorodności Ephemeroptera w tym okresie (*Sroka et al. 2023*). Większość tych badań i opartych na nich publikacji, zawierała opisy nowych kopalnych taksonów Ephemeroptera, a także redeskrypcje wymarłych gatunków na podstawie badań okazów typowych.

W pierwszej kolejności skupiłem się na stosunkowo dobrze zachowanych taksonach w formacji Crato z dolnej kredy Brazylii, które wykazują obecność różnych form ekologicznych larw jętek (i innych owadów wodnych) wskazujących na obecność cenoz lotycznych. Brazylijski basen Araripe z formacją Crato jest jednym z najważniejszych obszarów występowania skamieniałości owadów kredowych. Na początku, we współpracy z brazylijskimi i niemieckimi kolegami, badałem gatunki należące do rodziny Hexagenitidae, która osiągnęła szczególnie rozkwit w kredzie, będąc szeroko rozpowszechniona w Laurazji i Gondwanie i

reprezentowana przez 20 rodzajów (Storari et al. 2022). Skupiłem się na systematyce Hexagenitidae w formacji Crato, ponieważ status wielu tamtejszych taksonów był niejasny, a wcześniejsze diagnozy zaproponowane przez innych badaczy były niekompletne i wymagały doprecyzowania. Uzupełniając te badania oraz wykorzystując wcześniej uzyskane przeze mnie fotografie materiału typowego jętek z Amerykańskiego Muzeum Historii Naturalnej, współtworzyłem opis gatunku *Protoligoneuria heloisae*; okaz ten był wcześniej zaliczany do rodziny Oligoneuriidae (Storari et al. 2022).

Podczas gdy rozpocząłem badania systematyki Hexagenitidae z Crato, pozycja taksonomiczna najmniej zbadanej grupy jętek, znalezionej w tym Lagerstätte i umownie przypisywanej do nadrodziny Siphonuroidea, pozostawała tajemnicą. Moje zainteresowanie wywołał niedawno opublikowany opis nowego monotypowego rodzaju *Astraeoptera* [*A. cretacica* Brandão et al. 2021], nie przypisanego przez autorów do żadnej z istniejących lub wymarłych rodzin. Po otrzymaniu serii oryginalnych zdjęć holotypu od głównego autora tego artykułu, przeprowadziłem dogłębną analizę morfologiczną tego okazu, zakładając na podstawie budowy sternitów brzusznych, że był on samicą. Analiza użyłkowania skrzydeł, a także szczegółów budowy thoraxu wskazały, że takson ten można umieścić w dużej parafiletycznej nadrodzinie Siphonuroidea. Nadrodzina ta jest sztuczna, stanowi zbiór różnych rodzin i rodzajów, które dzielą ze sobą jedynie cechy symplezjomorficzne (Storari et al. 2023 [artykuł 3 osiągnięcia]; Ryc. 1). Oprócz cech morfologicznych, również dane molekularne zaprzeczają monofiletyczności Siphonuroidea. Jednak do tej pory opisano i umieszczono w tej nadrodzinie aż 22 rodzaje jętek, występujących od późnego triasu do eocenu i dlatego analiza pozycji systematycznej tych taksonów jest ważnym zadaniem.

Oczywistym dla mnie było, że przy użyciu standardowego zestawu cech opartego na strukturze użyłkowania skrzydeł, które jest stosunkowo słabo zachowane w holotypie *A. cretacica*, trudno byłoby określić pozycję systematyczną rodzaju *Astraeoptera*. Chociaż *Astraeoptera* nie mogą być przypisane do większości nadrodzin Ephemeroptera, ich przednie skrzydła pod wieloma względami przypominają plezjomorficzne skrzydła Siphonuroidea, z którymi dzielą charakterystyczne pole kubitalne zawierające serię sinusoidalnych, długich żyłek interkalarnych, czasami zakrzywiających się do tylnej krawędzi skrzydła.



Ryc. 1. Nowy dla nauki rodzaj i gatunek *Eosophobia acuta* Storari et al., 2023, holotyp, dorosła samica, MPSC I 7439, Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, Santana do Cariri, Brazylia [ex Senkenberg Museum, Frankfurt, Niemcy]: (a) widok ogólny w pozycji bocznej, skala 2 mm; (b) głowa i thorax w pozycji bocznej, skala 1 mm. Skróty zostały podane i opisane w Storari et al. (2023).

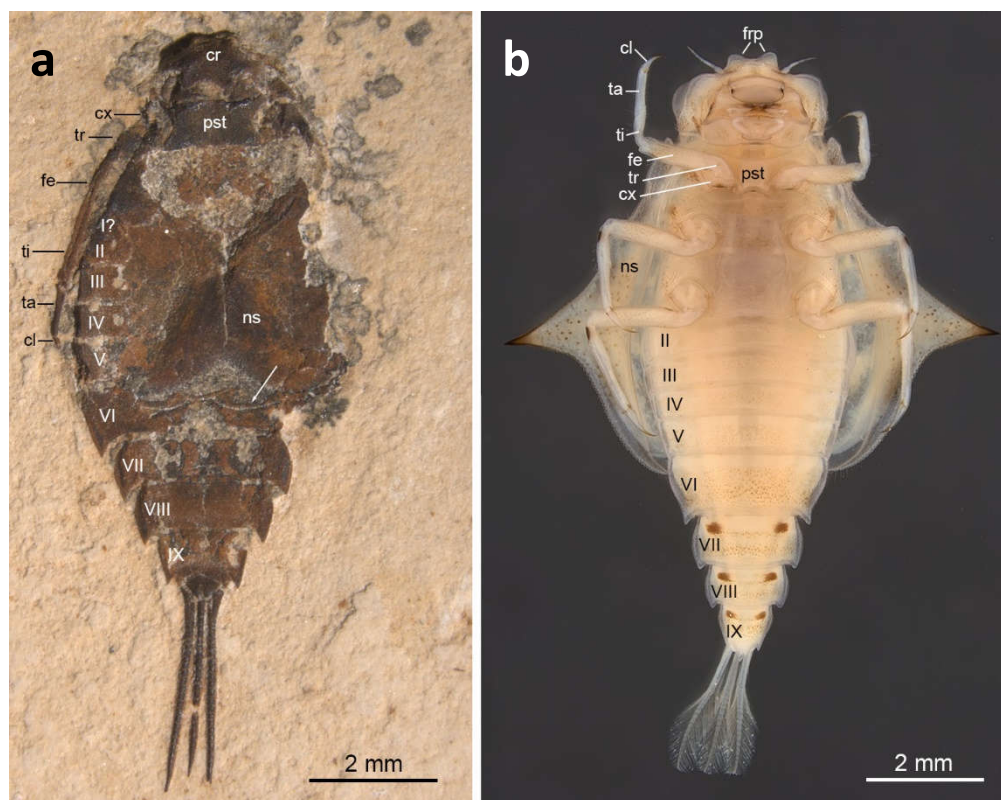
W kolekcjach różnych instytucji naukowych, które odwiedziłem od 2008 roku, znalazłem inne okazy bliskie *A. cretacica* pod względem organizacji użyłkowania przednich skrzydeł. Trzy okazy niewątpliwie tworzą z *A. cretacica* grupę naturalną i odrębną linię filogenetyczną w ramach Siphonuroidea, z unikalnymi

cechami autapomorficznymi, np. specyficznym kształtem thoraxu (Ryc. 1). Udało mi się opisać strukturę thoraxu i żyłkowanie skrzydeł, a na podstawie tych cech, wspólnie z kolegami, opisaliśmy trzy nowe gatunki i jeden nowy rodzaj, oprócz *A. cretatica*. Przy jednoczesnym braku jakichkolwiek cech synapomorficznych umożliwiających przypisanie tej grupy do którejkolwiek innej nadrodziny, ustanowiliśmy nową rodzinę (Astraeopteridae) w obrębie Siphonuroidea, zdając sobie sprawę, że brak kluczowych cech używanych w systematyce Ephemeroptera, wyklucza możliwość analizy kladystycznej.

