Відгук офіційного опонента
на кваліфікаційну наукову працю на правах рукопису
Добровольського Станіслава Євгеновича
«Псевдозубі птахи (Aves: Odontopterygiformes) еоцену північного Тетісу: гістологічний аналіз та реконструкція екологічних особливостей»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 091 – Біологія

Актуальність обраної теми, теоретична та практична значимість результатів досліджень. Птахи досить досліджена група хребетних, проте недостатня вивченість еволюційних питань пояснюється нездатністю їхніх решток зберігатись у викопному стані. Незважаючи на це, дослідження викопних птахів в останні десятиліття активно розвиваються в Європі, тому фауна еоценових птахів та інших тетрапод потребує подальших досліджень, із залученням сучасних мікроскопічних досліджень.

Псевдозубі (Odontopterygiformes) належать до морських птахів, які існували впродовж більшої частини кайнозою. Крихкі тонкостінні кістки цих птахів, ускладнюють їхнє дослідження, що привертає увагу до мікроскопічних методів, які можна застосовувати навіть до фрагментарних решток. Дослідження мікроструктура кісток проливає світло на характер росту цих птахів, де остеогістологічні ознаки дозволяють розрізнити основні вікові стадії та зберігають сліди онтогенетичних подій, таких як відкладання яєць або линяння, які призводять до посиленого розвитку резорбційних порожнин та, ймовірно, вторинних остеонів

Комплексні дослідження псевдозубих птахів із залученням сучасних підходів електронної мікроскопії розширюють знання цієї групи птахів, що є важливим для розвитку біології як науки. Значущість роботи Станіслава Добровольського розширюється завдяки запропонованій методиці визначення фрагментарних знахідок птахів, а також при викладанні навчальних курсів із палеонтології.

Мета дослідження – є з'ясування гістологічної будови довгих кісток птахів ряду Odontopterygiformes із еоцену України і уточнення даних щодо їхньої біології та місця в палеоекосистемах. Відповідно до мети всі поставлені завдання здобувач успішно вирішив.

Наукова новизна результатів дослідження. Здобувач вперше здійснив гістологічне дослідження кісток Odontopterygiformes, що надало можливість з'ясувати характер зміни швидкості росту з часом та одержати орієнтовні дані щодо тривалості росту. Здобувач отримав інформацію про гістологічні відмінності між дослідженими родами та скелетними елементами. Виявлено подібність Odontopterygiformes за напрямком волокон у довгих кістках до сучасних птахів із ширяючим польотом. Вперше описано мікроскопічну біоерозію кісток із місцезнаходження Ікове. Здобувачем вдосконалено методику виготовлення мікропрепаратів кісток.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Висновок щодо актуальності роботи підтверджується також її зв'язком з тематикою науково-дослідних робіт «Розвиток біоти в пізньому кайнозої України» (державний реєстраційний номер 0120U100451) у палеонтологічному відділі Національного науково-природничого музею НАН України.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням, у якому здобувач запропонував новий варіант методики виготовлення шліфів, сконструював обладнання для серійної нарізки твердих об'єктів та обладнання для поляризаційної мікроскопії і фотозйомки мікропрепаратів, самостійно написав програмне забезпечення для обробки зображень починаючи з «сирих» даних із матриці, виготовив та сфотографував мікропрепарати викопних кісток, інтерпретував одержані дані, опублікував матеріали в наукових виданнях.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність отриманих даних базується на дотриманні здобувачем чинних нормативів при проведенні гістологічних досліджень, які здійснювали за стандартними та оригінальними методиками. Отримані

різнопланові показники знайшли відображення у науковій новизні, висновках. Достовірність отриманих даних та новизна наукових положень та результатів визначає обґрунтованість висунутих здобувачем наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Інтерпретація результатів відповідає опублікованим у наукових виданнях.

Структура дисертаційної роботи та аналіз її розділів. Робота Добровольського Станіслава Євгеновича побудована за загальноприйнятою схемою та включає: анотацію, зміст, перелік умовних позначень, основну частину, список використаних джерел (505 посилань) та двох додатків. Основна частина має наступні розділи: вступ, огляд літератури, матеріали та методи, результати, обговорення, висновки. Робота викладена на 283 сторінках, із яких 167 складає основна частина. Текст дисертації містить 53 ілюстрації (39 в основній частині та 14 у додатках) та 2 таблиці. Структура дисертації логічно скомпонована, добре проілюстрована й написана грамотною, фаховою українською мовою.

У вступі (с. 18-23) чітко та достатньо розкрито основні акценти актуальності проведення даного дослідження, наведено науковий апарат роботи. Далі автор дотримується основних розділів кваліфікаційної роботи.

