



Ю. Квач^{1, 2, 3}, Т. Кузьміна^{4, 5, *}

¹ Інститут морської біології НАН України, м. Одеса, 65048, Україна

² Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, м. Одеса, 65002, Україна

³ Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, 65012, Україна

⁴ Інститут зоології ім. Шмальгаузена НАН України, м. Київ, 01030, Україна

⁵ Національний науково-природничий музей НАН України, м. Київ, 01030, Україна

* Автор для кореспонденції: taniak@izan.kiev.ua

Паразитологічні дослідження в Антарктиці: огляд проблематики та перспективи

Реферат. У даній роботі наведено загальний огляд паразитологічних досліджень, що проводилися в Антарктиді, зокрема біля Української антарктичної станції «Академік Вернадський». Враховуючи глобальні кліматичні та антропогенні зміни, які призводять до руйнування природних екосистем Південного океану та наявність великої кількості паразитів риб, що мають зоонозне значення та становлять загрозу здоров'ю людини, дослідження угруповань паразитів антарктичних тварин, зокрема розповсюдженості різних груп паразитів кісткових риб набуває особливої актуальності. Довгостроковий еколого-паразитологічний моніторинг морських та прибережних екосистем Антарктики є необхідним та дозволить дослідити швидкість та напрямки екологічних змін в морських екосистемах Антарктики в подальшому.

Ключові слова: морська паразитологія, нототенієві, паразити, риби, Українська антарктична станція «Академік Вернадський»

Кліматичні зміни, що відбуваються у світі в останні десятиріччя, викликають деградацію природних біоценозів, зміни структури наземних та водних екосистем, призводять до експансії неорієвності тощо (Walther et al., 2002; Kriticos et al., 2003; Yazdi, Shakouri, 2010). У полярних регіонах Арктики та Антарктики ці зміни найбільш виражені, що робить ці області особливо вразливими, а також дає можливість використовувати дані регіони як моделі для дослідження глобальних еволюційних процесів (Clarke et al., 2006; Barnes, Peck, 2008; Klimpel et al., 2017). Окрім вказаного, антропогенне забруднення повітря та води призводить до накопичення важких металів та радіоактивних

елементів в антарктичних льодовиках, що має негативний вплив на антарктичну екосистему в цілому (Potocki et al., 2016). Це є дуже небезпечним, враховуючи ймовірність посилення танення льодовиків із збільшенням температури та опадів через глобальні зміни клімату (Simões et al., 2004; Thomas et al., 2004).

Південний океан, що омиває Антарктиду, становить 10% від загального обсягу вод Світового океану; натомість його фауна складає лише 1% від кількості загально відомих видів, з яких переважна більшість є антарктичними ендеміками (Andriashev, 1987; Shirihai, 2008). Важливу екологічну роль в антарктичних морських екосистемах

відіграють риби, які є найбагатше представленою тут фауністичною групою, з точки зору видового різноманіття (Casaux et al., 2003; Oğuz et al., 2012). В іхтіофауні Південного океану домінують кісткові риби з підряду Нототенієві (*Notothenioidei*), які є ендеміками Антарктики і суб-Антарктичного регіону та складають до 77% видового різноманіття риб цього регіону (Near, 2009). Нототенієві знаходяться в середині харчового ланцюга та включені в складні життєві цикли різних груп паразитів, відіграючи роль як проміжного та/або паратенічного хазяїна для паразитів хижих риб, рибоїдних птахів та морських ссавців, так і дефінітивного або остаточного хазяїна (Rocka, 2006). Так, для анізакід та деяких цестод, личинки яких знаходять у антарктичних риб, першими проміжними хазяями виступають планктонні ракоподібні, а морські ссавці та рибоїдні птахи є дефінітивними хазяями (Szostakowska et al., 2005; Mattiucci, Nascetti, 2007).

Відомо, що паразитичні організми є одним з найбільш чутливих індикаторів стану природних екосистем, особливо морських (Mouritsen, Poulin, 2002; Mouritsen et al., 2005; Hudson et al., 2006; Poulin, 2006; Poulin, Mouritsen, 2006). Глобальні кліматичні та антропогенно обумовлені зміни у морських екосистемах швидко та безпосередньо впливають на видовий склад та структуру паразитарних угруповань морських організмів, зокрема ракоподібних та риб. Саме тому вивчення паразитів морських риб та ракоподібних Південного океану, а також моніторинг стану паразитарних систем дозволяє визначати зміни стану морських екосистем набагато швидше, ніж це можна спостерігати за даними моніторингу геологічних або океанографічних параметрів.

Паразитологічні дослідження в Антарктиді розпочалися водночас з першими дослідженнями цього континенту у другій половині 19-го сторіччя та були присвячені вивченню матеріалів, що привозили до провідних європейських музеїв. Так, першою публікацією з описом антарктичного паразита можна вважати статтю W. Baird (1853), в якій наведено опис нематоїди *Ascaris similis* Baird, 1853 від антарктичного тюленя (Mac-

Kenzie, 2017). Пізніше, von Linstow (1891) опублікував зведення про численних гельмінтів від ссавців та морських риб, які були зібрані під час німецької дослідницької експедиції до Південної Джорджії. На початку 20-го сторіччя цей же автор опублікував описи нематод та цестод від ссавців та риб, що були зібрані під час російської та британської полярних експедицій. Також в цей час чимало матеріалів були зібрані під час двох французьких антарктичних експедицій, британської експедиції «Terra Nova» та британсько-австралійсько-новозеландської (BANZ) антарктичної експедиції, публікація яких власне й створила підґрунтя для подальших паразитологічних досліджень в Антарктиці (MacKenzie, 2017).

