



<https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i08.021>

KARPSIMON BALIQLAR (CYPRINIFORMES) INVAZIVLIGINING FIZIOLOGIK MEXANIZMLARI HAQIDA ADABIYOTLAR SHARHI

Ashuraliyeva Shaxnoza Ulug‘bekovna

Farg‘ona davlat universiteti, mustaqil tadqiqotchi

Telefon: +998 93 593 00 50

E-mail: shahnoza.ashuralieva@icloud.com

Zokirov Islomjon Ilhomjonovich

Farg‘ona davlat universiteti, b.f.d., professor

E-mail: izokirov.biol79@gmail.com

Annotatsiya. Biologik invaziyalar chuchuk suv ekotizimlari bioxilma-xilligiga tahdid soluvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi, biroq kiritilgan turlarning barchasi ham muvaffaqiyatli invaziyaga erishmaydi. Mazkur maqolada baliqlar invazivligini ta‘minlovchi uchta asosiy fiziologik mexanizm, ya‘ni termal tolerantlik, gipoksiyaga chidamlilik va reproduktiv salohiyat so‘nggi yillardagi xalqaro tadqiqotlar asosida tizimli umumlashtirilgan. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, invaziv turlar odatda kengroq termal chidamlilik (yuqori kritik termal maksimum), samaraliroq metabolism va gipoksiyaga chidamlilik hamda yuqoriroq reproduktiv salohiyatga ega bo‘lib, ushbu fiziologik ustunliklar o‘zaro bog‘liq holda ularning muvaffaqiyatli tarqalishini ta‘minlaydi. Shuningdek, ushbu fiziologik mexanizmlarning Markaziy Osiyo, xususan Farg‘ona vodiysi baliqlari sharoitida deyarli o‘rganilmagani aniqlanib, kelgusi ekofiziologik tadqiqotlar zarurati asoslangan.

Kalit so‘zlar: invaziv baliqlar, fiziologik tolerantlik, kritik termal maksimum (CT_{max}), gipoksiyaga chidamlilik, standart metabolism, reproduktiv salohiyat, invaziya mexanizmi, karpsimonlar.

Abstract. Biological invasions are among the main threats to the biodiversity of freshwater ecosystems, yet not all introduced species become successful invaders. This paper systematically reviews three key physiological mechanisms underlying fish invasiveness, namely thermal tolerance, hypoxia tolerance and reproductive potential, based on recent international research. The analysis shows that invasive species typically possess a broader thermal tolerance (higher critical thermal maximum), more efficient metabolism and hypoxia tolerance, and higher reproductive potential; these physiological advantages act together to ensure their successful spread. The review also reveals that these mechanisms have hardly been studied in the fishes of Central Asia, particularly the Fergana Valley, thereby justifying the need for future ecophysiological research comparing endemic and invasive species.

Key words: invasive fish, physiological tolerance, critical thermal maximum (CT_{max}), hypoxia tolerance, standard metabolic rate, reproductive potential, invasion mechanism, cypriniform fishes.

Аннотация. Биологические инвазии являются одним из основных факторов угрозы биоразнообразию пресноводных экосистем, однако не все интродуцированные виды становятся успешными инвайдерами. В статье систематически обобщены три ключевых физиологических механизма, обуславливающих инвазивность рыб, а именно термическая толерантность, устойчивость к гипоксии и репродуктивный потенциал, на основе современных международных исследований. Анализ показывает, что инвазивные виды обычно обладают более широкой термической толерантностью (высокий критический термический максимум), более эффективным метаболизмом и устойчивостью к гипоксии, а также более высоким репродуктивным потенциалом; эти физиологические преимущества совместно обеспечивают их успешное распространение. Установлено, что данные механизмы почти не изучены у рыб Центральной Азии, в частности Ферганской долины, что обосновывает необходимость дальнейших экофизиологических исследований.

Ключевые слова: инвазивные рыбы, физиологическая толерантность, критический термический максимум (CT_{max}), устойчивость к гипоксии, стандартный обмен, репродуктивный потенциал, механизм инвазии, карпообразные.