Wyniki moich dalszych badań Ephemeroptera formacji Crato zostały opublikowane rewizji dotyczącej rodziny Baetiscidae, wspólnie z tym samym zespołem współautorów (*Staniczek et al. 2022 [artykuł 5 osiągnięcia]*). Ogólnym założeniem tego artykułu było zbadanie taksonomii kopalnych gatunków Baetiscidae, głównie z eoceńskiego bursztynu bałtyckiego (więcej szczegółów w punkcie 2). Skorzystałem z tej okazji, aby przedstawić bardziej uogólnioną analizę pozycji systematycznej, różnorodności, biogeografii i filogenezy tej rodziny, opierając się między innymi na ponownym opisie okazów typowych i oraz opisach nowego materiału z kredowej formacji Crato. Do 2022 r. udało mi się odkryć nową skamieniałość, którą powiązałem z nielicznie reprezentowanym podrzędem jętek Posteritorna. Był to jeden dorosły osobnik jętki o nieznaney płci, który miał zaokrąglone tylne skrzydło oraz charakterystyczny dla tego podrzędu wzór użyłkowania przedniego skrzydła. Na podstawie tych cech przyjąłem, że był to pierwszy znaleziony uskrzydłony osobnik Baetiscidae w formacji Crato. To przypuszczenie znalazło również potwierdzenie u wcześniej opisanej larwy *Protobaetisca bechlyi* Staniczek, 2007 w tym samym Lagerstätte. Opisałem dorosłego osobnika, a także redeskrybowałem holotyp larwy *P. bechlyi*, oceniając, że oba okazy należą do jednego gatunku. Oprócz opisów taksonomicznych, doprecyzowałem diagnozę rodzaju *Protobaetisca* i przeprowadziłem krótką rewizję wszystkich taksonów kopalnych z nadrodziny Prosopistomatoidea, opisanych jako skamieniałości kompresyjne z późnego mezozoiku Brazylii i Australii, a także z kredowych i eoceńskich żywic kopalnych z Mjanmy, Ameryki Północnej i Europy (*Staniczek et al. 2022*). Stwierdziłem, że oryginalny opis larwy *Protobaetisca* był nieprecyzyjny w wielu punktach, głównie z powodu błędnej interpretacji pozycji ciała podczas fosylizacji (Ryc. 2). Widoczna część larwy jest reprezentowana przez stronę brzuszną, a nie grzbietową, jak twierdzono w oryginalnym opisie. Moja reinterpretacja pozwoliła na pierwszy opis struktury zachowanych narządów gębowych oraz zawiązków genitaliów. Apomorfia imaginalna Baetiscidae (zaokrąglone tylne skrzydła), w połączeniu z cechami larwalnymi, pozwoliła poszerzyć zestaw cech morfologicznych stosowanych w analizie kladystycznej. Ponadto, znalezienie obu stadiów rozwojowych tego taksonu w tym samym miejscu pozwoliło mi stwierdzić, że jest to najprawdopodobniej autochtoniczny element fauny Crato. Z perspektywy biogeograficznej, uzupełniając wcześniejsze dane o obecności Baetiscidae w eoceńskich żywicach kopalnych Europy (*Godunko & Krzemiński 2009*), potwierdzone znalezisko tej rodziny w kredzie Brazylii (Gondwana) wskazało na jej starsze, prawdopodobnie pangejskie pochodzenie (*Staniczek et al. 2022*).

Badanie systematyki kopalnych Baetiscidae i potwierdzenie ich prawdopodobnego pochodzenia z Pangei, było kontynuowane przeze mnie przy użyciu materiału larwalnego z wczesnej kredy Koonwarra Fossil Bed w Australii (*Godunko & Sroka 2024 [artykuł 1 osiągnięcia]*). Mój kolega i współautor tego artykułu, Pavel Sroka (Institute of Entomology CAS), w 2023 odwiedził Muzeum Wiktorii w Melbourne, gdzie wykonał serię szczegółowych zdjęć materiału jętek z Koonwarra. Otrzymałem od niego m.in. zdjęcia dwóch larw wspomnianych w 1986 roku przez P.A. Jella i P.M. Duncana jako przypuszczalne Siphonuridae. Później, te same larwy zostały zaliczone do Baetiscidae wyłącznie na podstawie kształtu ich ciała. Nie wskazano przy tym żadnych wyraźnych cech wiążących omawiany materiał z tą rodziną. Innym ważnym aspektem, który zwrócił moją uwagę, jest znaczenie prawidłowej identyfikacji pozycji systematycznej materiału australijskiego dla zrozumienia globalnego kontekstu biogeograficznego Baetiscidae, ponieważ jest to niewielka monofiletyczna linia Posteritorna, której współcześni przedstawiciele zachowali się tylko w Ameryce Północnej (*Godunko & Krzemiński 2009*; *Staniczek et al. 2022*; *Godunko & Sroka 2024*).

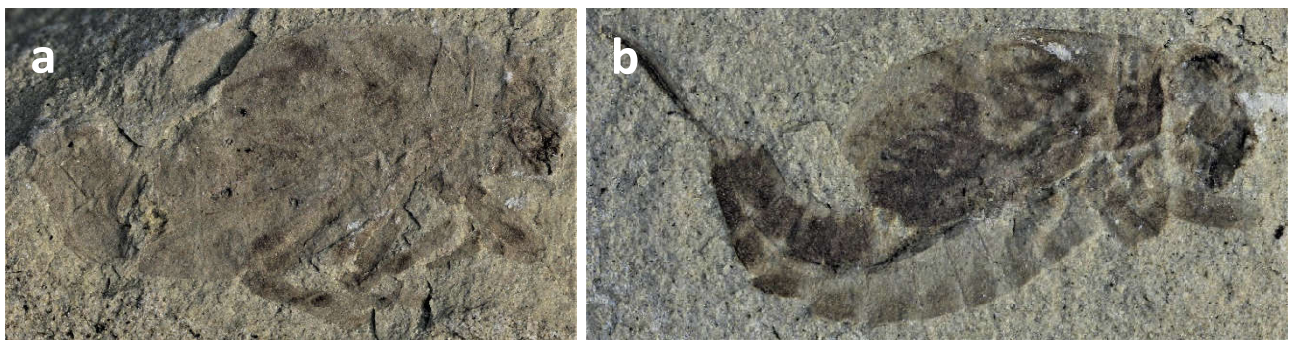
Szczegółowo przeanalizowałem cechy morfologiczne dwóch larw kopalnych z Koonwarra i opisałem zachowane narządy gębowe, szwy i wyrostki masywnej tarczy grzbietowego sklerytu śródtułowia, segmentację odnóży i odwłoka, a także resztki przednich i tylnych skrzydeł oraz skrzelotchawek. Po przeprowadzeniu szczegółowej rekonstrukcji ciała larw, opisałem nowy rodzaj i dwa nowe gatunki, które umieściłem w rodzinie Baetiscidae na podstawie dobrze zachowanej tarczy śródtułowia z umieszczonymi wewnątrz skrzelotchawkami, formą i strukturą żyłkowania przednich i zadnich skrzydeł (Ryc. 3). Wszystkie te cechy są apomorficzne dla Baetiscidae. Ustanowiony nowy rodzaj *Koonwarrabaetisca* dobrze odróżnia się od współczesnego rodzaju *Baetisca* i kredowego *Protobaetisca*. Co ważniejsze, zauważyłem podobieństwa między larwami *Protobaetisca* i *Koonwarrabaetisca* w strukturze sternitów thoraxu, które stanowiły około 1/5 długości ciała, podczas gdy współczesne *Baetisca* zawsze stanowią więcej niż 1/3 tej długości. Ta autapomorficzna cecha pozwoliła mi ustanowić nową podrodzinę dla dwóch mezozoicznych rodzajów z południowej (*Protobaetisca*) i wschodniej (*Koonwarrabaetisca*) Gondwany. Wykorzystując zestaw danych morfologicznych z dodatkiem nowych cech dorosłych i larw Baetiscidae (w tym kopalnego materiału australijskiego), wykazaliśmy, że Protobaetiscinae jest monofiletyczną linią siostrzaną do pozostałych kopalnych (eoceński rodzaj *Balticobaetisca*) i współczesnych (narktyczny rodzaj *Baetisca*) Baetiscinae (Godunko & Krzemiński 2009; Staniczek et al. 2022; Godunko & Sroka 2024).



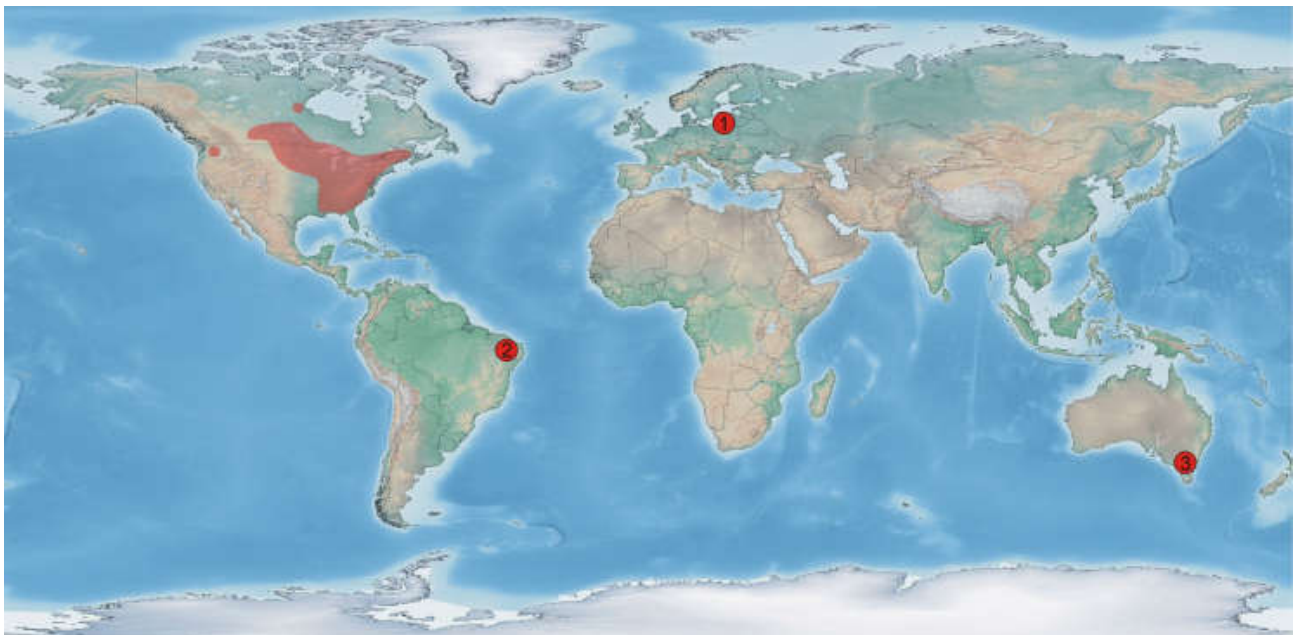
Ryc. 2. Nimfa (a) kopalna *Protobaetisca bechlyi* Staniczek, 2007 (holotyp, dolna kreda, formacja Crato, holotyp, SMNS 66620) i (b) współczesna *Baetisca rogersi* Berner, 1940, (USA, coll. SMNS). Skróty zostały podane i opisane w **Staniczek et al. (2022)**. Skala 2 mm; (a) i (b) ciało nimf w pozycji brzusznej.