Вивченням паразитів різних груп тварин в Антарктиді займалися вчені з різних країн – Великобританії, Німеччини, США, Аргентини, Франції, СРСР та Росії, Польщі, Чехії, України, Туреччини тощо. Найбільший внесок у вивчення гельмінтів хребетних, в першу чергу морських риб та птахів, внесли польські дослідники під керівництвом професора К. Житовецького, які з 1970-х років й дотепер загалом опублікували приблизно 35% робіт по паразитах антарктичних риб і 25% по інших хребетних та дослідили паразитів з усіх таксономічних груп тварин (MacKenzie, 2017). Загалом, тільки до 2010 року дослідниками з усього світу у антарктичних риб було описано більше 250 видів паразитів різних таксономічних груп (Oğuz et al., 2015). Дані щодо паразитів антарктичних риб представлені у багатьох джерелах, однак переважно присвячені окремим таксономічним групам. Серед ендопаразитів найкраще дослідженими виявилися трематоїди (Zdzitowiecki et al., 1997; Zdzitowiecki, Cielecka, 1997; Rocka, 2003, 2004; Bray et al., 2014; Faltýnková et al., 2017) та акантоцефали (Zdzitowiecki, 1978, 1986, 1987; Laskowski et al., 2010, 2012; Laskowski, Zdzitowiecki, 2017). Більшість нематод та цестод, що паразитують у риб, є личинковими стадіями, тому їх вивчення класичними морфологічними методами ускладнене (Wojciechowska et al., 1994, 1995; Rocka, 2002, 2003, 2004; Mattiucci, Nascetti, 2007). Більше того, личинкові стадії цестод зде-

більшого описані лише як морфологічні форми, видове визначення яких можливе лише з застосуванням молекулярних методів (Wojciechowska, 1993; Laskowski, Rocka, 2014). Ектопаразити риб представлені переважно моногеніями, яких у регіоні відомо щонайменше 23 види (Oğuz et al., 2015; Klarper et al., 2017; Heglasová et al., 2018).

На сьогодні застосування молекулярних методів дозволило значно розширити можливості оцінки видового різноманіття живих організмів (Chown et al., 2015). Тому проведення паразитологічних досліджень із застосуванням класичних морфологічних та сучасних молекулярних методів, безумовно, збільшить кількість відомих видів паразитів та дозволить дослідити їх філогенетичні зв'язки з хазяями та еволюційні взаємовідносини в екосистемах. Найбільш перспективним напрямком паразитологічних досліджень в Антарктиці вважають популяційні дослідження та вивчення структури угруповань паразитів різних груп тварин. Глобальні кліматичні зміни призводять до руйнувань наземних та морських екосистем, особливо у полярних регіонах (Barnes, Peck, 2008; Klimpel et al., 2017), що, безумовно, впливає на біорізноманіття та структуру паразитарних угруповань (Mouritsen, Poulin, 2002; Poulin, Mouritsen, 2006). Саме тому виникає необхідність у довготривалому моніторингу стану паразитарних угруповань антарктичних тварин у різних регіонах континенту та прилеглої акваторії Південного океану.

Серед тварин, які населяють акваторію Південного океану, переважна більшість є антарктичними ендеміками (Andriashev, 1987; Shirihai, 2008). Більшість видів антарктичних птахів та ссавців знаходяться під охороною (Shirihai, 2008), тому дослідження їх паразитів суттєво обмежене, в той час як стан популяцій більшості видів антарктичних риб дозволяє проводити їх комерційний вилов та відповідні наукові дослідження. Серед кісткових риб Південного океану домінують Нототенієві (Notothenioidei), які є ендеміками антарктичного регіону та мають унікальні пристосування до існування у холодному середовищі (Near, 2009). Серед нототенієвих є комерційно

важливі види риб, що є об'єктами промислового вилову, такі як ікляч антарктичний (*Dissostichus mawsoni* Norman, 1937), ікляч патагонський (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898), нототенія мармурова (*Notothenia rossii* Richardson, 1844), нототенія зелена (*Gobionotothen gibberifrons* Lönnberg, 1905). Деякі види, як наприклад, антарктична нототенія гололоба (*Notothenia coriiceps* Richardson, 1844), не мають комерційного значення, відповідно чисельність їх популяцій досить стабільна протягом десятиріч (Barrera-Oro, 2002; Barrera-Oro, Marschoff, 2007). Отже, ці «комерційно нецікаві» види риб можуть слугувати індикаторами для багаторічних еколого-паразитологічних досліджень в Антарктиці (Kuzmina et al., 2020).

Вивчення паразитів кісткових риб проводили в усіх частинах Південного океану навколо Антарктики (Oğuz et al., 2015). Проте більшість досліджень була проведена саме у західній частині Антарктики, де розташовані польська дослідницька станція Arctowski (Арцтовські), американська антарктична станція Palmer (Палмер), аргентинська станція Almirante Brown (Альмиранте Браун), чеська станція Mendel Polar Station (полярна станція Мендель), британські дослідницькі станції Rothera (Розера), Fossil Bluff (Фосіль Блаф) та Halley (Галлі), Українська антарктична станція «Академік Вернадський» (УАС «Академік Вернадський»).