У розділі 1 **«Огляд літератури»** (с. 23-110) здобувач наводить аналітичний огляд палеогеографічних умов регіону досліджень для розуміння передумов формування авіфауни еоцену України. Здобувач обґрунтовує важливість досліджень гістології та остеогістології Odontopterygiformes. Аналізує особливості збереження викопних кісток. Аналіз літературних джерел дозволив обґрунтувати перспективність розробки основної мети та завдань, методичних підходів для проведення досліджень.

На мій погляд, розділ занадто перевантажений за обсягом та немає узагальнення у вигляді висновку. У деяких місцях посилання на авторів містить сторінки, в інших – ні.

У розділі 2 **«Матеріали та методи»** (с. 110-117) досить лаконічний. У підрозділі «матеріали» не зовсім зрозуміло скільки препаратів проаналізував

здобувач та протягом якого часу виконував дослідження. Не вистачає опису місцезнаходження кісток (глибина, тип ґрунту тощо).

У підрозділі «методи» значну увагу приділено опису відомих методів дослідження мікроструктури кісток, вказані переваги та недоліки, зокрема, досить детально розкрито способи приготування шліфів. Проте здобувач не приділив належної уваги оригінальній методиці виготовлення препаратів, яку використав при написанні дисертації, а тільки робить посилання на додатки 1 та 2 (с.116). Не вистачає опису методики визначення віку птахів (дорослі чи ювенільні) за станом кісток.

У розділі 3 **«Результати»** (с. 117-165) ґрунтовно проведено аналіз характеру збереження кісток, вказано, що незважаючи на фрагментарність, вони добре зберегли мікроструктуру, описано, що пошкодження сильно варіюють між кістками та областями кістки. В розділі зосереджено важливу інформацію про гістологічну будову довгих кісток Odontopterygiformes та її відмінності у двох досліджених видів, у різних їхніх скелетних елементах та в різних вікових стадій. Розділ проілюстрований якісними світлинами, які мабуть належать автору, про це відсутня інформація у розділі 2. Всі препарати мають достатньо детальний та вдалий морфологічний та гістологічний опис, що розширює знання про дослідженні види.

Не сприймаються підписи ілюстрацій (рис 10), які перенесені на наступну сторінку (с.128). Не коректний підпис має рис 18 («Та ж область…», с. 138).

Аналіз власних результатів досліджених препаратів здобувача, перемежовується з обговоренням літературних джерел, що створює протиріччя до назви розділу (Результати). Чомусь здобувач не робить загального підсумку до розділу, що надало б йому завершеності.

Загалом розділ є вихідною позицією для обґрунтування основних наукових здобутків автора, оригінальні світлини препаратів супроводжують професійні описи, що засвідчує фундаментальність досліджень.

Розділ 4 «**Обговорення**» (с.165-182) містить декілька підрозділів, які дозволили автору розкрити: основні причини зміни структури кортексу довгих кісток Odontopterygiformes; тривалість росту кісток, окремі онтогенетичні події та висновки щодо філогенетичних зв'язків Odontopterygiformes; гістологічні відмінності *Lutetodontopteryx tethyensis* та Pelagornithidae cf. Dasornis sp.; мікроскопічну біоерозію в кістках птахів із Ікового. Зокрема, морфологічний та гістологічний опис стадії росту кісток досліджених птахів вимерлого ряду Odontopterygiformes відповідали таким у сучасних Neognathae: у молодих тварин періост формував васкуляризовану первинну кісткову тканину, яка в той же час резорбувалася з внутрішнього боку; припинення росту в дорослому стані в типовому випадку відбувалося різко і супроводжувалося початком відкладання зовнішніх і внутрішніх загальних пластинок. Винятком є плечові кістки *Lutetodontopteryx tethyensis*, мікроструктура яких вказує на поступове сповільнення росту перед його завершенням. Швидкість росту представників ряду Odontopterygiformes, зважаючи на остеогістологічні дані, співпадає зі швидкістю росту сучасних Neognathae, що вказує на подібну тривалість росту: в межах одного року.

Автором зроблено висновок про адаптивне значення напрямку волокон у кістках птахів для протидії типовим навантаженням. Зокрема, поздовжній напрямок волокон у плечовій кістці і ближчий до тангенційного в стегновій відповідає даним по сучасних альбатросах (на відміну від багатьох птахів із іншим характером польоту). В такому разі мікроструктура стегнової кістки була адаптована для протидії, серед іншого, навантаженню кручення, а плечової – лише згинання, що характерно для птахів із вузькими крилами і ширяючим польотом. Це є додатковим підтвердженням реконструкції Odontopterygiformes як птахів, адаптованих до польоту на великі відстані в пошуках корму(риби та (або) головоногих молюсків). *Lutetodontopteryx tethyensis* належить до тих Odontopterygiformes, у яких морфологічні ознаки псевдозубів краще узгоджуються з поїданням м'якого корму, а саме головоногих.