W oparciu o informacje o tafonomii materiałów ze złoża Koonwarra i morfologicznej strukturze *Koonwarrabaetisca*, wysunąłem hipotezę, że larwy mogą reprezentować allochtoniczny element dla wód płynących. Niewykluczone, że larwy mogły być aktywne w cenozach litoralnych potoków lub rzek bogatych w rośliny wodne i detrytus.

Wreszcie, podsumowując analizę różnorodności oraz przestrzennej i czasowej dywersyfikacji Baetiscidae, zwróciłem uwagę na istotne dowody przemawiające za wcześniejszym pochodzeniem tej rodziny, która mogła wyodrębnić się około 200 mln lat temu, przed rozpadem Pangei. Dane dotyczące historycznej biogeografii Baetiscidae dobrze korelują z analizami kladystycznymi, sugerując, że oddzielenie Baetiscinae i Protobaetiscinae jest wydarzeniem wikariantnym, związanym z rozpadem Pangei na Laurazję i Gondwanę w jurze. Opierając się na moim wieloletnim doświadczeniu z kopalnymi taksonami Ephemeroptera, podałem również przykład innej małej rodziny amfinotycznej, mianowicie Ameletopsidae, o współczesnym rozmieszczeniu ograniczonym do Australii, Nowej Zelandii i chilijsko-patagońskiego regionu Ameryki Południowej, ale także z kopalnymi taksonami mezozoicznymi w kredzie Australii, miocenie Europy i miocenie Republiki Dominikańskiej, jako rodzinę o pochodzeniu pangejskim (Ryc. 4; **Godunko & Sroka 2024**).



Ryc. 3. Nimfa (a) kopalna *Koonwarrabaetisca duncani* Godunko & Sroka, 2024 (holotyp, dolna kreda, Koonwarra Fossil Bed, P103209A) i (b) kopalna *Koonwarrabaetisca jelli* Godunko & Sroka, 2024 (holotyp, dolna kreda, Koonwarra Fossil Bed, P103210A) (**Godunko & Sroka 2024**). Bez skal; (a) i (b) ciało nimf w pozycji bocznej.



Ryc. 4. Mapa przedstawiająca światowe rozmieszczenie współczesnych i kopalnych Baetiscidae. Stanowiska kopalne oznaczone jako ponumerowane czerwone kropki: (1) bursztyn bałtycki; (2) Crato Formation; (3)

Koonwarra Fossil Bed. Jasnoczerwony obszar i kropki w Ameryce Północnej reprezentują rozmieszczenie współczesnych gatunków (*Godunko & Sroka 2024*).

W środkowej kredzie reofilna fauna jętek była już dobrze rozwinięta i liczna w gatunki oraz szeroko rozpowszechniona w Laurazji i Gondwanie (*Sroka et al. 2023*). Badając zapis kopalny z Koonwarra w Australii i stwierdzając obecność w tym miejscu taksonów o widocznie pangejskim pochodzeniu, podkreśliliśmy rolę Wschodniej Gondwany jako ważnego centrum biogeograficznego. Wydarzenia poprzedzające rozpad Wschodniej Gondwany, który rozpoczął się około 135–130 mln lat temu, miały inny ważny etap, wpływający na ewolucję i dzisiejszy obraz różnorodności Ephemeroptera, głównie w regionie Orientalnym. Wiązało się to z aktywnym transferem biotycznym we Wschodniej Gondwanie w granicach Płyty Indyjskiej, Terranu Birmańskiego, Wielkiej Indii, Sri Lanki i Madagaskaru z jednej strony, oraz Australii [plus Antarktydy] z drugiej. Taka wymiana biotyczna była, najprawdopodobniej możliwa już we wczesnej kredzie, jednak nie później niż 135 mln lat temu (*Godunko et al. accepted*).

Dobrze zachowana i udokumentowana fauna jętek z bursztynu birmańskiego daje możliwość rekonstrukcji reofilnych taksocenów kredy, jak również kształtowania się ich różnorodności na obszarze regionu Orientalnego, z udziałem Wschodniej Gondwany od południowego zachodu (Terran Birmański) i Laurazji od północnego wschodu. W kolekcji Państwowego Muzeum Historii Naturalnej w Stuttgarcie (w 2019 r.) znalazłem dwie inkluzje dorosłego samca i samicy w bursztynie birmańskim, które zaliczyłem do nadrodziny Ephemerelloidea (*Godunko et al. 2021 [artykuł 6 osiągnięcia]*). Ponieważ znaleziska kopalne Ephemerelloidea są bardzo nieliczne, a istniejące okazy często należą do innych nadrodzin (np. wyniki naszych analizy w pracy *Staniczek et al. 2018*), opisy dobrze zachowanych taksonów z bursztynu birmańskiego są bardzo ważne.

Na podstawie synapomorfii w budowie skrzydeł tylnych, a także innych cech osobników dorosłych, zaliczyłem okazy birmańskie do rodziny Vietnamellidae, ale ustanowiłem nowy rodzaj kopalny *Burmella*. Rodzina Vietnamellidae jest charakterystycznym współczesnym elementem fauny, z 9 gatunkami jednego rodzaju *Vietnamella* w regionie orientalnym, w tym na Półwyspie Indyjskim (*Godunko et al. 2021*). Zrekonstruowałem szczegóły żyłkowania skrzydeł i thoraxu u *Burmella*, które dobrze korelują ze współczesnymi *Vietnamella*. Opisałem również budowę genitaliów samca, opisanego jako *Burmella paucivenosa* Godunko et al., 2021, które mają plezjomorficzną strukturę z obecnością 4-segmentowych przydatków odwłokowych, w przeciwieństwie do pozostałych Vietnamellidae i Ephemerelloidea z trzysegmentowymi szczypcami (*Staniczek et al. 2018; Godunko et al. 2021*). Kopalna samica została przeze mnie opisana jako inny nowy gatunek – *B. clypeata* Godunko et al., 2021, ze względu na unikalną apomorfie – obecność rozszerzonej tarczy klypealnej na głowie. Znalezienie *Burmella* w bursztynie birmańskim o wieku około 100 mln lat wskazuje na zaskakująco dawny wiek Vietnamellidae, jednocześnie podkreślając, że główne dywergencje w obrębie Ephemerelloidea mogły nastąpić wcześniej niż oczekiwano (*Staniczek et al. 2018*).

Odkrycie kopalnych Vietnamellidae w bursztynie z Mjanmy, z jednej strony umożliwia pochodzenie tej grupy jako endemicznego elementu Orientalnego regionu biogeograficznego (*Godunko et al. 2021*). Z drugiej strony, analiza relacji filogenetycznych tej rodziny i bliskich jej australijskich Austremerellidae wskazuje, że obie grupy są bazalne w stosunku do innych Ephemerelloidea, oddzielonych prawdopodobnie bardzo wcześnie od gałęzi laurazjatyckiej. W takim przypadku, obie grupy bazalne muszą być częścią fauny wschodniogondwańskiej, powstałej w wyniku wikariancji (i) oddzielenia się przodka Vietnamellidae+Austremerellidae od gałęzi laurazjatyckiej przed rozpadem Gondwany; (ii) izolacji przodków Vietnamellidae i Austremerellidae spowodowanej rozpadem wschodniej Gondwany, a następnie migracji Vietnamellidae w okresie kredy poprzez Terran Birmański, wykorzystując go jako „biotyczny prom” (obok subkontynentu Indyjskiego), wraz z innymi taksonami bezkręgowców wędrującymi ze wschodniej Gondwany do Azji (*Godunko et al. accepted*).

Kolejna część mojego osiągnięcia dotyczy kompleksowej analizy fluktuacji różnorodności kopalnych Ephemeroptera w czasie. Analiza ta opiera się na danych o taksonach kopalnych zebranych, zarówno przeze mnie, jak i ze wszystkich opublikowanych źródeł. Moja część pracy w tym opracowaniu polegała, m.in., na ustaleniu aktualnej liczby rekordów kopalnych, z pominięciem synonimii, błędów czy powtórzeń na ich podstawie, oraz weryfikacji poprawności pozycji systematycznej. Tak dopracowany rozszerzony zestaw danych został przeanalizowany metodami opartymi na modelu bayesowskim bazującym na uwzględnieniu „czasowej tendencyjności zachowania” [temporal preservation biases]. Podejścia te pozwoliły zidentyfikować okresy wysokiej dywersyfikacji lub wymierania, oraz poszukiwać korelacji z parametrami geologicznymi i ekologicznymi (*Sroka et al. 2023 [artykuł 2 osiągnięcia]*).