Kirish. Biologik invaziyalar hozirgi kunda global bioxilma-xillik va suv ekotizimlari barqarorligi uchun eng jiddiy tahdidlardan biri hisoblanadi [1]. Chuchuk suv baliqlari orasida invaziv turlar mahalliy va endem turlar bilan oziqa va yashash joyi uchun raqobatga kirishib, ularning sonini kamaytiradi va ayrim hollarda yo‘qolishiga olib keladi. Biroq muhim jihat shundaki, yangi hududga kirgan turlarning barchasi ham muvaffaqiyatli invaziyaga erishmaydi. Faqat ma’lum biologik va fiziologik ustunlikka ega turlargina yangi muhitni egallay oladi. Shu bois turlarning invazivligini oldindan bashorat qilish invaziya biologiyasining markaziy masalasiga aylangan.

An’anaviy yondashuv invazivlikni asosan hayotiy-tarixiy xususiyatlar, ya’ni pushtdorlik, o‘shish tezligi, tana o‘lchami va harorat diapazoni orqali bashorat qiladi [2, 3, 4]. Biroq ushbu yondashuvning jiddiy cheklovi ham aniqlangan. Chunki, klassik hayotiy-tarixiy bashoratlar chuchuk suv baliqlarida universal tarzda ishlamasligini ko‘rsatdi [5]. Aynan shu qarama-qarshilik tadqiqotchilarni organizmning muhitga chidamliligini bevosita o‘lchaydigan fiziologik (mexanistik) yondashuvga yo‘naltirdi. Kritik kislorod darajasi, kritik termal maksimum va suzish tezligi kabi murakkab fiziologik ko‘rsatkichlar esa turning muhitga chidamliligini yaxlit aks ettirishi asoslab berilgan [6].

Ushbu sharhning maqsadi baliqlar invazivligini ta’minlovchi uchta asosiy fiziologik mexanizmi, ya’ni termal tolerantlik, gipoksiyaga chidamlilik va reproduktiv salohiyatni so‘nggi yillardagi xalqaro tadqiqotlar asosida tizimli umumlashtirish hamda ularning Markaziy Osiyo, xususan Farg‘ona vodiysi baliqlari sharoitidagi o‘rganilganlik holatini baholashdir.

Termal tolerantlik. Harorat suvdagi hayotni cheklovchi asosiy abiotik omillardan biri bo‘lib, baliqning termal chidamliligi uning geografik va ekologik tarqalish chegaralarini bevosita belgilaydi. Termal tolerantlik ko‘pincha kritik termal maksimum (CT_{max}) ko‘rsatkichi orqali o‘lchanadi [6]. Invaziya holatida umumiy tendensiya shundaki, invaziv turlar qardosh mahalliy turlarga nisbatan ko‘pincha yuqoriroq issiqbardoshlikka ega, biroq bu natija namuna qaysi arealdan olinganiga ham bilvosita bog‘liq [7].

Termal chidamlilik tur ichida ham sezilarli o‘zgaruvchan bo‘ladi. Ko‘plab turlar bo‘yicha CT_{max} ko‘rsatkichidagi tur ichidagi o‘zgaruvchanlik geografik kenglik va filogenez bilan bog‘liqligini ko‘rsatdi [8, 9]. Ushbu natijalar iqlim isishi sharoitida invaziv turlarning keng termal diapazoni ularga qo‘shimcha afzallik berishini, mahalliy va endem turlarning tor termal chegarasi esa ularni qo‘shimcha bosim ostiga qo‘yishini ko‘rsatadi.

Gipoksiyaga chidamlilik va metabolizm. Suvdagi kislorod miqdori, ayniqsa iliq va turg‘un suv havzalarida, baliqlar uchun muhim cheklovchi omil hisoblanadi. Gipoksiyaga chidamlilik odatda kritik kislorod taranglig‘i (P_{crit}) va standart metabolizm tezligi (SMR) ko‘rsatkichlari orqali baholanadi. Verberk va boshqalar [10] 195 tur bo‘yicha keng ma‘lumotlar bazasini tuzib, gipoksiyabardoshlik aniq filogenetik signalga, haroratga hamda tana massasi va hujayra o‘lchamiga bog‘liqligini, chuchuk suv baliqlari esa dengiz turlariga nisbatan chidamliroq ekanini aniqladi.

