

“Затверджую”

Т.в.о. директора Інституту зоології

ім. І. І. Шмальгаузену НАН України

д.б.н. Віталій АНІСТРАТЕНКО



«23.05» 2025 року

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Валерії Сергіївни Теліженко “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”), поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія.

ВИТЯГ

з протоколу № 6 розширеного засідання відділу еволюційної морфології

13 травня 2025 року

Присутні:

Головуючий на засіданні – зав. відділу, д.б.н. Дзеверін І. І.

Відділ еволюційної морфології: д.б.н., с.н.с., зав. відділу Дзеверін І.І., д.б.н., проф., провідн.н.с. Гольдін П.Є., к.геол.наук, с.н.с., с.н.с. Попова Л.В., к.б.н., с.н.с. Гхазалі М.А., к.б.н., с.н.с. Шатковська О.В., к.б.н., с.н.с. Акуленко Н.М., к.б.н., н.с. Шевердюкова Г.В., к.б.н., н.с. Золотова-Гайдамака Н.В., к.б.н., в.о. м.н.с. Романюк Г.В., д.ф., м.н.с. Давиденко С.В., к.б.н., с.н.с., провідн.інж. Богданович І.О., провідн.інж. Слущка Н.П., аспіранти: Отряжий П.А., Теліженко В.С.; *відділ фауни та систематики безхребетних:* чл.-кор. НАН України, заступник директора Інституту зоології, д.б.н., проф., зав. відділу Аністратенко В.В.; *відділ ентомології та наукових фондів колекцій:* чл.-кор. НАН України, д.б.н., проф., зав. відділу Корнєєв В.О., *відділ моніторингу та*

охорони тваринного світу: ст. досл., к.б.н., зав.відділу Куцоконь Ю.К.; лабораторія популяційної екології відділу моніторингу та охорони тваринного світу: ст. досл., к.б.н., с.н.с. Годлевська О.В.; Zonguldak Bülent Ecevit University, Туреччина: assistant professor, к.б.н Янчуков О.В.

Порядок денний:

1. Публічна презентація та обговорення наукових результатів дисертації Валерії Сергіївни Теліженко “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”) на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія. Науковий керівник: доктор біологічних наук, провідний науковий співробітник відділу еволюційної морфології Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, професор Гольдін П. Є.

Слухали:

1. Наукову доповідь аспірантки відділу еволюційної морфології Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України В. С. Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”) на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 091 Біологія. Тема дисертації та науковий керівник затверджені вченою радою Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, протокол №8 від 24.09.2024 р.

Здобувачка Валерія Сергіївна Теліженко представила презентацію за основними положеннями дисертації “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton”.

Запитання доповідачці поставили: чл.-кор. НАН України, д.б.н. Корнєєв В.О. (1 запитання), д.б.н. Дзеверін І.І. (4 запитання), к.б.н. Шатковська О.В. (4 запитання), к.геол.н. Попова Л.В., (2 запитання), чл.-кор. НАН України, д.б.н. Аністратенко В.В. (2 запитання). Теліженко В.С. відповіла на поставлені запитання, які стосувалися методики дисертаційної роботи, основних

формулювань, досліджених факторів.

З рукописом дисертації ознайомилися: науковий керівник – д.б.н., пров.н.с., проф. Гольдін П. Є., зав. відділу, д.б.н. Дзеверін І. І., чл.-кор. НАН України, д.б.н. Гумовський О.В., д.б.н., пров.н.с. Кузьмін Ю.І., к.б.н., с.н.с. Шатковська О.В.

Виступили:

1. Науковий керівник, доктор біологічних наук, професор П. Є. Гольдін оцінив аспірантку, як талановиту і самостійну дослідницю, яка зробила цікаве і важливе дослідження.

2. Кандидат біологічних наук О. В. Шатковська відзначила високий рівень роботи і те, що робота може бути представлена на захисті.

3. Кандидат геологічних наук Л. В. Попова оцінила доповідь і роботу як дуже корисну і перспективну, рекомендує до захисту.

4. Член-кореспондент НАН України, доктор біологічних наук, професор В. В. Аністратенко підтримав позитивні відгуки, зазначив, що це одна з найкращих робіт за останній час, і рекомендує роботу до захисту.

5. Член-кореспондент НАН України, д.б.н., проф., зав. відділу В.О. Корнеєв висловив повну підтримку роботі.

6. Кандидат біологічних наук О. В. Годлевська зазначила, що має найпозитивніші враження щодо результатів роботи, що робота на дуже високому рівні, яка має бути представленою на отримання дисертанткою ступеня доктора філософії.