Pracując w latach 2014-2019 w ramach stypendiów przyznanych przez Fundację Alexandra von Humboldta w Państwowym Muzeum Przyrodniczym w Stuttgarcie, skupiłem się na okresie kredy jako czasie znaczącej reorganizacji i modernizacji ekosystemów słodkowodnych oraz Ephemeroptera, jako ich typowego składnika. Mezozoiczna Rewolucja Jeziorna, jak stwierdzono we wstępnej części osiągnięcia habilitacyjnego, przyciągnęła moją uwagę jako etap globalnego przejścia Ephemeroptera od taksocenów typu jeziornego do stabilnych i dobrze prosperujących zgrupowań jętek reofilnych, które dominują od późnej kredy do dnia dzisiejszego (*Sroka et al. 2023*).

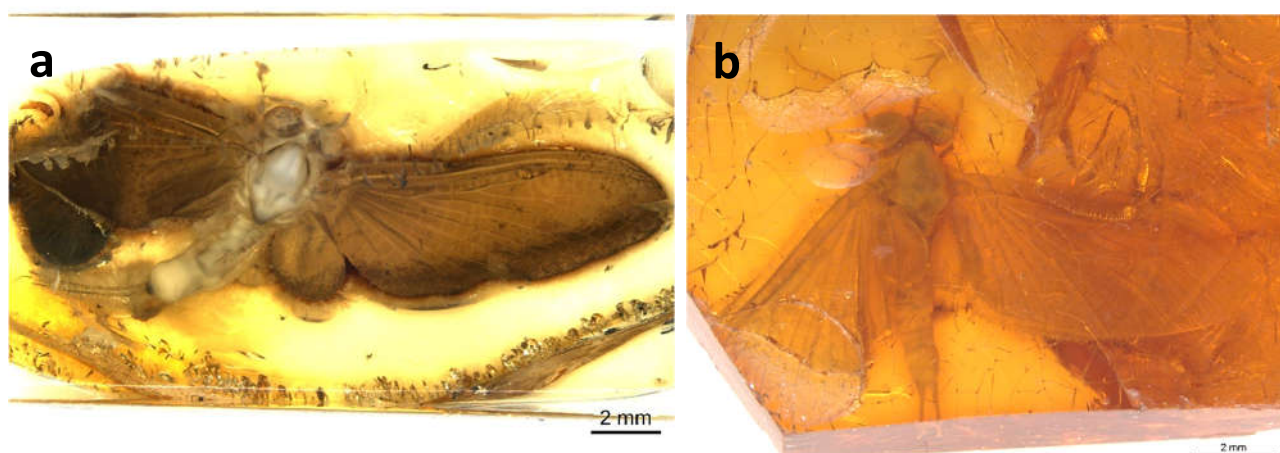
Ogólna dynamika ewolucji ekosystemów słodkowodnych wraz z zanikiem dużych oligotroficznych jezior pod wpływem szybkiego różnicowania się roślin okrytozalążkowych, dobrze koreluje z dynamiką specjacji i wymierania Ephemeroptera w mezozoiku (*Sroka et al. 2023*). Stwierdzono, że chociaż istnieją pewne wyraźne fluktuacje w różnorodności jętek na granicy permu-triasu, triasu-jury, które korelują z ogólnymi trendami w globalnych kryzysach biotycznych, to w środkowej kredzie doszło do kolejnego wymierania jętek. Ponieważ główna reorganizacja biotyczna w kredzie była związana z pojawieniem się i rozkwitem roślin okrytozalążkowych, oraz, wynikającą z tego zmianą globalnej biogeochemii ekosystemów wodnych, powiązaliśmy wymieranie jętek w połowie kredy z tym procesem. Podczas opracowania koncepcji tych badań w latach 2014–2019 podkreśliłem, że Ephemeroptera są jedną z niewielu grup owadów wodnych, które szczególnie wrażliwie zareagowały na te zmiany, wymierając w szybkim tempie. Tylko przejście jętek do ekosystemów lotycznych, z następującą dominacją form reofilnych, pozwoliło na spowolnienie procesów wymierania i przyspieszenie specjacji pod koniec kredy i przez cały kenozoik, co umożliwiło utrzymanie ich różnorodności na wysokim poziomie (*Sroka et al. 2023*).

II. Dynamika różnorodności kenozoicznych taksocenów reofilnych jętek w eocenie i specyfika ich relacji biogeograficznych.

To osiągnięcie składa się z publikacji podsumowujących moje badania nad systematyką, filogenezą i biogeografią historyczną trzech rodzin jętek, na podstawie stadiów imaginalnych. Badania dwóch z nich, Baetiscidae i Metretopodidae, rozpocząłem 15 lat temu.

Najpierw, wspólnie z prof. W. Krzemińskim (ISEZ PAN), po raz pierwszy opisaliśmy dorosłego samca (*Balticobaetisca stuttgartia*), z eoceńskiego bursztynu bałtyckiego, zaliczając go do wcześniej monotypowego rodzaju *Balticobaetisca* Staniczek, 2002 (*Godunko & Krzemiński 2009*). Odkrycie to pozwoliło na znaczne poszerzenie cech diagnostycznych skamieniałości *Balticobaetisca*, a także opisanie dodatkowych cech wskazujących, że *Balticobaetisca* należy do rodziny Baetiscidae. W miarę gromadzenia nowego materiału kopalnego z kredy brazylijskiej i bursztynu bałtyckiego, wraz z kolegami z Niemiec i Brazylii, rozpocząłem prace nad rewizją materiału kopalnego Baetiscidae (*Staniczek et al. 2022*). Podstawą tej rewizji, a następnie analiz kladystycznych kopalnych i współczesnych przedstawicieli Baetiscidae był m.in. opis na podstawie dwóch subimages samców, kolejnego gatunku z rodzaju *Balticobaetisca* (*Staniczek et al. 2022 [artykuł 5 osiągnięcia]*; Ryc. 5). Stwierdziłem szereg cech w budowie genitaliów samców (m.in. kształt penisa i segmentacja przydatków odwłokowych samców), które pozwoliły mi odróżnić ustalony gatunek *B. bispinata*,

od wcześniej opisanego kopalnego gatunku *B. stuttgartia*, oraz wszystkich współczesnych przedstawicieli rodziny Baetiscidae, należących do wyłącznie północnoamerykańskiego rodzaju *Baetisca*. Ponieważ thorax obu okazów typowych *B. bispinata* był dobrze zachowany, doprowadziło to zdefiniowania wiarygodnej diagnozy dla całego rodzaju. Analiza kladystyczna przeprowadzona przez mnie w 2022 r. i powtórzona w 2024 r., wykazała monofiletyzm kopalnych *Balticobaetisca* w stosunku do wszystkich współczesnych Baetiscidae (*Staniczek et al. 2022; Godunko & Sroka 2024*). W celu porównania trzech kopalnych gatunków *Balticobaetisca*, opracowałem tabelę cech morfologicznych uskrzydłych osobników obu płci, która liczy 36 cech (*Staniczek et al. 2022*). Później (*Godunko & Sroka 2024*), znacznie rozszerzyłem tę tabelę jako formę prezentacji i porównania wyników analizy morfologicznej, uzupełniając ją o cechy larwalne u tych taksonów, dla których zostały one opisane oraz włączając, oprócz eoceńskiego rodzaju *Balticobaetisca*, kredowe rodzaje *Protobaetisca* i *Koonwarrabaetisca*, a także współczesne *Baetisca*.



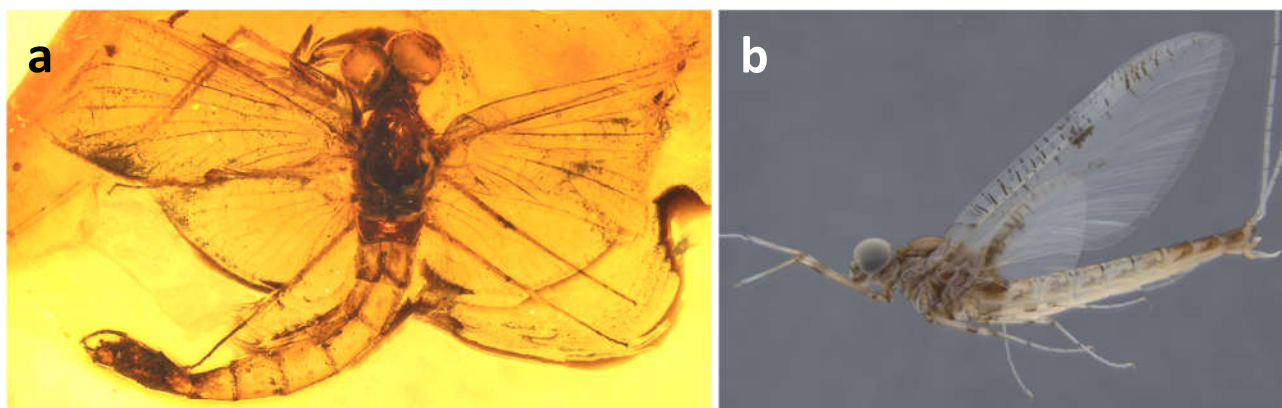
Ryc. 5. *Balticobaetisca bispinata* Staniczek et al., 2022; (a) holotyp, subimago samca, bursztyn bałtycki (eocen), CCHH, BaB 1373/1; (b) paratyp, subimago samca, bursztyn bałtycki (eocen), SMF Be 411; skala 2 mm; ciało samców w pozycji grzbietowej (*Staniczek et al. 2022*).