Muhim jihat shundaki, termal va gipoksik chidamlilik o‘zaro bog‘liq. Blasco tadqiqotlarida [11] CT_{max} va gipoksiya ko‘rsatkichlarini bir xil individlarda o‘lchab, issiqbardosh individlar ko‘pincha gipoksiyaga ham chidamli ekanini ko‘rsatdi. Ridgway va Scott [12] hamda Williams va boshqalar [13] harorat va gipoksiyaning bir-biriga bog‘liq holda ta‘sir qilishini, ya‘ni suv isiganda kislorodga ehtiyoj ortishi va shu bilan gipoksiyaga chidamlilik pasayishini, hamda tabiiy sharoitdagidek o‘zgarib turadigan (tebranuvchi) sharoitga akklimatsiya chidamlilikni oshirishini isbotladi.

Ayrim karpsimon turlar gipoksiyaga chidamlilikning namunaviy misolidir. *Carassius* avlodi vakillari eng gipoksiyabardosh baliqlardan biri sifatida tanilgan va hatto anoksiyada yashab qola oladi [14, 15]. Nemacheilid karpsimonlardan *Triplophysa* avlodi esa Tibet platosida sovuq va gipoksiyaga moslashish bo‘yicha model hisoblanadi. Uning gipoksiya-indutsirlovchi omillari va genomi molekulyar darajada chuqur o‘rganilgan [16, 17, 18]. Biroq bu tadqiqotlar deyarli faqat Tibet platosi turlariga qaratilgan.

Reproduktiv salohiyat. Ko‘payish bioekologiyasi invazivlikning uchinchi muhim tarkibiy qismidir. Erta jinsiy yetilish, yuqori pushtdorlik va uzoq urchish davri invaziv turlarga yangi hududda tez ko‘payish va sonini oshirish imkonini beradi. Pushtdorlik individual pushtdorlik (IPP), gonadosomatik indeks (GSI), oosit o‘lchamlari va gonad yetuklik bosqichlari orqali baholanadi.

Karpsimonlar orasida bu strategiya yaqqol namoyon bo‘ladi. *Pseudorasbora parva* erda jinsiy yetilish, yuqori pushtdorlik va uzoq urchish davri bilan ajralib turadi. Uning gonadosomatik indeksi bahor va yozda yuqori bo‘lib, cho‘zilgan reproduktiv davrni ko‘rsatishi aniqlangan [19]. Uning yuqori trofik plastikligi ham keng ivaziyani ta‘minlaydi [20]. *Carassius gibelio* esa ginogenez, ya‘ni spermaga bog‘liq partenogenez, yuqori

pushtdorlik va yuqori ekologik tolerantlik hisobiga tez tarqaladi [21, 14]. Bu ma’lumotlar reproduktiv salohiyat invaziya muvaffaqiyatining bevosita omili ekanini tasdiqlaydi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan uchta mexanizm bir-biridan ajralgan holda emas, balki yaxlit tizim sifatida ishlaydi. Termal va gipoksik chidamlilik ko‘pincha o‘zaro bog‘langan bo‘lib, keng termal diapazonga ega tur odatda gipoksiyaga ham chidamli bo‘ladi [11]. O‘z navbatida, yuqori fiziologik tolerantlik turga kengroq muhitni egallash va u yerda yuqori reproduktiv salohiyatini ro‘yobga chiqarish imkonini beradi. Shu tariqa termal chidamlilik, gipoksiyabardoshlik va reproduktiv salohiyat birgalikda invaziv turlarga xos fiziologik muvaffaqiyat sindromini tashkil etadi [1, 3]. Aynan shu yaxlit fiziologik ustunlik issiq va o‘zgaruvchan quyi suv zonalarida invaziv turlarning kengayishini va mahalliy hamda endem turlarning siqib chiqarilishini tushuntiradi.

Markaziy Osiyo va Farg‘ona vodiysidagi tadqiqotlar sharhi hamda ilmiy bo‘shliqlar. Yuqorida keltirilgan fiziologik mexanizmlar asosan Yevropa va Shimoliy Amerika modellarida o‘rganilgan. Markaziy Osiyo chuchuk suv baliqlari, ayniqsa Farg‘ona vodiysi karpsimonlari bo‘yicha esa tadqiqotlar deyarli faqat taksonomik va morfometrik yo‘nalishda olib borilgan. Vodiya *Triplophysa ferganaensis* endem tur sifatida tasvirlangan [22] va keyinchalik Sirdaryo suv havzasida yana yangi turlar qayd etilgan [23]. Isfayramsoy havzasida esa tur tarkibi aniqlanib, invaziv turlar ulushi baholangan [24]. *Pseudorasbora parva* turining mintaqadagi tarqalishi ham qayd etilgan [25].