УАС «Академік Вернадський» розташована на острові Галіндез, Земля Греяма, Аргентинські острови, західна частина Антарктики. До 1996 року ця станція належала Великобританії (під назвою Faraday Station (станція Фарадей)), тоді була передана Україні для проведення комплексних досліджень на постійній основі. З того часу УАС «Академік Вернадський» працює постійно та є метеорологічною та географічною обсерваторією; на станції проводяться регулярні моніторингові спостереження за станом біологічних систем Антарктиди, зокрема морських екосистем, та комплексні дослідження орнітофауни архіпелагу (Салганський, 2014). За цей час зібрано чимало даних моніторингових спостережень за станом популяцій морських безхребетних, риб, птахів та ссав-

ців, проте дослідження паразитів хребетних на УАС «Академік Вернадський» проводили лише спорадично. Так, у 2002 році паразитів кісткових риб на УАС «Академік Вернадський» вивчали польські дослідники (Zdzitowiecki, Laskowski, 2004; Laskowski, Zdzitowiecki, 2005); у 2003–2004 роках були проведені збори ендо- та ектопаразитів риб та описано ряд нових видів п'явок (Utevsky, 2007). В 2014–2015 роках під час роботи 19-ї Української антарктичної експедиції полярним біологом О.О. Салганським було зібрано більше 8.5 тисяч паразитів від гололобої нототенії (*N. coriiceps*) з метою оцінки сучасного стану видового різноманіття угруповання паразитів (Salganskij et al., 2017). Пізніше ці збори були ретельно досліджені та визначені, а отримані дані проаналізовано у порівнянні з результатами досліджень 2002 року (Kuzmina et al., 2020). Встановлено, що у нототенії гололобої (*N. coriiceps*) біля УАС «Академік Вернадський» паразитує 28 видів гельмінтів, які належать до 5 таксономічних груп (Zdzitowiecki, Laskowski 2004; Kuzmina et al., 2020). Найпоширенішими є личинки анізакідних нематод (*Pseudoterranova* sp.), акантоцефали (*Metacanthocephalus johnstoni* Zdzitowiecki, 1983, *M. rennicki* Leiper et Atkinson, 1914, *Corynosoma* spp.) та трематоди (*Macvicaria georgiana* (Kovaljova, Gaevskaya, 1974), *Genolinea bowersi* Leiper et Atkinson, 1914). За період з 2002 по 2014–2015 роки список паразитів *N. coriiceps* був розширений на 7 видів, а домінуючими групами паразитів виявилися нематоди (екстенсивність інвазії 96,2%), трематоди (94,3%) та акантоцефали (93,4%), в той час як цестоди (86,8%) і моногенії (31,4%) були менш чисельними (Kuzmina et al., 2020). Аналіз змін у видовому складі угруповання паразитів *N. coriiceps* за останні десятиріччя дозволив виявити шість видів гельмінтів, для яких зареєстровано найбільш різке зменшення або збільшення екстенсивності та інтенсивності інвазії *N. coriiceps*. Це дозволить використовувати ці види гельмінтів як індикаторні для подальших досліджень екологічних змін в морських екосистемах західної частини Антарктики (Kuzmina et al., 2020).

На сьогодні очевидно, що паразитологічні дослідження в Антарктиці переходять у нову фазу.

Незважаючи на те, що сучасні молекулярно-генетичні дослідження дозволять описати десятки або навіть сотні нових видів паразитів з Південного океану (Chown et al., 2015), найбільш перспективними напрямками вивчення антарктичних паразитів вважаються популяційні та еколого-паразитологічні дослідження паразитарних угруповань хребетних, зокрема, морських риб (MacKenzie, 2017). Глобальні кліматичні зміни, а також антропогенний вплив на екосистеми, що є найбільш вираженим у полярних регіонах, призводить до порушень еволюційно сформованих паразито-хазяїнних відносин та до руйнування сталих паразитарних угруповань. І окремі найбільш чутливі види паразитів є важливими індикаторами таких екологічних змін.

Вивчення структури угруповань паразитів кісткових риб Антарктики в динаміці дозволить визначити швидкість та напрямки екологічних змін в окремих регіонах Південного океану. Більше того, враховуючи наявність великої кількості паразитів риб, які мають зоонозне значення та становлять загрозу здоров'ю людини, такі як анізакідні нематоди, або дифілоботрийдні цестоди, вивчення розповсюдженості різних груп паразитів антарктичних риб набуває особливої актуальності. Очевидно, що зміни клімату призводять до збільшення зараженості риб та морських тварин паразитами (Karvonen et al., 2010) та до розповсюдження паразитів з полярних у більш теплі регіони Світового океану, що неодмінно призведе до необхідності контролю цих паразитів. Саме тому довгостроковий еколого-паразитологічний моніторинг морських та прибережних екосистем Антарктики, на прикладі регіону Аргентинських островів, є необхідним та дозволить дослідити швидкість та напрямки екологічних змін в морських екосистемах навколо Антарктичного континенту у подальшому.

Внесок авторів. Концепція статті, написання реферату, тексту та аналіз літератури: ЮК, ТК. Врахування зауважень та внесення змін у текст: ТК. Загалом, внесок обох співавторів у даній роботі є рівноцінним. Обидва автори прочитали та погодилися з опублікованою версією рукопису.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Посилання

Салганський О.О. Дослідження українських вчених на антарктичній станції «Академік Вернадський». Сучасне птахівництво, 2014, 12 (145), 28–32.

Andriashev, A.P.: A general review of the Antarctic bottom fish fauna, in: Proceedings of the 5th Congress of European Ichthyologists (Stockholm, 1985), edited by: Kullander, S.O., Fernholm, B.O., Stockholm, Swedish Museum of Natural History, 357–372, 1987.