Druga rodzina, Metretopodidae, stała się przedmiotem moich badań po rewizji okazów typowych jętek w kolekcji Muzeum Historii Naturalnej w Berlinie. Są to najstarsze gatunki kopalnych jętek z eoceńskiego bursztynu bałtyckiego, opisane w 1856 r. przez F.J. Pictet-Barabana i H. Hagen. Kilka okazów zostało opisanych jako *Palingenia macrops*. Ponad 100 lat później kolekcja ta była badana przez G. Demoulina (1968), który ustalił, że wszystkie okazy z serii typowej należą do rodzaju *Siphloplecton*, obecnie szeroko rozpowszechnionego tylko w Ameryce Północnej. Nie znalazłem jednak wystarczających argumentów dla takiej identyfikacji rodzajowej w redescrypcjach G. Demoulina i aby ją potwierdzić, w latach 2004 i 2008 ponownie zbadałem wszystkie okazy Ephemeroptera zachowane w bursztynie i przechowywane w Berlinie, w tym gatunki opisane w XIX wieku, a także taksony „stare” i nowe opisane w XX wieku przez wspomnianego wyżej autora (*Godunko et al. 2019 [artykuł 7 osiągnięcia]*).

Moim celem było znalezienie i opisanie dodatkowych cech morfologicznych, które wiarygodnie wskazują na przynależność systematyczną gatunków kopalnych. Do takich cech dorosłych osobników należy, m.in., budowa thoraxu, a konkretnie mesothoraxu. Jak wykazał N. J. Kluge (2004), struktura szwów thoraxu jest wiarygodną cechą diagnostyczną na poziomie rodzin i rodzajów dla większości linii filogenetycznych Ephemeroptera. Znaczenie struktury thoraxu dla badań kopalnych jętek jest ogromne. Jako najbardziej schitynizowana część ciała, zachowuje się dobrze podczas fosylizacji w żywicach kopalnych i, w pewnych warunkach, w niektórych skamieniałościach kompresyjnych. W wyniku rewizji okazów typowych rodzaju *Siphloplecton* (Metretopodidae), potwierdziłem poprawność zdefiniowania tego rodzaju. Okazało się jednak,

że fauna kopalna tego rodzaju jest znacznie bardziej zróżnicowana niż wcześniej zakładano (Staniczek & Godunko 2012, 2016) (Ryc. 6). Po przeanalizowaniu cech morfologicznych samców i samic, opisałem kilka gatunków nowych dla nauki. Okazy te albo stanowiły część serii typowych wcześniej opisanych gatunków a bardziej szczegółowe badanie pomogło zarówno prawidłowo i wiarygodnie rozróżnić te taksony, jak i opisać kolejne gatunki na podstawie nowych materiałów. Co więcej, zastosowanie szerszego zakresu cech morfologicznych, uzasadniło wyodrębnienie nowych gatunków zarówno wśród wcześniej znanych kopalnych, jak i współczesnych przedstawicieli *Siphloplecton* (Godunko et al. 2019).

W wyniku tych badań stwierdzono, że fauna kopalna Metretopodidae, ale także innych blisko spokrewnionych rodzin, zachowana w bursztynie bałtyckim jest bardzo bogata i zróżnicowana. Najbardziej znaczącymi przykładami są znaleziska w bursztynie bałtyckim rodzajów ze współczesnymi gatunkami występującymi wyłącznie w Nearktyce (Stany Zjednoczone i Kanada). Oprócz *Siphloplecton*, znalazłem i byłem współautorem opisu pierwszego kopalnego przedstawiciela rodzaju *Analetris*, który był ustanowiony dla jedyne go północnoamerykańskiego współczesnego gatunku *Analetris eximia* Edmunds, 1972 (Acanthametropodidae) (Godunko & Kłowska-Olejnik 2006). Z bursztynu bałtyckiego wykazaliśmy rodzaj *Metretopus* (Metretopodidae) reprezentowany obecnie przez trzy współczesne gatunki holarktyczne (Staniczek & Godunko 2015). Wreszcie, inny holarktyczny rodzaj, *Ameletus*, również był odnotowany z eocenu Europy na podstawie pojedynczego znaleziska w bursztynie bałtyckim (Godunko et al. 2008). Jednocześnie, rodzina Ameletidae liczy trzy rodzaje w bursztynie bałtyckim, z których już dwa wymarły (Godunko & Neumann 2006; Godunko et al. 2008; Sroka et al. 2023).

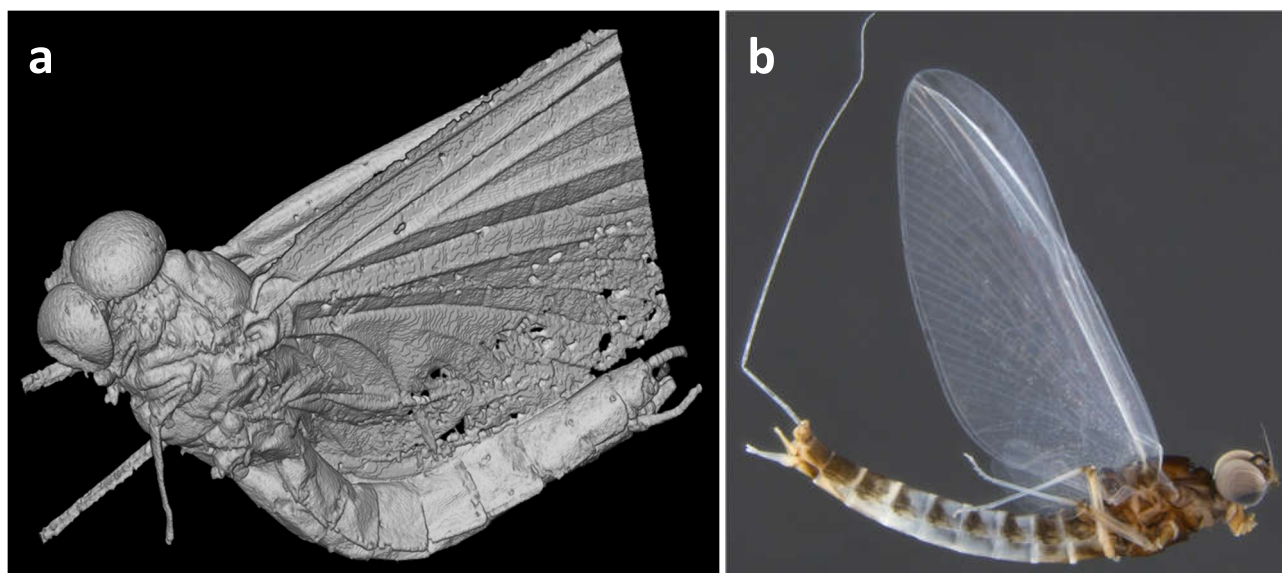


Ryc. 6. Kopalny *Siphloplecton demoulini* Staniczek & Godunko, 2012; (a) holotype, imago samca, bursztyn bałtycki (eocen), MNHN Nr 4672; (b) współczesny *Siphloplecton interlineatum* (Walsh, 1863), imago samca, USA. Ciało samców w pozycji bocznej; bez skali (Staniczek & Godunko 2012).

Tym samym, w wyniku moich badań i serii prac opublikowanych na ich podstawie od 2006 r., wykazano znaczne zróżnicowanie taksonomiczne rodzin umownie łączonych w nadrodzinę Siphonuroidea (zob. też (Storari et al. 2023 [artykuł 3 osiągnięcia]), a także wyraźne związki biogeograficzne między eoceńską fauną kopalną a współczesnymi taksonami Holarktyki i Nearktyki. Niewątpliwie wszystkie jętki z bursztynu bałtyckiego, choć opisywane na podstawie osobników dorosłych, należały w stadium larwalnym do reofilnego komponentu paleofauny (Godunko & Kłowska-Olejnik 2006; Godunko & Neumann 2006; Godunko et al. 2008; Staniczek & Godunko 2012, 2015, 2016; Godunko & Staniczek 2019; Sroka et al. 2023; Storari et al. 2023).