7. Доктор біологічних наук І. І. Дзеверін зазначив, що робота виконана на надзвичайно високому рівні, а одержані результати є надзвичайно вагомими; також повідомив, що доктор біологічних наук О. В. Гумовський, який не зміг бути на засіданні, ознайомлений з усіма матеріалами та приєднується до всіх позитивних відгуків.

Доктор біологічних наук Дзеверін І.І. запропонував на підставі експертизи дисертаційної роботи, доповіді здобувачки, поставлених запитань присутніх і відповідей здобувачки, обговорення учасниками засідання основних Положень дисертації, виступу наукового керівника шляхом відкритого голосування

рекомендувати дисертаційну роботу В. С. Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”) до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія.

Результати відкритого голосування

За те, щоб дисертаційну роботу Валерії Сергіївни Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”) рекомендувати до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія, присутні (19 осіб) проголосували: «За» – одноголосно, «проти» – немає, «утримались» – немає, «не голосували» – немає.

УХВАЛИЛИ

Рекомендувати дисертаційну роботу Валерії Сергіївни Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”) до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія.

ВИСНОВОК:

Актуальність роботи. Китоподібні (кити, дельфіни та морські свині) — це виняткова та морфологічно своєрідна група ссавців. Попри своє походження від наземних парнокопитних (Artiodactyla) (McGowen et al., 2020; Thewissen et al., 2001), вони зазнали істотних анатомічних і фізіологічних перетворень, пов’язаних із переходом до водного способу життя (Gatesy et al., 2013; Geisler & Sanders, 2003). Змінені пропорції тіла, редукція задніх кінцівок, трансформація передніх кінцівок у ласти, реорганізація кісток черепа, великі розміри тіла та виняткова тривалість життя деяких видів роблять китоподібних одним із найяскравіших прикладів дії еволюційних чинників, що формують морфологію

та фізіологію організмів.

Морфологічні перетворення китоподібних супроводжуються істотними змінами постнатального онтогенезу, зокрема затримкою статевого дозрівання, подовженим періодом росту та збереженням ювенільних анатомічних ознак (наприклад, уповільненим розвитком кісток кінцівок). Попри те, що проблема гетерохронії розвитку у китоподібних останнім часом привертає все більшу увагу дослідників, і висвітлення її в нових працях (Cooper et al., 2018; Lanzetti et al., 2022, 2023; Tsai & Fordyce, 2014), сучасне розуміння цих процесів залишається неповним. Ще менш вивченою є роль генетичних чинників в онтогенезі скелета китоподібних. Переважна більшість досліджень зосереджена на порівнянні китоподібних з іншими ссавцями, ігноруючи внутрішньогрупову різноманітність, яка може бути суттєвою, оскільки різні види демонструють значні відмінності у розмірах, морфології скелета та темпах розвитку й старіння.

Отже, дослідження генетичних і морфологічних маркерів змін темпів онтогенезу у китоподібних може істотно поглибити наше розуміння еволюційних та онтогенетичних процесів у ссавців загалом.

Метою даного дослідження є вивчення морфологічних та генетичних маркерів еволюційних змін в онтогенезі скелета китоподібних (різних груп) та порівняння цих особливостей з аналогічними показниками інших ссавців.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі **завдання**:

1) Охарактеризувати філогенетичні тенденції у процесі скостеніння швів черепа та перевірити можливий зв'язок цього процесу з наявністю додаткових кісток черепа у китоподібних і наземних парнокопитних.

2) Надати кількісну характеристику еволюційних процесів та генетичних основ морфологічного розмаїття скелета передніх кінцівок у китоподібних та інших плацентарних ссавців.

3) Оцінити дію відбору на регуляторні гени, залучені до розвитку плечової кістки, у контексті варіацій форми плечової кістки у китоподібних.

4) Дослідити експресію регуляторних 5'-кінцевих Нох генів у лапах, хвостових плавцях і спинному плавці китоподібних під час постнатального онтогенезу.

Об'єктом дослідження є китоподібні та близькоспоріднені з ними ссавці, їхні нуклеотидні та амінокислотні послідовності, кісткові елементи черепа та передніх кінцівок китоподібних, а також експресія генів у тканинах.

Предметом дослідження є еволюційні зміни морфології скелета китоподібних і пов'язані з ними зміни в регуляторних генах.

Методи дослідження

Морфологічні методи: оцінка та кодифікація станів ознак.

Біоінформатичні та статистичні методи: реконструкція первинних (предкових) станів ознак, побудова філогенетичних дерев, множинне вирівнювання послідовностей, філогенетичний аналіз із використанням методів максимальної правдоподібності та байєсівського аналізу, оцінка філогенетичного сигналу.

Лабораторні методи: виділення РНК, синтез комплементарної ДНК (кДНК) шляхом зворотної транскрипції, кількісна полімеразна ланцюгова реакція (qPCR).