Baird, W.: Descriptions of some new species of entozoa from the collection of the British Museum, Annals and Magazine of Natural History, 21 (1), 18–25, doi:10.1111/j.1469-7998.1853.tb07169.x, 1853.

Barnes, D.K.A., Peck, L.S.: Vulnerability of Antarctic shelf biodiversity to predicted regional warming, Climate Research, 37, 149–163, doi:10.3354/cr00760, 2008.

Barrera-Oro, E.: The role of fish in the Antarctic marine food web: differences between inshore and offshore waters in the southern Scotia Arc and west Antarctic Peninsula, Antarctic Science, 14 (4), 293–309, doi:10.1017/S0954102002000111, 2002.

Barrera-Oro, E.R., Marschoff, E.: Information on the status of fjord *Notothenia rossii*, *Gobionotothen gibberifrons* and *Notothenia coriiceps* in the lower South Shetland Islands, derived from the 2000–2006 monitoring program at Potter Cove, CCAMLR Science, 14, 83–87, 2007.

Bray, R.A., Waeschenbach, A., Dyal, P., Littlewood, D.T.J., Morand, S.: New digeneans (Opcoelidae) from hydrothermal vent fishes in the south eastern Pacific Ocean, including one new genus and five new species, Zootaxa, 3768 (1), 73–87, doi:10.11646/zootaxa.3768.1.5, 2014.

Casaux, R., Barrera-Oro, E., Baroni, A., Ramón, A.: Ecology of inshore notothenioid fish from the Danco Coast, Antarctic Peninsula, Polar Biology, 26, 157–165, doi:10.1007/s00300-002-0463-y, 2003.

Chown, S.L., Clarke, A., Fraser, C.I., Cary, S.C., Moon, K.L., McGeoch, M.A.: The changing form of Antarctic biodiversity, Nature, 522, 431–438, doi:10.1038/nature14505, 2015.

Clarke, A., Johnston, N.M., Murphy, E.J., Rogers, A.D.: Introduction. Antarctic ecology from genes to ecosystems: the impact of climate change and the importance of scale, Philosophical Transactions of the Royal Society, B, 362, 5–9, doi:10.1098/rstb.2006.1943, 2006.

Faltýnková, A., Georgieva, S., Kostadinova, A., Bray, R.A.: Biodiversity and evolution of digeneans of fishes in the Southern Ocean, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer Nature, Cham, 9, 49–75, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_5, 2017.

Heglasová, I., Nezhybová, V., Příkrylová, I.: An amended description of two Gyrodactylus species (Platyhelminthes: Monogenea) parasitizing Antarctic Notothenioid fish, Journal of Helminthology, 94, e20, doi:10.1017/S0022149X18001098, 2018.

Hudson, P.J., Dobson, A.P., Lafferty, K.D.: Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? Trends in Ecology and Evolution, 21 (7), 381–385, doi:10.1016/j.tree.2006.04.007, 2006.

Karvonen, A., Rintamäki, P., Jokela, J., Tellervo Valtonen, E.: Increasing water temperature and disease risks in aquatic systems: Climate change increases the risk of some, but not all, diseases, International Journal for Parasitology, 40 (13), 1483–1488, doi:10.1016/j.ijpara.2010.04.015, 2010.

Klapper, R., Münster J., Kochmann J., Klimpel S., Kuhn T.: Biodiversity and host specificity of Monogenea in Antarctic fish species, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel S., Kuhn, T., Heinz Mehlhorn, H., Springer, Cham, 9, 33–48, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_4, 2017.

Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H.: Introduction: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer, Cham, 9, 1–5, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_1, 2017.

Kriticos, D.J., Sutherst, R.W., Brown, J.R., Adkins, S.W., Maywald, G.F.: Climate change and biotic invasions: a case history of a tropical woody vine, Biological Invasions, 5, 147–165, doi:10.1023/A:1026193424587, 2003.

Kuzmina, T.A., Salganskij, O.O., Lisitsyna, O.I., Korol, E.M.: Helminths of Antarctic rockcod *Notothenia coriiceps* (Perciformes, Nototheniidae) from the Akademik Vernadsky Station area (Argentine Islands, West Antarctica): new data on the parasite community, Zoodiversity, 54 (2), 99–110, doi:10.15407/zoo2020.02.099, 2020.

Laskowski, Z., Rocka, A.: Molecular identification larvae of *Onchobothrium antarcticum* (Cestoda: Tetraphyllidea) from marbled rockcod, *Notothenia rossii*, in Admiralty Bay (King George Island, Antarctica), Acta Parasitologica, 59, 767–772, doi:10.2478/s11686-014-0301-8, 2014.

Laskowski, Z., Zdzitowiecki, K.: The helminth fauna of some notothenioid fishes collected from the shelf of Argentine Islands, West Antarctica, Polish Polar Research, 26 (4), 315–324, 2005.

Laskowski, Z., Zdzitowiecki, K.: Acanthocephalans in Sub-Antarctic and Antarctic, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer, Cham, 9, 141–182, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_8, 2017.

Laskowski, Z., Jeżewski, W., Zdzitowiecki, K.: New data on the occurrence of Acanthocephala in Antarctic Amphipoda, Acta Parasitologica, 55, 161–166, doi:10.2478/s11686-010-0022-6, 2010.