W niektórych przypadkach, pomimo stosunkowo dobrego zachowania ciała kopalnych owadów w bursztynie, badanie ich cech morfologicznych może być skomplikowane. Przyczynia się do tego zarówno niekorzystne ułożenie ciała kopalnego owada w bursztynie, jak i obecność w żywicy różnych wtrąceń, cząstek

roślin lub innych owadów, detrytusu, pęknięć i nagromadzeń żywicy. Wszystko to prowadzi do trudności w określeniu pozycji systematycznej kopalnych taksonów, a ostatecznie do błędnych wniosków. W takich przypadkach zastosowanie innowacyjnego podejścia do badania takich materiałów może rozwiązać szereg ważnych problemów np. w systematyce i filogenezie. Obecnie, powszechnie stosowaną techniką obrazowania struktur morfologicznych jest tomografia komputerowa, a następnie rekonstrukcja modelu 3D. Przed naszymi badaniami tylko dwa razy zastosowano taką technikę dla jętek a tylko raz dla kopalnych Ephemeroptera z dominikańskiego bursztynu miocenińskiego, jednak nie w celu opisanie nowych taksonów. Zaproponowałem opisanie po raz pierwszy nowego gatunku jętki (rodzina Leptophlebiidae) z bursztynu bałtyckiego, opierając się głównie na wynikach skanowania mikro-CT szczegółów ważnych z punktu widzenia systematyki jętek (**Godunko et al. 2022 [artykuł 4 osiągnięcia]**). Prace prowadzone były w dwóch etapach. W 2015 r. w zbiorach Państwowego Muzeum Historii Naturalnej w Stuttgarcie odnalazłem dorosłego samca Leptophlebiidae, którego budowa skrzydeł była zbliżona do podrodziny Calliarcynae. Niemożliwe było jednak określenie przynależności rodzajowej tego okazu, ponieważ genitalia były słabo widoczne w projekcji brzusznej. Jeden z moich kolegów zeskanował ten okaz i zrekonstruował struktury tułowia, skrzydeł i innych części ciała w modelu 3D (Ryc. 7).



Ryc. 7. Kopalny *Calliarcys antiquus* Godunko et al., 2022; (a) m-CT rekonstrukcja ciała, holotype, imago samca, bursztyn bałtycki (eocen), BB 2515; (b) współczesny *Calliarcys van* Godunko & Bauernfeind, 2015; paratype, imago samca, bursztyn bałtycki (eocen), CCHH, BaB 1373/1; (b) paratype, imago samca, Turcja, IE BC CAS. Ciało samców w pozycji bocznej; bez skali (**Godunko et al. 2022**).

Badając okaz przy użyciu klasycznych metod i analizując obrazowania 3D, zidentyfikowałem samca jako pierwszego kopalnego przedstawiciela rodzaju *Calliarcys*, który znany był z dwóch współczesnych gatunków i specyficznego dysjunktywnego areału obejmującego tylko kilka stanowisk we wschodniej Turcji, a następnie tylko w północnej Portugalii i Hiszpanii (**Godunko et al. 2015, 2022**) (Ryc. 7). Przedstawiłem argumenty przemawiające za rodzajową przynależnością gatunku kopalnego, opisałem go i zilustrowałem, a także zaproponowałem szczegółową tabelę cech morfologicznych osobników dorosłych wszystkich znanych gatunków *Calliarcys*. Sporządziłem również krótki przegląd kopalnych okazów całej rodziny Leptophlebiidae, ze szczególnym uwzględnieniem taksonów eoceni z bursztynu bałtyckiego.

Wreszcie, w drugim etapie, wspólnie z kolegami z UŁ udało nam się uzyskać dane molekularne *Calliarcys humilis* Eaton, 1881 z Półwyspu Iberyjskiego na podstawie świeżego materiału współczesnych

Calliarcys. Przeprowadzono również analizę luki barkodowej (DNA barcode gap analysis) dla podrodzin Leptophlebiinae i Habrophlebiinae (**Godunko et al. 2022**). Gatunek kopalny *Calliarcys antiquus* Godunko et al., 2022 (Ryc. 7), podobnie jak wszyscy współcześni przedstawiciele rodzaju i rodziny Leptophlebiidae, był najprawdopodobniej przedstawicielem reofilnej fauny eoceńskiej.

Wracając do charakterystyki fluktuacji różnorodności jętek na granicy mezozoiku i kenozoiku, a także przez większość kenozoiku, nie odnotowaliśmy tak znaczącej intensyfikacji wymierania Ephemeroptera, jak miało to miejsce w wyniku kryzysu permsko-triasowego czy w kredzie środkowej (**Sroka et al. 2023 [artykuł 2 osiągnięcia]**). Przeanalizowany przeze mnie, na potrzeby niniejszej pracy (**Sroka et al. 2023**), zbiór taksonów kopalnych wykazał, że przeważająca liczba opisanych Ephemeroptera od późnej kredy do miocenu składała się z osobników dorosłych [uskrzydłonych], które najczęściej zachowały się jako inkluzje w bursztynie. Jednocześnie, wyraźnie widoczny jest deficyt znalezisk larwalnych, co trudno tłumaczyć brakiem potencjalnie odpowiednich miejsc fosylizacji, gdyż istnieje kilka późnokredowych i kenozoicznych stanowisk z dobrze zachowanymi kopalnymi okazami innych grup owadów, w tym wodnych (**Sroka et al. 2023**).

Po wymieraniu w połowie kredy związanym z MLR, jako częścią globalnego procesu restrukturyzacji biomu spowodowanego intensywnym różnicowaniem się roślin okrytozalążkowych, odnotowaliśmy prawie całkowity brak kopalnych larw Ephemeroptera w przeciągu prawie 100 milionów lat. Jednak, nawet przy zauważalnym braku kopalnych larw, różnorodność taksonów jętek generalnie nie spadła. Wskazałem wcześniej, że wszystkie znane nam taksony kopalne w stadium imago i subimago, zaczynając od późnej kredy, reprezentowane są przez reofilne rodziny i rodzaje we współczesnej faunie, co sugeruje reofilną specjalizację form mezozoicznych i kenozoicznych (**Godunko & Sroka 2024**). Obligatoryjnie wodne larwy Ephemeroptera są fosylizowane głównie in situ, w osadach ich siedlisk wodnych. W przypadku taksonów mezozoicznych są to liczne osady jeziorne lub lagunowe z dobrze zachowaną fauną, w przeciwieństwie do taksonów rzecznych z późnej kredy i kenozoiku, które są zachowane tylko fragmentarycznie jako rzadkie okazy allochtoniczne (**Sroka et al. 2023**).

Podsumowanie osiągnięcia

Moje badania koncentrują się na wykorzystaniu klasycznych i nowoczesnych metod w systematyce, filogenezie i biogeografii historycznej mezozoicznych i kenozoicznych jętek. Badania przedstawione w osiągnięciu, po raz pierwszy wskazują na wysoki poziom różnorodności kopalnych taksonów Ephemeroptera, stanowiących reofilny składnik ekosystemów lotycznych przez co najmniej 100–120 mln lat. Fluktuacje różnorodności bioty słodkowodnej w mezozoiku są związane z ewolucją roślin kwiatowych, czego dobrym przykładem są jętki. Analizy tych zmian wykazały wyraźne wymieranie Ephemeroptera podczas średniej kredy. Ta grupa owadów, dobrze prosperująca w oligotroficznym ekosystemach jeziornych, została zmuszona do ich opuszczenia i przystosowania się do życia w wodach płynących, zachowując kwasolubność oraz ewoluując w kierunku reofilności, w przypadku większości linii filogenetycznych. Taksony z rodzin Astracopteridae i Baetiscidae z formacji Crato w Brazylii i kredowe Baetiscidae z Australii, opisane i redeksybowane przeze mnie, mogą reprezentować pionierskie taksony reofilnych społeczności dolnych (deltowych) odcinków rzek. Natomiast, już w bursztynie birmańskim ze środkowej kredy widać wyraźną dominację komponentu lotycznego, w tym opisanego przez nas rodzaju *Burmella*. W kenozoiku, wszystkie badane przez nas taksony miały najwyraźniej reofilne larwy. Współcześni przedstawiciele rodzin i rodzajów znalezionych w eoceńskich smoltach Europy są w stadium larwalnym typowymi mieszkańcami rzek i strumieni. Ponadto, wykazałem związek między kopalną fauną bursztynu bałtyckiego a współczesną fauną Ephemeroptera Ameryki Północnej. Niektóre z opisanych taksonów kopalnych nie występują obecnie w ogóle w Europie, a spotykane są wyłącznie w Nearktyce. Inne gatunki kopalne należą do rodzajów holarktycznych. Ponieważ osobniki dorosłe kopalnych jętek zachowanych jako inkluzje bursztynowe, mają najczęściej dobrze zachowaną strukturę thoraxu, zacząłem szeroko wykorzystywać jego cechy morfologiczne do określenia

prawidłowej pozycji systematycznej zarówno wcześniej opisanych, jak i nowych taksonów. Ponownie opisując ważne historyczne kolekcje, ustaliłem, że rzeczywisty poziom różnorodności eoceńskiej fauny Ephemeroptera jest znacznie wyższy niż zakładano.

W ten sposób wyniki moich badań i zespołów, w których pracowałem, wniosły istotny wkład w zrozumienie ewolucji różnorodności Ephemeroptera w mezozoiku i kenozoiku. Wszystkie badania zawarte w moim osiągnięciu zostały opublikowane w uznanych czasopismach naukowych, zawierając ważne i pionierskie odkrycia dla zrozumienia ewolucji różnorodności poszczególnych grup jętek.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Najważniejsza działalność naukowa poza Uniwersytetem Łódzkim

Swoją działalność naukową rozpocząłem w Ukrainie, gdzie po ukończeniu studiów doktoranckich w Państwowym Muzeum Przyrodniczym Narodowej Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie (2000), kontynuowałem pracę w tej placówce na różnych stanowiskach, od technika do starszego pracownika naukowego (starszy badacz). Początkowo, moja praca naukowa dotyczyła badań ekologii i różnorodności współczesnych zespołów kompleksu EPT (Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera) rzek w Karpatach Ukraińskich, a także oceny jakości ekosystemów wodnych przy użyciu wskaźników różnorodności fauny i indeksów biotycznych. Badając endemiczny składnik EPT Karpat Ukraińskich, od 2001 roku aktywnie współpracowałem z naukowcami z Uniwersytetu Jagiellońskiego, Instytutu Ochrony Przyrody PAN oraz Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN w Krakowie, gdzie odbyłem liczne staże, oraz publikując wspólne artykuły z naukowcami z tych instytucji. W tym okresie zorganizowałem i przeprowadziłem kilka wspólnych polsko ukraińskich ekspedycji w różne regiony Karpat, a zebrane materiały zostały dodane do kolekcji tych organizacji partnerskich.