Shunga qaramay, ushbu turlarning fiziologik ko‘rsatkichlari, ya’ni termal tolerantligi, metabolizmi, gipoksiyaga chidamliligi va reproduktiv salohiyati mahalliy sharoitda deyarli o‘lchanmagan. Xalqaro darajada endem *Triplophysa* turlarining ekofiziologiyasi molekulyar tadqiqotlar bilan cheklangan bo‘lsa, milliy darajada esa Farg‘ona vodiysi karpsimonlarining invazivligini fiziologik mexanizm bilan bog‘lagan biror tizimli tadqiqot mavjud emas. Ushbu ikki darajali ilmiy bo‘shliq mintaqa baliqlarining kompleks ekofiziologik tadqiqini, xususan endem va invaziv yaqin turlar mioslida qiyosiy fiziologik o‘rganish zaruratini keltirib chiqaradi.

Xulosa. So‘nggi yillardagi xalqaro tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, baliqlar invazivligi yagona belgi bilan emas, balki termal tolerantlik, gipoksiyaga chidamlilik va reproduktiv salohiyatdan iborat fiziologik mexanizmlar majmuasi bilan izohlanadi. Invaziv turlar odatda kengroq termal diapazon, samaraliroq metabolizm va gipoksiyabardoshlik hamda yuqoriroq reproduktiv salohiyatga ega bo‘lib, ushbu ustunliklar o‘zaro bog‘liq holda ularning muvaffaqiyatli tarqalishini ta’minlaydi. Fiziologik yondashuv an’anaviy yondashuvning cheklovlarini to‘ldiradi va invaziya jarayonining mexanizmini chuqurroq tushunishga imkon beradi. Markaziy Osiyo, xususan Farg‘ona vodiysi karpsimonlari sharoitida ushbu mexanizmlar deyarli o‘rganilmagan, bu esa mintaqada endem va invaziv turlarni qiyoslovchi ekofiziologik tadqiqotlarni tashkil etish zaruratini keltirib chiqaradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Su, G., Mertel, A., & Brosse, S. (2023). Species invasiveness and community invasibility of North American freshwater fish fauna revealed via trait-based analysis. *Nature Communications*, 14(1), 4408. DOI: 10.1038/s41467-023-38107-2

2. Copp, G. H., & Fox, M. G. (2020). Can invasiveness in freshwater fishes be predicted from life-history traits? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 605287. DOI: 10.3389/fevo.2020.605287
3. Bernery, C., Marino, C., & Bellard, C. (2023). Relative importance of exotic species traits in determining invasiveness across levels of establishment: Example of freshwater fish. *Functional Ecology*, 37(9), 2358–2370. DOI: 10.1111/1365-2435.14393
4. Chan, J., Zeng, Y., & Yeo, D. C. J. (2021). Invasive species trait-based risk assessment for non-native freshwater fishes in a tropical city basin in Southeast Asia. *PLoS ONE*, 16(3), e0248480. DOI: 10.1371/journal.pone.0248480
5. Jessop, A., Michalopoulou, A., & Coonan, C. (2023). Invasive Traits of Freshwater Fish (ITOFF) database. *bioRxiv*. DOI: 10.1101/2023.11.15.567195
6. Monteiro, D. A., Kalinin, A. L., & Rantin, F. T. (2021). Use of complex physiological traits as ecotoxicological biomarkers in tropical freshwater fishes. *Journal of Experimental Zoology Part A*, 335(9–10), 745–760. DOI: 10.1002/jez.2540
7. VanDenBerg, E., Jaynes, K. E., & Shah, A. A. (2023). Testing differences in physiological tolerance between invasive and non-invasive congeners. *Research Square*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2895816/v1
8. Nati, J. J. H., Svendsen, M. B. S., & Marras, S. (2021). Intraspecific variation in thermal tolerance differs between tropical and temperate fishes. *Scientific Reports*. DOI: 10.1101/2020.12.07.414318
9. Åsheim, E. R., Andreassen, A. H., & Morgan, R. (2020). Rapid-warming tolerance correlates with tolerance to slow warming but not growth at non-optimal temperatures in zebrafish. *Journal of Experimental Biology*, 223(21). DOI: 10.1242/jeb.229195
10. Verberk, W. C. E. P., Sandker, J. F., & van de Pol, I. L. E. (2022). Body mass and cell size shape the tolerance of fishes to low oxygen in a temperature-dependent manner. *Global Change Biology*, 28(19), 5695–5707. DOI: 10.1111/gcb.16319
11. Blasco, F. R., Leite, C. A. C., & Rantin, F. T. (2024). Individual variation in sublethal tolerance of warming and hypoxia in the pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Frontiers in Fish Science*, 2, 1276161. DOI: 10.3389/frish.2024.1276161
12. Ridgway, M. R., & Scott, G. R. (2023). Constant temperature and fluctuating temperature have distinct effects on hypoxia tolerance in killifish (*Fundulus heteroclitus*). *Journal of Experimental Biology*, 226(10). DOI: 10.1242/jeb.245425
13. Williams, K., Cassidy, A. A., & Verhille, C. E. (2019). Diel cycling hypoxia enhances hypoxia tolerance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Experimental Biology*, 222. DOI: 10.1242/jeb.206045
14. Pakosta, T., Vetešník, L., & Janáč, M. (2024). Vigour-related traits and physiology of sexual versus gynogenetic gibel carp (*Carassius gibelio*). *Journal of Vertebrate Biology*, 73, 24005. DOI: 10.25225/jvb.24005
15. Liang, H., Mi, H., & Wang, K. (2025). Enhancement of hypoxia tolerance of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) via a ferroporphyrin-rich diet. *Antioxidants*, 14(6), 738. DOI: 10.3390/antiox14060738