- Laskowski, Z., Korczak-Abshire, M., Zdzitowiecki, K.: Changes in acanthocephalan infection of the Antarctic fish *Notothenia coriiceps* in Admiralty Bay, King George Island, over 29 years, Polish Polar Research, 33 (1), 99–108, doi:10.2478/v10183-012-0005-4, 2012.
- Mattiucci, S., Nascetti, G.: Genetic diversity and infection levels of anisakid nematodes parasitic in fish and marine mammals from Boreal and Austral hemispheres, Veterinary Parasitology, 148 (1), 43–57, doi:10.1016/j.vetpar.2007.05.009, 2007.
- MacKenzie, K.: The history of Antarctic parasitological research, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer Nature, Cham, 9, 13–31, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_3, 2017.
- Mouritsen, K.N., Poulin, R.: Parasitism, climate oscillations and the structure of natural communities, Oikos, 97 (3), 462–468, doi:10.1034/j.1600-0706.2002.970318.x, 2002.
- Mouritsen, K.N., Tompkins, D.M., Poulin, R.: Climate warming may cause a parasite-induced collapse in coastal amphipod populations, Oecologia, 146 (3), 476–483, doi:10.1007/s00442-005-0223-0, 2005.
- Near, T.J.: Notothenioid fishes (Notothenioidei), in: The timetree of life, edited by: Hedges, S.B., Kumar, S., Oxford University Press, Oxford, 339–343, 2009.
- Oğuz, M.C., Heckmann, R.A., Cheng, C.H.C., El-Naggar A., Tepe, Y.: Ecto and endoparasites of some fishes from the Antarctic region, Scientia Parasitologica, 13 (3), 119–128, 2012.
- Oğuz, M.C., Tepe, Y., Belk, M.C., Heckmann, R.A., Aslan, B., Gürgen, M., Bray, R.A., Akgül, Ü.: Metazoan parasites of Antarctic fishes, Turkish Journal of Parasitology, 39, 174–178, doi:10.5152/tpd.2015.3661, 2015.
- Potocki, M., Mayewski, P.A., Kurbatov, A.V., Simões, J.C., Dixon, D.A., Goodwin, I., Carleton, A.M., Handley, M.J., Jaña, R., Korotkikh, E.V.: Recent increase in Antarctic Peninsula ice core uranium concentrations, Atmospheric Environment, 140, 381–385, doi:10.1016/j.atmosenv.2016.06.010, 2016.
- Poulin, R.: Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites, Parasitology, 132, 143–151, doi:10.1017/S0031182005008693, 2006.
- Poulin, R., Mouritsen, K.N.: Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems, Journal of Helminthology, 80 (2), 183–191, doi:10.1079/JOH2006341, 2006.
- Rocka, A.: Nematodes of fishes in the Weddell Sea (Antarctic), Acta Parasitologica, 47, 294–299, 2002.
- Rocka, A.: Cestodes of the Antarctic fishes, Polish Polar Research, 24, 261–276, 2003.
- Rocka, A.: Nematodes of the Antarctic fishes, Polish Polar Research, 25, 135–152, 2004.
- Rocka, A.: Helminths of Antarctic fishes: life cycle biology, specificity and geographical distribution, Acta Parasitologica, 51 (1), 26–35, doi:10.2478/s11686-006-0003-y, 2006.
- Salganskij, O. O., Kuzmina, T. A., Kharchenko, V. A.: Endo- and ectoparasites of *Notothenia coriiceps*: preliminary results of studies on the Vernadsky research station (Antarctica) in 2014–2015, in: XVI Konferentsiia Ukrainskoho naukovoho tovarystva parazytolohiv (Lviv, 18–21 veresnia 2017 r.): Tezy dopovidei [Abstracts of the XVI Conference Ukrainian Scientific Society of Parasitologists (Lviv, 18–21 September, 2017)], edited by: Akimov, I.A., Kyiv, 121, 2017.
- Shirihai, H.: A complete guide to Antarctic wildlife, 2nd Edition, Princeton University Press, Princeton, London, 544 pp., 2008.
- Simões, J.C., Dani N., Bremer U.F., Aquino F.E., Neto J.A.: Small cirque glaciers retreat on Keller Peninsula, Admiralty Bay, King George Island, Antarctica, Pesquisa Antártica Brasileira, 4, 49–56, 2004.
- Szostakowska, B., Myjak, P., Wyszynski, M., Pietkiewicz, H., Rokicki, J.: Prevalence of anisakid nematodes in fish from southern Baltic Sea, Polish Journal of Microbiology, 54, 41–45, 2005.
- Thomas, R., Rignot, E., Casassa, G., Kanagaratnam, P., Acuña, C., Akins, T., Brecher, H., Frederick, E., Gogineni, P., Krabill, W., ... Zwally, J.: Accelerated sea-level rise from West Antarctica, Science, 306 (5694), 255–258, doi:10.1126/science.1099650, 2004.
- Utevsy, A.Y.: Antarctic piscicolid leeches, edited by: Schuchmann K.-L., Bonner Zoologische Monographien, Bonn, 54, 1–80, 2007.
- Von, Linstow O.: Helminthen von Südgeorgien. Nach der Ausbeute der Deutschen Expedition von 1882–1883, Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten, 9, 59–77, 1891.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F.: Ecological responses to recent climate change, Nature, 416, 389–395, doi:10.1038/416389a, 2002.
- Wojciechowska, A.: The tetraphyllidean and tetrabothriid cercoids from Antarctic bony fishes. I. Morphology. Identification with adult forms, Acta Parasitologica, 38, 15–22, 1993.
- Wojciechowska, A., Zdzitowiecki, K., Pisano, E., Vacchi, M.: The tetraphyllidean cercoids from bony fishes occurring in the Ross Sea (Antarctic), Acta Parasitologica, 39, 13–15, 1994.
- Wojciechowska, A., Pisano, E., Zdzitowiecki, K.: Cestodes in fishes at the Heard Island (Subantarctic), Polish Polar Research, 16 (3–4), 205–212, 1995.
- Yazdi, S.K., Shakouri, B.: The effects of climate change on aquaculture, International Journal of Environmental Science and Development, 1 (5), 378–382, 2010.
- Zdzitowiecki, K.: On the occurrence of juvenile acanthocephalans of the genus *Corynosoma* Lühe, 1904 in fishes off South Georgia and South Shetland Islands (the Antarctic), Acta Ichthyologica et Piscatoria, 8, 111–127, 1978.
- Zdzitowiecki, K.: Acanthocephala of the Antarctic, Polish Polar Research, 7, 79–117, 1986.
- Zdzitowiecki, K.: Acanthocephalans of marine fishes in the regions of South Georgia and South Orkneys (Antarctic), Acta Parasitologica Polonica, 31, 211–217, 1987.