Równolegle do tych działań, począwszy od 2001 roku, poświęciłem więcej uwagi taksonomii i nomenklaturze jętek. Ostatecznie, w 2004 r. opisałem pierwszy kopalny gatunek jętki z bursztynu bałtyckiego. Równolegle, jako kurator kolekcji entomologicznej, a później główny kustosz muzeum we Lwowie, w swoich badaniach poświęciłem wiele uwagi naukowemu opracowaniu i opisowi historycznie ważnych kolekcji owadów amfibiotycznych. Opublikowałem szereg prac naukowych opartych na badaniach zbiorów M. Łomnickiego, J. Mikulskiego, J. Dziędzielewicza, M. Nowickiego, F. Klapáleka, J. Šámal i R. Sowy, podczas licznych wizyt w muzeach Warszawy, Krakowa, Wiednia i Pragi. W tym samym celu, w latach 2004 i 2008, pracowałem w zbiorach Muzeum Historii Naturalnej w Berlinie, redeskrybując kopalne typy jętek eoceńskich i kredowych. W 2012 r. opracowywałem Ephemeroptera z Jury Niemieckiej. Liczne wizyty i długoterminowe stypendia połączyły moją pracę z muzeami w Stuttgarcie, Frankfurtu i Hamburgu. W nich przeprowadziłem ważne badania nad różnorodnością oraz przestrzennym i czasowym zróżnicowaniem mezozoicznych i kenozoicznych jętek. W 2012 roku odwiedziłem również Muzeum Historii Naturalnej w Paryżu, gdzie prowadziłem badania nad Ephemeroptera eocenu Francji.

Zdając sobie sprawę z wyjątkowości Krymu jako odrębnego centrum specjacji, odbyłem kilka wypraw na ten półwysep w latach 1999–2013, gdzie zebrałem unikalny materiał do opisu nowych gatunków jętek, które stanowią tam endemiczny składnik fauny słodkowodnej.

W ciągu ostatnich dwóch dekad opisywałem zarówno taksony kopalne, jak i współczesne (np. ze Zachodniej Palearktyki), wykorzystując zbiory z muzeów i instytutów naukowych, a także materiał zebrany podczas moich licznych ekspedycji na terenie Alp, Bałkanów, Karpat, gór Azji Małej i Iranu, oraz Kaukazu.

W 2007 roku rozpocząłem pracę w Instytucie Entomologii Czeskiej Akademii Nauk. Pięcioletni projekt finansowany przez Agencję Grantową Republiki Czeskiej (GACR) „Phylogeography and biodiversity of mayflies (Ephemeroptera) in northern Pontic Region: taxonomic, ecological and molecular taxonomic

approach”, który otrzymałem w 2008 roku, pozwolił mi na przeprowadzenie kompleksowych badań nad jętkami Kaukazu.

Integratywne podejście wykorzystujące analizy morfologiczne poszczególnych taksonów w połączeniu z metodami molekularnymi umożliwiło badania w kilku obszarach: taksonomii (tożsamość gatunków i synonimia, przynależność gatunkowa stadiów larwalnych, zakresy zmienności wewnątrzgatunkowej i międzygatunkowej), systematyki (np. relacje między grupami gatunków, podrodzajami i rodzajami w obrębie Baetinae) i filogeografii poszczególnych gatunków, w oparciu o dodatkowe dane dotyczące geologii i orogenezy regionu od miocenu do dnia dzisiejszego.

Zaproponowano i przeanalizowane nowe użyteczne morfologiczne cechy diagnostyczne dla różnych rodzin jętek (w szczególności budowa aparatów gębowych, ultrastruktura kutikuli). W wyniku tego projektu, na podstawie uzyskanego materiału, opisano już ponad 20 gatunków jętek i nie jest to kompletna lista taksonów. Dodatkowo, materiał zebrany podczas moich wypraw stał się podstawą dwóch prac doktorskich młodych naukowców z Czech (Pavel Sroka, Instytut Entomologii CAN; moja rola polegała na dostarczaniu materiałów, uczestniczeniu w pisaniu wspólnych publikacji), i Słowacji (Ľuboš Hrivniak, Instytut Entomologii CAS; nauczanie i konsultację w zakresie taksonomii i systematyki poszczególnych grup jętek, dostarczanie materiałów, udział w pisaniu wspólnych publikacji, pomoc w analizie wyników badań).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Osiągnięcia dydaktyczne

Po otrzymaniu w 2006 r. tytułu starszego pracownika naukowego od Wyższej Komisji Atestacyjnej Ukrainy, uzyskałem prawo do pełnienia funkcji promotora prac doktorskich, zgodnie z obowiązującymi wówczas zasadami. Jako promotor, opiekowałem się trzema doktorantami, którzy ukończyli szkołę dokorską Państwowego Muzeum Przyrodniczego Narodowej Akademii Nauk Ukrainy. Dwóch doktorantów obroniło swoje prace w 2012 roku (Ch. Diakiv badała faunę i strukturę taksocenów Plecoptera Ukraińskich Karpat) i w 2017 roku (K. Antoniuk: formy życiowe owadów amfibiologicznych z Karpat). Kolejna praca doktorska została złożona, ale jeszcze nie obroniona. Ponadto, pracując w Muzeum Lwowskim, byłem promotorem pracy doktorskiej wykonywanej w trybie eksternistycznym. W Instytucie Entomologii CAS byłem konsultantem pracy doktorskiej L. Hrivniaka, która została obroniona w 2020 r. pod tytułem „Różnorodność i specjacja jętek (Ephemeroptera) z Kaukazu i obszarów przyległych”. Od 2024 r. jestem promotorem pomocniczym doktorantki w Szkole Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego.

W latach 2013–2015 pracowałem jako docent w Katedrze Zoologii Uniwersytetu Lwowskiego (Lwów), gdzie oprócz prowadzenia zajęć z zoologii bezkręgowców, entomologii systematycznej i protozoologii, byłem promotorem dwóch prac magisterskich (obie obronione w 2015 r.). W tym okresie, na podstawie umowy między Muzeum Przyrodniczym i Wydziałem Biologii wspomnianego Uniwersytetu, nadzorowałem program praktyk studenckich i wolontariatu studenckiego, który miał na celu nauczanie studentów biologii podstaw pracy muzealnej, a także pomoc techniczną studentom-wolontariuszom w opracowywaniu i konserwacji zbiorów naukowych.

Działalność organizatorska oraz popularyzatorska

Pracując jako Główny Kustosz, byłem stale zaangażowany w organizację naukowego i technicznego wsparcia zbiorów Muzeum Przyrodniczego we Lwowie. Wymagało to stałej koordynacji pracy kustoszy i kuratorów zbiorów, personelu technicznego, zaangażowania pracowników naukowych muzeum i innych organizacji, obsługi dokumentacyjnej działalności muzeum i zbiorów.

Pracując na tym stanowisku, byłem organizatorem kilku seminariów i spotkań przy „paneli dyskusyjnych”. Udzielałem wywiadów prasie, ponieważ Muzeum Przyrodnicze we Lwowie i jego zbiory (dawniej Muzeum Przyrodnicze im. Dzieduszyckich we Lwowie) jest drugim najstarszym muzeum tego typu w Ukrainie i jednym z pierwszych muzeów przyrodniczych w Europie Wschodniej i Środkowej.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Pozostałe istotne aktywności oraz osiągnięcia

Odegrałem ważną rolę we wznowieniu i stabilnym funkcjonowaniu inwentarza muzealnego, podczas mojej pracy w muzeum we Lwowie. Po raz pierwszy od czasów J. Dziedzielewicza, który był pionierem badań nad owadami amfibiologicznymi na terenie byłej Galicji i pracował przed I Wojną Światową we Lwowie w Muzeum im. Dzieduszyckich, wznowiłem tę działalność i znacznie uzupełniłem zbiory. Od tego czasu (1997 r.) uczestniczyłem w ponad 40 ekspedycjach w różnych częściach Zachodniej Palearktyki, a także w licznych wizytach w kolekcjach naukowych najstawniejszych muzeów Europy. Działalność ta została doceniona wieloma nagrodami i wyróżnieniami, wśród których na szczególną uwagę zasługuje Nagroda Państwowa Gabinetu Ministrów Ukrainy za szczególne osiągnięcia młodzieży w rozwoju Ukrainy (2009). Ponadto, w wyniku działalności naukowej i udanej realizacji projektów, od 2007 roku otrzymałem kilka nagród akademickich Narodowej Akademii Nauk Ukrainy.