16. Chen, J., Shen, Y., & Wang, J. (2020). Analysis of multiplicity of hypoxia-inducible factors in the evolution of Triplophysa fish reveals hypoxic environment adaptation to the Tibetan Plateau. *Frontiers in Genetics*, 11, 433. DOI: 10.3389/fgene.2020.00433
17. Yang, X., Liu, H., & Ma, Z. (2019). Chromosome-level genome assembly of Triplophysa tibetana, a fish adapted to the Tibetan Plateau. *Molecular Ecology Resources*, 19(4), 1027–1036. DOI: 10.1111/1755-0998.13021
18. Jin, L., Li, Z., & Wang, C. (2022). Contrasting population differentiation in two sympatric Triplophysa loaches on the Qinghai–Tibet Plateau. *Frontiers in Genetics*, 13, 958076. DOI: 10.3389/fgene.2022.958076
19. Nocita, A., Sala, G., & Busatto, T. (2022). Population structure and dietary plasticity of the invasive topmouth gudgeon Pseudorasbora parva. *Internationale Revue der Hydrobiologie*, 107(5–6), 167–178. DOI: 10.1002/iroh.202302142
20. Rolla, M., Consuegra, S., & García de Leániz, C. (2020). Trophic plasticity of the highly invasive topmouth gudgeon (Pseudorasbora parva). *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 212. DOI: 10.3389/fevo.2020.00212
21. Razlutskiy, V., Mei, X., & Maisak, N. (2021). Omnivorous carp (Carassius gibelio) increase eutrophication in aquatic ecosystems. *Water*, 13(11), 1497. DOI: 10.3390/w13111497
22. Sheraliev, B., & Peng, Z. (2021). Triplophysa ferganaensis, a new loach species from Fergana Valley in Central Asia (Teleostei: Nemacheilidae). *Journal of Fish Biology*, 99(3), 807–817. DOI: 10.1111/jfb.14764
23. Sheraliev, B., Kayumova, Y., & Peng, Z. (2022). Triplophysa daryoae, a new nemacheilid loach species from the Syr Darya River basin, Central Asia. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 52(2), 97–107.
24. Sheraliyev, B., Azamov, O., Raxmonov, M., & Xalimov, Sh. (2024). Isfayramsoy daryosi quyi oqimi ixtiofaunasining hozirgi tur tarkibi. *FarDU. Ilmiy xabarlar*, 3, 284–289.
25. Mamilov, N. Sh., Ibrayeva, G. S., & Kozhabaeva, E. B. (2024). Topmouth gudgeon Pseudorasbora parva in small impoundments in the Aral Sea watershed (Central Asia, Kazakhstan). *BIO Web of Conferences*, 100, 04027. DOI: 10.1051/bioconf/202410004027