Zdzitowiecki, K., Cielecka, D.: Digenea of fishes of the Weddell Sea. III. The Lepocreadiidae (genera Neolepidapedon and Lepidapedon), parasites of Notothenioida, Acta Parasitologica, 42(2), 84–91, 1997.

Zdzitowiecki, K., Laskowski, Z.: Helminths of an Antarctic fish, *Notothenia coriiceps*, from the Vernadsky Station (Western Antarctica) in comparison with Admiralty Bay (South Shetland Islands), Helminthologia, 41, 201–207, 2004.

Zdzitowiecki, K., White, M.G., Rocka, A.: Digenean, monogenean and cestode infection of inshore fish at the South Orkney Islands, Acta Parasitologica, 42 (1), 18–22, 1997.

References

Salganskij, O.O.: Doslidzhennia ukrainskykh vchenykh na antarktychnii stantsii "Akademik Vernadskiy" [Research of the Ukrainian scientists at the Antarctic station "Academik Vernadskiy"], Suchasne ptakhivnytstvo [Modern aviculture], 12 (145), 28–32, 2014 (in Ukrainian).

Andriashev, A.P.: A general review of the Antarctic bottom fish fauna, in: Proceedings of the 5th Congress of European Ichthyologists (Stockholm, 1985), edited by: Kullander, S.O., Fernholm, B.O., Stockholm, Swedish Museum of Natural History, 357–372, 1987.

Baird, W.: Descriptions of some new species of entozoa from the collection of the British Museum, Annals and Magazine of Natural History, 21 (1), 18–25, doi:10.1111/j.1469-7998.1853.tb07169.x, 1853.

Barnes, D.K.A., Peck, L.S.: Vulnerability of Antarctic shelf biodiversity to predicted regional warming, Climate Research, 37, 149–163, doi:10.3354/cr00760, 2008.

Barrera-Oro, E.: The role of fish in the Antarctic marine food web: differences between inshore and offshore waters in the southern Scotia Arc and west Antarctic Peninsula, Antarctic Science, 14 (4), 293–309, doi:10.1017/S0954102002000111, 2002.

Barrera-Oro, E.R., Marschoff, E.: Information on the status of fjord *Notothenia rossii*, *Gobionotothen gibberifrons* and *Notothenia coriiceps* in the lower South Shetland Islands, derived from the 2000–2006 monitoring program at Potter Cove, CCAMLR Science, 14, 83–87, 2007.

Bray, R.A., Waeschenbach, A., Dyal, P., Littlewood, D.T.J., Morand, S.: New digeneans (Opaeoelidae) from hydrothermal vent fishes in the south eastern Pacific Ocean, including one new genus and five new species, Zootaxa, 3768 (1), 73–87, doi:10.11646/zootaxa.3768.1.5, 2014.

Casaux, R., Barrera-Oro, E., Baroni, A., Ramón, A.: Ecology of inshore notothenioid fish from the Danco Coast, Antarctic Peninsula, Polar Biology, 26, 157–165, doi:10.1007/s00300-002-0463-y, 2003.

Chown, S.L., Clarke, A., Fraser, C.I., Cary, S.C., Moon, K.L., McGeoch, M.A.: The changing form of Antarctic biodiversity, Nature, 522, 431–438, doi:10.1038/nature14505, 2015.

Clarke, A., Johnston, N.M., Murphy, E.J., Rogers, A.D.: Introduction. Antarctic ecology from genes to ecosystems: the impact of climate change and the importance of scale, Philosophical Transactions of the Royal Society, B, 362, 5–9, doi:10.1098/rstb.2006.1943, 2006.

Faltýnková, A., Georgieva, S., Kostadinova, A., Bray, R.A.: Biodiversity and evolution of digeneans of fishes in the Southern Ocean, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer Nature, Cham, 9, 49–75, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_5, 2017.

Heglasová, I., Nezhybová, V., Příkrylová, I.: An amended description of two Gyrodactylus species (Platyhelminthes: Monogenea) parasitizing Antarctic Notothenioid fish, Journal of Helminthology, 94, e20, doi:10.1017/S0022149X18001098, 2018.

Hudson, P.J., Dobson, A.P., Lafferty, K.D.: Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? Trends in Ecology and Evolution, 21 (7), 381–385, doi:10.1016/j.tree.2006.04.007, 2006.

Karvonen, A., Rintamäki, P., Jokela, J., Tellervo Valtonen, E.: Increasing water temperature and disease risks in aquatic systems: Climate change increases the risk of some, but not all, diseases, International Journal for Parasitology, 40 (13), 1483–1488, doi:10.1016/j.ijpara.2010.04.015, 2010.