Наукова новизна отриманих результатів

Уперше проведено кількісний аналіз постнатального скостеніння швів черепа у китоподібних у поєднанні з наявністю додаткових кісток та здійснено порівняння цих характеристик із відповідними ознаками наземних парнокопитних. Встановлено, що затримка скостеніння швів є поширеною та еволюційно значущою особливістю черепа китоподібних, яка демонструє чіткий філогенетичний сигнал.

Уперше для всіх таксонів китоподібних проаналізовано взаємозв'язок морфології передніх кінцівок з еволюційними змінами в регуляторних генах, пов'язаних із розвитком кінцівок. Виявлено ключові гени, для яких спостерігається послаблення дії природного добору, а також ідентифіковано специфічні мутації (зокрема інсерції та делеції), які, ймовірно, сприяли морфологічним змінам передніх кінцівок у ссавців. Крім того, висунуто припущення, що прискорена еволюція генів, регулюючих розвиток плечової кістки, може відігравати роль у зміні її форми у китоподібних.

Уперше ідентифіковано та проаналізовано експресію 5'-кінцевих Нох генів

у тканинах кінцівок, хвостових плавців і спинного плавця кількох видів китоподібних. Встановлено, що експресія цих генів триває протягом усього життя тварин.

Наукове та практичне значення роботи

Результати дослідження розширюють наше розуміння еволюційних та генетичних змін морфології, що відбуваються під час адаптації організмів до нових середовищ існування, і створюють підґрунтя для подальших наукових досліджень. Усвідомлення генетичних механізмів, що лежать в основі онтогенезу скелета у китоподібних, може мати прикладне значення для вивчення генетичних порушень розвитку у людини, а також для фундаментальної дослідницької роботи в галузі біології розвитку. Отримані результати можуть бути використані у викладанні навчальних дисциплін, таких як «Еволюційна теорія», «Філогенія тварин» та «Еволюційна морфологія».

Особистий внесок здобувача

Дисертація є самостійним науковим дослідженням здобувача. Автором проведено аналіз наукової літератури за темою дослідження, а також самостійно досліджено частину музейних матеріалів, зокрема з колекцій Музею Bell Pettigrew (Університет Сент-Ендрюс) та Національних музеїв Шотландії. Автор особисто здійснив відбір тканинних зразків від двох особин за дозволом Шотландської програми зі збору морських тварин, що загинули на узбережжі (Scottish Marine Animal Stranding Scheme, SMASS), яка є частиною Університету Глазго. Усі етапи молекулярного лабораторного аналізу, включаючи гомогенізацію тканин, екстракцію РНК, синтез кДНК та проведення qPCR, виконані автором на базі Університету Сент-Ендрюс. Комплектування генетичних баз даних, аналіз отриманих даних (філогенетичний аналіз, тестування філогенетичного сигналу, реконструкція прадавніх станів ознак, виявлення ознак позитивного добору, статистичні тести) та їх інтерпретація виконані автором самостійно. Тексти наукових статей та тез доповідей були написані автором одноосібно або у співавторстві.

Висновок щодо біоетичності досліджень: під час проведення досліджень біоетичні норми порушені не були.

Дотримання принципів академічної доброчесності. За результатами науково-технічної експертизи дисертація “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” (“Генетичні і морфологічні індикатори еволюційних змін онтогенезу скелета китоподібних”) визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

Апробація результатів дослідження

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 3 статті в наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus (Q1).

Список опублікованих праць за темою дисертації

У виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних:

1. **Telizhenko, V. & Gol'din, P. (2025).** Evolution of accessory bones in cetacean skull coupled with decreasing rate of ossification of cranial sutures. *Scientific Reports*, 15, 10268. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95566-x>
2. Ghazali, M., Davydenko, S., **Telizhenko, V.**, Otriazhyi, P., Vishnyakova, K., Bukhsianidze, M., Solis-Añorve, A., Dzeverin, I. & Gol'din, P. (2025). Humerus shape evolved in cetaceans under relaxed selection and random drift. *Communications Biology*, 8, 518. <https://doi.org/10.1038/s42003-025-07952-w>
3. **Telizhenko, V.**, Kosiol, C., McGowen, M.R. & Gol'din, P. (2024) Relaxed selection in evolution of genes regulating limb development gives clues to variation in forelimb morphology of cetaceans and other mammals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 291: 20241106. <https://doi.org/10.1098/rspb.2024.1106>

Апробація матеріалів дисертації.