Висновки (с. 183-184) наведені в роботі є цілком обґрунтованими. Вони базуються на ретельному аналізі, проведеному на фундаментальному матеріалі досліджень автора та логічному узагальненні літературних джерел, застосуванні сучасних методів дослідження.

Список використаних джерел (с.185-240) включає 505 посилань, де 92 % іноземною мовою, що підтверджує значущість теми для розвитку сучасної науки в світі.

Додатки (с.241-283) значно доповнюють розділ 2, зокрема містять методику виготовлення та фотографування мікропрепаратів

Значимість для науки та практики висновків полягає в отриманні нового варіанту методики виготовлення мікропрепаратів кісток. Автором проведено гістологічний опис кісток Odontopterygiformes, що дозволило з'ясувати характер зміни швидкості росту з часом та отримати орієнтовні дані щодо тривалості росту в досліджених видів. Подібність Odontopterygiformes за напрямком волокон у довгих кістках до сучасних птахів із ширяючим польотом є важливим для розвитку еволюційних питань в біології. На викопних кістках із місцезнаходження Ікове виявлено прояви мікроскопічної біоерозії у вигляді тунелів Ведля – прояви діяльності грибів або ціанобактерій. Виявлені тунелі іншої морфології, ймовірно, створені організмами невизначеного виду.

Практичне значення дисертаційної роботи спрямовано на удосконалення визначення фрагментарних знахідок птахів, що є важливим для розвитку палеонтології та зоології. Розроблена методика виготовлення шліфів не вимагає важкодоступних засобів і розрахована на отримання препаратів, добре придатних до поляризаційної мікроскопії та довготермінового зберігання. Сконструйовано обладнання для серійної нарізки твердих об'єктів та обладнання для поляризаційної мікроскопії і фотозйомки мікропрепаратів, є придатним для роботи на неспеціалізованих мікроскопах із неспеціалізованими об'єктивами і дає можливість фотографувати при різних

напрямках поляризаторів без повертання об'єкта, що полегшує порівняння та комбінування знімків. Програмне забезпечення дозволить обробку мікрофотографій починаючи з етапу «сирих» даних із фотоматриці.

Публікація основних результатів дисертації. Результати досліджень опубліковані в 1 статті в закордонному науковому виданні, проіндексованому в базах даних Web of Science Core Collection та Scopus і віднесеному до першого квартилю (Q1) за класифікацією SCImago Journal and Country Rank, 1 статтю в українському науковому виданні, проіндексованому в базах даних Web of Science Core Collection та Scopus і віднесеному до третього квартилю (Q3) за класифікацією SCImago Journal and Country Rank і / або Journal Citation Reports, і 1 статтю в українському науковому виданні, що на момент публікації входить до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії».

Робота апробована на конференціях молодих дослідників-зоологів, які проводилися на базі Інституту зоології імені І. І. Шмальгаузена НАН України (Київ, 2022, 2023).

У процесі ознайомлення з роботою виникли питання та певні уточнення: прошу пояснити, які морфологічні та/чи гістологічні ознаки будови псевдозубів Odontopterygiformes, свідчать про живлення їх кальмарами або рибою; стадії росту кісток у досліджених псевдозубих Odontopterygiformes відповідали таким у сучасних Neognathae, тоді чому вимерли перші?; чому для досліджень використовували в основному стегнові та плечові кістки птахів?

У роботі трапляються неточності або дрібні технічні та граматичні помилки, зокрема інколи не правильно автор вживає «у» та «в».

Зауваження не зменшують теоретичної та практичної наукової цінності кваліфікаційної наукової праці. Принципових недоліків, які б впливали на цінність роботи, не виявлено. Висновки, що випливають із результатів роботи аргументовані та об'єктивні, відображають основні положення дисертації. Основні результати кваліфікаційної роботи повно викладені в наукових фахових публікаціях.

Загальний висновок: за своєю актуальністю та науковою новизною, обсягом виконаних досліджень та достовірністю одержаних результатів, обґрунтованістю висновків, оформленням, кваліфікаційна наукова праця Добровольського Станіслава Євгеновича «Псевдозубі птахи (Aves: Odontopterygiformes) еоцену північного Тетісу: гістологічний аналіз та реконструкція екологічних особливостей» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., зі змінами до постанови № 341 від 21.03.2022». Відповідно здобувач заслуговує на присудження наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 091- Біологія.

Офіційний опонент:
зав. кафедрою зоології
Харківського національного
педагогічного університету
імені Г. С. Сковороди,
доктор біологічних наук,
професор Анжела ЧАПЛИГІНА

27.09.2024

Підпис Анжели Чаплигіної
засвідчується зав. заг. відділом

Відгук офіційного опонента надійшов в Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена 30.09.2024 р.
Вчений секретар Іванова