Klapper, R., Münster J., Kochmann, J., Klimpel S., Kuhn, T.: Biodiversity and host specificity of Monogenea in Antarctic fish species, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel S., Kuhn, T., Heinz Mehlhorn, H., Springer, Cham, 9, 33–48, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_4, 2017.

Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H.: Introduction: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer, Cham, 9, 1–5, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_1, 2017.

Kriticos, D.J., Sutherst, R.W., Brown, J.R., Adkins, S.W., Maywald, G.F.: Climate change and biotic invasions: a case history of a tropical woody vine, Biological Invasions, 5, 147–165, doi:10.1023/A:1026193424587, 2003.

Kuzmina, T.A., Salganskij, O.O., Lisitsyna, O.I., Korol, E.M.: Helminths of Antarctic rockcod *Notothenia coriiceps* (Perciformes, Nototheniidae) from the Akademik Vernadsky Station area (Argentine Islands, West Antarctica): new data on the parasite community, Zootaxa, 54 (2), 99–110, doi:10.15407/zoo2020.02.099, 2020.

Laskowski, Z., Rocka, A.: Molecular identification larvae of *Onchobothrium antarcticum* (Cestoda: Tetraphyllidae) from marbled rockcod, *Notothenia rossii*, in Admiralty Bay (King George Island, Antarctica), Acta Parasitologica, 59, 767–772, doi:10.2478/s11686-014-0301-8, 2014.

Laskowski, Z., Zdzitowiecki, K.: The helminth fauna of some notothenioid fishes collected from the shelf of Argentine

Islands, West Antarctica, Polish Polar Research, 26 (4), 315–324, 2005.

Laskowski, Z., Zdzitowiecki, K.: Acanthocephalans in Sub-Antarctic and Antarctic, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer, Cham, 9, 141–182, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_8, 2017.

Laskowski, Z., Jeżewski, W., Zdzitowiecki, K.: New data on the occurrence of Acanthocephala in Antarctic Amphipoda, Acta Parasitologica, 55, 161–166, doi:10.2478/s11686-010-0022-6, 2010.

Laskowski, Z., Korczak-Abshire, M., Zdzitowiecki, K.: Changes in acanthocephalan infection of the Antarctic fish *Notothenia coriiceps* in Admiralty Bay, King George Island, over 29 years, Polish Polar Research, 33 (1), 99–108, doi:10.2478/v10183-012-0005-4, 2012.

Mattiucci, S., Nascetti, G.: Genetic diversity and infection levels of anisakid nematodes parasitic in fish and marine mammals from Boreal and Austral hemispheres, Veterinary Parasitology, 148 (1), 43–57, doi:10.1016/j.vetpar.2007.05.009, 2007.

MacKenzie, K.: The history of Antarctic parasitological research, in: Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean, Parasitology Research Monographs, edited by: Klimpel, S., Kuhn, T., Mehlhorn, H., Springer Nature, Cham, 9, 13–31, doi:10.1007/978-3-319-46343-8_3, 2017.

Mouritsen, K.N., Poulin, R.: Parasitism, climate oscillations and the structure of natural communities, Oikos, 97 (3), 462–468, doi:10.1034/j.1600-0706.2002.970318.x, 2002.

Mouritsen, K.N., Tompkins, D.M., Poulin, R.: Climate warming may cause a parasite-induced collapse in coastal amphipod populations, Oecologia, 146 (3), 476–483, doi:10.1007/s00442-005-0223-0, 2005.

Near, T.J.: Notothenioid fishes (Notothenioidei), in: The timetree of life, edited by: Hedges, S.B., Kumar, S., Oxford University Press, Oxford, 339–343, 2009.

Oğuz, M.C., Heckmann, R.A., Cheng, C.H.C., El-Naggar A., Tepe, Y.: Ecto and endoparasites of some fishes from the Antarctic region, Scientia Parasitologica, 13, 119–128, 2012.

Oğuz, M.C., Tepe, Y., Belk, M.C., Heckmann, R.A., Aslan, B., Gürgen, M., Bray, R.A., Akgül, Ü.: Metazoan parasites of Antarctic fishes, Turkish Journal of Parasitology, 39, 174–178, doi:10.5152/tpd.2015.3661, 2015.

Potocki, M., Mayewski, P.A., Kurbatov, A.V., Simões, J.C., Dixon, D.A., Goodwin, I., Carleton, A.M., Handley, M.J., Jaña, R., Korotkikh, E.V.: Recent increase in Antarctic Peninsula ice core uranium concentrations, Atmospheric Environment, 140, 381–385, doi:10.1016/j.atmosenv.2016.06.010, 2016.

Poulin, R.: Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites, Parasitology, 132, 143–151, doi:10.1017/S0031182005008693, 2006.

Poulin, R., Mouritsen, K.N.: Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems, Journal of Helminthology, 80 (2), 183–191, doi:10.1079/JOH2006341, 2006.

Rocka, A.: Nematodes of fishes in the Weddell Sea (Antarctic), Acta Parasitologica, 47, 294–299, 2002.

Rocka, A.: Cestodes of the Antarctic fishes, Polish Polar Research, 24, 261–276, 2003.

Rocka, A.: Nematodes of the Antarctic fishes, Polish Polar Research, 25, 135–152, 2004.

Rocka, A.: Helminths of Antarctic fishes: life cycle biology, specificity and geographical distribution, Acta Parasitologica, 51 (1), 26–35, doi:10.2478/s11686-006-0003-y, 2006.