Jestem autorem (współautorem) ponad 30 abstraktów i kilkunastu posterów, głównie na konferencjach międzynarodowych. Do najważniejszych należy udział w konferencjach zawodowych poświęconych Ephemeroptera i Plecoptera, w których osobiście uczestniczyłem w 2001 r. (Włochy), 2007 r. (Niemcy) i 2024 r. (Włochy). Byłem zaproszony do wygłoszenia wykładu plenarnego na Zoologiczny vedecký kongres „Zoológia 2018” (Zvolen, Słowacja; 22–24.11.2018). Byłem też członkiem komitetów organizacyjnych dwóch konferencji międzynarodowych oraz dwóch krajowych (więcej szczegółów w Załączniku 2).

Literatura

- Buatois L.A. *et al.* (2016) The Mesozoic Lacustrine Revolution. In: The Trace-Fossil Record of Major Evolutionary Events. Topics in Geobiology, 40: 179–263.
- Cohen A.S. (2003) Paleolimnology. Oxford Univ. Press, Oxford, 528 pp.
- Demoulin G. (1968) Deuxième contribution à la connaissance des Ephéméroptères de l'ambre oligocène de la Baltique. *Deutsche Entomol. Zeitschrift*, 15: 233-276.
- Demoulin G. (1970) Troisième contribution à la connaissance des Ephéméroptères de l'ambre oligocène de la Baltique. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 46 (2): 1–11.
- Godunko R.J.**, Alba-Tercedor J., Grabowski M., Rewicz T., Staniczek A. (2022) Cenozoic origins of the genus *Calliarcsys* (Insecta, Ephemeroptera) revealed by Micro CT, with DNA barcode gap analysis of Leptophlebiinae and Habrophlebiinae. *Scientific Reports*, 12: article number: 15228.
- Godunko R.J.**, Benhadji N., Martynov A.V., Chen Z.-T., Zheng X., Staniczek A.H. (*accepted*) A new species and new generic synonymy in the family Vietnamellidae (Insecta: Ephemeroptera) from mid-Cretaceous Burmese amber with notes on ancient dispersal across East Gondwana. *PeerJ*.
- Godunko R.J.**, Kłonowska-Olejniak M. (2006) The first fossil representative of the genus *Analetris* Edmunds, 1972 (Insecta: Ephemeroptera: Acanthametropodidae) from the Eocene Baltic amber. *Annales Zoologici*, 56 (4): 785–790.

- Godunko R.J.**, Krzemiński W. (2009) New fossil findings of the mayfly genera *Balticobaetisca* Staniczek & Bechly, 2002 (Ephemeroptera: Baetiscidae) and *Borinquena* Traver, 1938 (Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Aquatic Insects*, 31 (Issue 1, Suppl. 1): 125–136.
- Godunko R.J.**, Martynov A.V., Staniczek A. (2021) First fossil record of the mayfly family Vietnamellidae (Insecta, Ephemeroptera) from Burmese Amber confirms its Oriental origin and gives new insights into its evolution. *ZooKeys*, 1036: 99–120.
- Godunko R.J.**, Neumann C. (2006) Fossil mayfly collections of the Museum für Naturkunde, Humboldt University Berlin. I. *Electroletus soldani* gen. and sp. nov. (Ephemeroptera: Ameletidae) from the Eocene Baltic amber. *Annales Zoologici*, 56 (1): 175–180.
- Godunko R.J.**, Neumann C., Krzemiński W. (2008) Fossil mayfly collection Fossil mayfly collections of the Museum für Naturkunde, Humboldt University, Berlin. II. Redescription of *Baltameletus oligocaenicus* Demoulin, 1968 with notes on Ameletidae McCafferty 1991 (Insecta: Ephemeroptera) from Eocene Baltic amber. *Annales Zoologici*, 58 (1): 105–114.
- Godunko R.J.**, Sontag E. (2004) *Burshtynogena fereci* gen. and sp. nov. (Ephemeroptera: Heptageniidae) from Eocene Baltic amber. *Annales Zoologici*, 54 (3): 515–518.
- Godunko R.J.**, Sroka P. (2024) A new mayfly subfamily sheds light on the early evolution and Pangean origin of Baetiscidae (Insecta: Ephemeroptera). *Scientific Reports* 14 : article number: 1599.
- Godunko R.J.**, Sroka P., Soldán T., Bojková J. (2015) The higher phylogeny of Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera), with description of a new species of *Calliarcys* Eaton, 1881. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 73 (2): 259–279.
- Godunko R.J.**, Neumann Ch., Staniczek A.H. (2019) Revision of fossil Metretopodidae (Insecta: Ephemeroptera) in Baltic amber – Part 4: Description of two new species of *Siphloplecton* Clemens, 1915, with notes on the new *S. jaegeri* species group and with key to fossil male adults of *Siphloplecton*. *ZooKeys*, 898: 1–26.
- Kluge N.J. (2004) *The Phylogenetic System of Ephemeroptera* (Kluwer Academic Publishers), 442 pp.
- Kluge N.J., **Godunko R.J.**, Krzemiński W. (2006) A new mayfly family (Insecta: Ephemeroptera) from Eocene Baltic amber. *Annales Zoologici*, 56 (1): 181–185.
- Sinitshenkova N.D. (2002) Ecological history of the aquatic insects. 388–426. In Rasnitsyn, A. P. & Quicke, D. L. J. (eds) *History of insects*. Kluwer Academic Publishers, 517 pp.
- Sinitshenkova N.D. (2003) Main ecological events in aquatic insects history. *Acta Zool. Crac.*, 46: 381–392.
- Sinitshenkova N.D., Marchal-Papier P., Grauvogel-Stamm L., Gall J.-C. (2005) The Ephemeroidea (Insecta) from the Grès à Voltzia (early Middle Triassic) of the Vosges (NE France). *Pal. Zeit.*, 79: 377–397.
- Sroka P., **Godunko R.J.**, Prokop J. (2023) Fluctuation in the diversity of mayflies (Insecta, Ephemeroptera) as documented in the fossil record. *Scientific Reports* 13 : 16052.
- Sroka P., Staniczek A.H. (2022) Evolution of filter-feeding in aquatic insects dates back to the Middle Triassic: new evidence from stem-group mayflies (Insecta, Ephemeroptera) from Grès à Voltzia, Vosges, France. *Papers in Palaeontology* 8: article number: e1456.
- Sroka P., **Godunko R.J.**, Sinitshenkova N.D., Prokop J. (2021) Life history, systematics and flight ability of the Early Permian stem-mayflies in the genus *Misthodotes* Sellards, 1909 (Insecta, Ephemeroptera, Permoplectoptera). *BMC Ecology and Evolution*, 21: article number: 97.
- Staniczek A., Storari A.P., **Godunko R.J.** (2022) Revised systematics, phylogeny, and paleontology of the mayfly family Baetiscidae (Insecta: Ephemeroptera). *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 80: 389–409.
- Staniczek A.H., **Godunko R.J.** (2012) Revision of fossil Metretopodidae (Insecta: Ephemeroptera) in Baltic amber. – Part 1: Type specimens of hitherto described fossil species of *Siphloplecton* Clemens, 1915 and *Metretopus* Eaton, 1901, with description of four new fossil species of *Siphloplecton*. *Palaeodiversity*, 5: 57–87.

- Staniczek A.H., **Godunko R.J.** (2015) Revision of fossil Metretopodidae (Insecta: Ephemeroptera) in Baltic amber. – Part 2: Description of a new species of *Metretopus* Eaton, 1901. *Historical Biology*, 27, Issue 7: 861–867.
- Staniczek A.H., **Godunko R.J.** (2016) Revision of fossil Metretopodidae (Insecta: Ephemeroptera) in Baltic amber – Part 3: Description of two new species of *Siphloplecton* Clemens, 1915, with notes on the re-discovered lectotype of *Siphloplecton macrops* (Pictet-Baraban & Hagen, 1856). *Zootaxa*, 4103 (1): 1–24.
- Staniczek A.H., **Godunko R.J.**, Kluge N. (2018) Fossil record of the mayfly family Ephemerellidae (Insecta: Ephemeroptera), with description of new species and first report of Ephemerellinae from Baltic amber. *Journal of Systematic Palaeontology*, 16: 1319–1335.
- Staniczek A.H., **Godunko R.J.**, Krzemiński W. (2017) A new fossil mayfly species of the genus *Borinquena* Traver, 1938 (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) from Miocene Dominican amber. *Annales Zoologici*, 67: 113–119.
- Storari A.P., Staniczek A., **Godunko R.J.** (2023) A new Gondwanan mayfly family from the Lower Cretaceous Crato Formation, Brazil (Ephemeroptera: Siphonuroidea: Astrapteridae fam. nov.). *Scientific Reports*, 13: article number: 11735.
- Storari A.P., **Godunko R.J.**, Salles F.F., Saraiva A.A.F., Staniczek A., Rodrigues T. (2022) An overview of the Hexagenitidae (Ephemeroptera) from the Crato Formation (Aptian, Lower Cretaceous) of Brazil, with the description of a new species. *Historical Biology*, 34: 875–884.
- Zherikhin V.V. 1987. The insects of Late and Early Mesozoic lakes. *Istoriia izucheniia pozdnego i rannego mezozoia*. Leningrad, Nauka: 43–48. (in Russian)

Łódź, 03.02.2025

.....
(podpis wnioskodawcy)