Доповіді за результатами дисертаційного дослідження були представлені та обговорені на наступних конференціях:

4. **Telizhenko, V.**, Gulak, K., Boldyriev, O., & Gol'din, P. (2024, November). *Analysis of expression of limb-related regulatory genes in harbor porpoise (Phocoena phocoena) during postnatal ontogeny* (Abstract, p. 53). In *Book of Abstracts of the 25th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Perth, Australia.
5. **Telizhenko, V.**, & Gol'din, P. (2024, April). *Suture ossification in cetacean skulls is delayed and shows strong phylogenetic signal* (Abstract, p. 375). In *Book of abstracts*

of the 35th Annual Conference of the European Cetacean Society, Catania, Italy.

6. **Telizhenko, V.**, Kosiol, C., McGowen, M. R., & Gol'din, P. (2024, January). *Exploring the connection between gene evolution and limb morphology in cetaceans and other mammals* (Abstract, p. 174). Abstract presented at the Population Genetics Group 57, St Andrews, United Kingdom.
7. Otriazhyi, P., Davydenko, S., **Telizhenko, V.**, Ghazali, M., Bukhsianidze, M., Solis-Añorve, A., Dzeverin, I., & Gol'din, P. (2023). *Morphological evolution of cetacean humerus shows functional and phylogenetic signals* (Abstract, p. 52). In *Abstract book of the 34th Annual Conference of the European Cetacean Society*, O Grove, Galicia.
8. **Telizhenko, V.**, McGowen, M., & Gol'din, P. (2022, August). *Evolution of HOXD13 gene in cetaceans shows lifting selective constraints for limb patterning* (Abstract, pp. 221–222). In *Book of Abstracts of the 24th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Palm Beach, FL, United States.
9. **Telizhenko, V.** (2021, June 1–3). *Relaxation of purifying selection in Hoxd13 gene in cetaceans* (Abstract, p. 43). *Zoology in the Modern World: Challenges of the 21st Century*, Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація виконана фаховою науковою мовою, структура дисертації відповідає алгоритму проведених автором досліджень. Зміст наукової роботи викладено англійською мовою (з анотацією українською мовою) в логічній послідовності та доступною для сприйняття мовою, наукові назви та терміни використано адекватно. Загальне текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань. Дисертація В. С. Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” повністю відповідає паспорту спеціальності 091 – Біологія.

У результаті попередньої експертизи дисертації Валерії Сергіївни Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” і повноти публікації основних результатів

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Валерії Сергіївни Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton”.

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертаційна робота Валерії Сергіївни Теліженко за темою “Genetic and morphological proxies for evolutionary changes in the ontogeny of cetacean skeleton” є самостійним завершеним науковим дослідженням, що виконане на високому науковому рівні, відповідає вимогам **«Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії»**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації згідно з Наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. і може бути подана до офіційного захисту у формі наукової доповіді на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СКЛАДУ РАЗОВОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ РАДИ:

звернутися до вченої ради Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена з пропозицією утворити разову спеціалізовану раду з правом прийняття до розгляду та проведення разового захисту дисертації В. С. Теліженко у такому складі:

Голова ради:

Гумовський О. В., член-кореспондент НАН України, доктор біологічних наук, зав. відділу Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України.

Рецензенти:

Кузьмін Ю.І., доктор біологічних наук, пр.н.с. Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України.

Шатковська О. В., кандидат біологічних наук, с.н.с. Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України.

Офіційні опоненти:

Dr. M. F. Nery, Biology Institute, University of Campinas (Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP), Brazil.

Dr. R. A. Racicot, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Germany.

Результати голосування

За те, щоб звернутись до вченої ради Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України з пропозицією створити разову спеціалізовану раду з правом прийняття до розгляду та проведення разового захисту дисертації В. С. Теліженко у такому складі: чл.-кор. НАН України, д.б.н. Гумовський О.В. (голова), Dr. M. F. Nery (Biology Institute, University of Campinas (Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP), Brazil), Dr. R. A. Racicot (Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Germany) (опоненти), д.б.н. Кузьмін Ю.І., к.б.н. Шатковська О.В. (рецензенти), проголосували: "За" – одноголосно, "Проти" – немає, "Утримались" – немає.

УХВАЛИЛИ

Звернутися до вченої ради Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України з пропозицією створити разову спеціалізовану раду з правом прийняття до розгляду та проведення разового захисту дисертації В. С. Теліженко у такому складі: чл.-кор. НАН України, д.б.н. Гумовський О.В. (голова), Dr. M. F. Nery (Biology Institute, University of Campinas (Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP), Brazil), Dr. R. A. Racicot (Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Germany) (опоненти), д.б.н. Кузьмін Ю.І., к.б.н. Шатковська О.В. (рецензенти).

Головуючий на засіданні,
зав. відділу, д.б.н.



І. І. Дзеверін

Секретар, в.о. м.н.с., к.б.н.



Г. В. Романюк