Salganskij, O. O., Kuzmina, T. A., Kharchenko, V. A.: Endo- and ectoparasites of *Notothenia coriiceps*: preliminary results of studies on the Vernadsky research station (Antarctica) in 2014–2015, in: XVI Konferentsiia Ukrainskoho naukovoho tovarystva parazytologiv (Lviv, 18–21 veresnia 2017 r.): Tezy dopovidei [Abstracts of the XVI Conference Ukrainian Scientific Society of Parasitologists (Lviv, 18–21 September, 2017)], edited by: Akimov, I.A., Kyiv, 121, 2017.

Shirihai, H.: A complete guide to Antarctic wildlife, 2nd Edition, Princeton University Press, Princeton, London, 544 pp., 2008.

Simões, J.C., Dani, N., Bremer, U.F., Aquino, F.E., Neto, J.A.: Small cirque glaciers retreat on Keller Peninsula, Admiralty Bay, King George Island, Antarctica, Pesquisa Antártica Brasileira, 4, 49–56, 2004.

Zsostakowska, B., Myjak, P., Wyszynski, M., Pietkiewicz, H., Rokicki, J.: Prevalence of anisakid nematodes in fish from southern Baltic Sea, Polish Journal of Microbiology, 54, 41–45, 2005.

Thomas, R., Rignot, E., Casassa, G., Kanagaratnam, P., Acuña, C., Akins, T., Brecher, H., Frederick, E., Gogineni, P., Krabill, W., ... Zwally, J.: Accelerated sea-level rise from West Antarctica, Science, 306, 255–258, doi:10.1126/science.1099650, 2004.

Utevsky, A.Y.: Antarctic piscicolid leeches, edited by: Schuchmann K.-L., Bonner Zoologische Monographien, Bonn, 54, 1–80, 2007.

Von, Linstow O.: Helminthen von Südgeorgien. Nach der Ausbeute der Deutschen Expedition von 1882–1883, Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten, 9, 59–77, 1891.

Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F.: Ecological responses to recent climate change, Nature, 416, 389–395, doi:10.1038/416389a, 2002.

Wojciechowska, A.: The tetraphyllidean and tetrabothriid cercoids from Antarctic bony fishes. I. Morphology. Identification with adult forms, Acta Parasitologica, 38, 15–22, 1993.

Wojciechowska, A., Zdzitowiecki, K., Pisano, E., Vacchi, M.: The tetraphyllidean cercoids from bony fishes occurring in the Ross Sea (Antarctic), Acta Parasitologica, 39, 13–15, 1994.

Wojciechowska, A., Pisano, E., Zdzitowiecki, K.: Cestodes in fishes at the Heard Island (Subantarctic), Polish Polar Research, 16 (3–4), 205–212, 1995.

Yazdi, S.K., Shakouri, B.: The effects of climate change on aquaculture, *International Journal of Environmental Science and Development*, 1 (5), 378–382, 2010.

Zdzitowiecki, K.: On the occurrence of juvenile acanthocephalans of the genus *Corynosoma* Lühe, 1904 in fishes off South Georgia and South Shetland Islands (the Antarctic), *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 8, 111–127, 1978.

Zdzitowiecki, K.: Acanthocephala of the Antarctic, *Polish Polar Research*, 7, 79–117, 1986.

Zdzitowiecki, K.: Acanthocephalans of marine fishes in the regions of South Georgia and South Orkneys (Antarctic), *Acta Parasitologica Polonica*, 31, 211–217, 1987.

Zdzitowiecki, K., Cielecka, D.: Digenea of fishes of the Weddell Sea. III. The Lepocreadiidae (genera *Neolepidapedon* and *Lepidapedon*), parasites of Notothenioidea, *Acta Parasitologica*, 42 (2), 84–91, 1997.

Zdzitowiecki, K., Laskowski, Z.: Helminths of an Antarctic fish, *Notothenia coriiceps*, from the Vernadsky Station (Western Antarctica) in comparison with Admiralty Bay (South Shetland Islands), *Helminthologia*, 41, 201–207, 2004.

Zdzitowiecki, K., White, M.G., Rocka, A.: Digenean, monogenean and cestode infection of inshore fish at the South Orkney Islands, *Acta Parasitologica*, 42 (1), 18–22, 1997.

Надійшов: 9 травня 2020
Прийнятий: 6 червня 2020

Y. Kvach^{1,2,3}, T. Kuzmina^{4,5,*}

¹ Institute of Marine Biology, National Academy of Sciences of Ukraine, Odessa, 65011, Ukraine

² Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa, 65002, Ukraine

³ Odessa State Agrarian University, Odessa, 65012, Ukraine

⁴ I.I. Schmalhausen Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 01030, Ukraine

⁵ National Museum of Natural History, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 01030, Ukraine

* Corresponding author: taniak@izan.kiev.ua

Parasitological research in Antarctica: review of the issues and future prospects

Abstract. This paper provides an overview of parasitological research conducted in Antarctica, particularly near the Ukrainian Antarctic Akademik Vernadsky station. Taking into account the global climate and anthropogenic changes that lead to the destruction of natural ecosystems of the Southern ocean and the abundance of fish parasites of zoonotic significance posing a threat to human health, investigations of the animal parasite communities in the Antarctic, including in the teleost fishes, become of special relevance. Further long-term ecological and parasitological monitoring of Antarctic marine and coastal ecosystems is necessary and will allow to investigate the speed and directions of ecological changes in Antarctic marine ecosystems.

Keywords: fish, marine parasitology, Notothenioidea, parasites, Ukrainian Antarctic Akademik Vernadsky station