

# Problems of biological invasions in the fish fauna of southern Vietnam: the example of the Dong Nai River basin

Karpova E.P.<sup>1\*</sup>, Cu Nguyen Dinh<sup>2</sup>, Kurshakov S.V.<sup>1</sup>,  
Chesnokova I.I.<sup>1</sup>, Nguyen Tran Hoai Bao<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup> Southern Branch of the Joint Russian–Vietnamese Tropical Scientific Research and Technological Center, Ho Chi Minh City, Vietnam

**ABSTRACT.** Biological invasions of fish are among the key drivers of transformation in freshwater ecosystems, particularly in regions with intensive aquaculture development and high anthropogenic pressure. The aim of this study was to assess the extent of introduction and degree of naturalization of non-native fish species in the Dong Nai River basin (southern Vietnam), as well as to identify patterns of their spatial distribution and main pathways of introduction. Ichthyological sampling was conducted in April–May 2025 at 56 stations in the upper and middle reaches of the Dong Nai River, including the Da Nhim and Da Dang rivers, their tributaries, and lentic water bodies in Dong Nai and Lam Dong provinces. A total of 17 non-native fish species were recorded across 13 of the 17 surveyed areas. The highest diversity of introduced species was observed in large water bodies subjected to significant anthropogenic impact, particularly in Tri An Lake (11 species), as well as in the middle reaches of the Da Nhim River and the Dai Ninh Reservoir (6 species each). In contrast, the number of non-native species was considerably lower in highland areas of the Central Highlands (1–3 species), while no alien species were recorded in water bodies within Cat Tien National Park. Most species exhibited low to moderate occurrence frequency; however, two species—guppy (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758))—showed very high prevalence. The results indicate a substantial scale of biological invasions in the Dong Nai River basin. Aquaculture and the aquarium trade are identified as the primary sources of non-native fish introductions, while their spatial distribution is strongly associated with the level of anthropogenic impact and the type of water body.

**Keywords:** biological invasions, non-native species, fish diversity, spatial distribution, Vietnam

**For citation:** Karpova E.P., Cu Nguyen Dinh, Kurshakov S.V., Chesnokova I.I., Nguyen Tran Hoai Bao Problems of biological invasions in the fish fauna of southern Vietnam: the example of the Dong Nai River basin // Limnology and Freshwater Biology. 2026. - № 3. - P. 167-179. DOI: 10.31951/2658-3518-2026-A-3-167

## 1. Introduction

Biological invasions are now widely regarded as one of the key processes that influence the structure and functioning of freshwater ecosystems. In fish communities, non-native species may alter trophic interactions, compete with native taxa, promote hybridization, and facilitate the spread of parasites and pathogens. These processes are occurring with increasing frequency as a consequence of expanding urbanization, infrastructure development, and global trade. The issue is particularly acute in Southeast Asia, where exceptional biodiversity coincides with rapid economic growth and intensive aquaculture.

Large palaeotropical river systems are characterized by exceptional species richness and complex spatiotemporal organization. The Dong Nai River in southern Vietnam represents such a system, combining mountainous and lowland sections, an extensive tributary network, floodplain habitats, reservoirs, and artificial canals (Pham and Vo, 2025). Strong monsoonal seasonality drives pronounced discharge fluctuations, extensive floodplain inundation, and active fish migrations. While this environmental dynamism may enhance ecosystem resilience through habitat heterogeneity, it simultaneously creates favorable conditions for the establishment of introduced species, particularly those with broad ecological tolerance and high repro-

\*Corresponding author. E-mail address: [karpova\\_jevy@mail.ru](mailto:karpova_jevy@mail.ru) (E.P. Karpova)

Received: April 23, 2026;

Accepted after revised: May 21, 2026;

Available online: June 18, 2026

© Author(s) 2026. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



ductive capacity. River fragmentation by dams and the formation of reservoirs further contribute to invasion processes by creating lentic habitats often more suitable for non-native than for rheophilic native species (Baran and Myschowoda, 2009).

The main vectors of fish bioinvasions in Vietnam are associated with human economic activity (Stolbunov and Tran, 2019; Dien et al., 2025):

1. Aquaculture, including the farming of both native and introduced species (e.g., tilapia, pangasius, various cyprinids, and catfish) (Thi Thanh Vinh, 2006; Abd Hamid et al., 2023). Escapes from pond farms and cage systems, especially during flood periods, regularly introduce cultured species into natural waters.
2. The aquarium and ornamental trade, which facilitates the import and domestic spread of exotic species; their intentional release or accidental introduction into the wild creates foci of invasion near urban agglomerations (Hewitt et al., 2024).
3. Interbasin transfers and stocking, associated with the movement of planting material between regions, as well as introductions to increase fish productivity in water bodies.
4. Hydraulic infrastructure and transport, facilitating the secondary dispersal of already naturalized species through canals, reservoirs, and irrigation systems.

Aquaculture plays a particularly significant role in shaping the invasion pool in Vietnam. According to reports from the Vietnam Association of Seafood Exporters and Producers (<https://seafood.vasep.com.vn/>), aquaculture production increased from 4.1 to 5.7 million tons between 2018 and 2024 (a 38% increase), reaching 5.753 million tons in 2024 (+4% year-on-year). Freshwater aquaculture accounts for approximately 380 000 ha and produces ~3.197 million tonnes, including pangasius (1.787 million tons), tilapia (300 000 tons), and other species (1.11 million tons). Although production is concentrated in the Mekong Delta, interregional transport of juveniles, feed, and equipment facilitates the spread of cultured and associated species into other basins, including the Dong Nai. Given the scale of production, even low escape rates can lead to substantial propagule pressure (Nguyen et al., 2023).

The state of knowledge regarding this issue in the Dong Nai Basin remains poor. Existing publications are primarily devoted to the general taxonomic composition of the ichthyofauna (Freyhof et al., 1998; Nguyen et al., 2019), while specific studies aimed at identifying alien species, analyzing their penetration pathways, and the degree of naturalization are few (An et al., 2009; Vu et al., 2013). There is insufficient data on the spatial distribution of introduced species across different habitat types (mainstream, tributaries, reservoirs, and urbanized channels), their contribution to commercial catches, and their potential impact on native populations. Long-term monitoring series that could allow for assessing the dynamics of invasions and

the rate of expansion of individual species are virtually absent.

Therefore, the Dong Nai River basin represents a model system for analyzing biological invasions under conditions of intensive anthropogenic pressure in a large tropical river. The aims of this study were to (i) assess the extent of introduction and naturalization of non-native fish species, (ii) identify major introduction pathways and distribution patterns, and (iii) define priorities for monitoring freshwater ecosystems in southern Vietnam.

## 2. Material and methods

Ichthyological sampling was collected in April–May 2025 at 56 stations located in the Da Nhim and Da Dang rivers (forming the upper Dong Nai River), as well as in the main channel, tributaries, and lentic water bodies within Dong Nai and Lam Dong provinces. For further analysis, stations that were close in geographical and biotopic terms were combined into 17 districts (Fig. 1).

Fish were collected using cast nets, gill nets, and hand nets (mesh size 2–5 mm). Additional specimens were obtained from local fishermen using various fishing gears employed in small-scale fisheries. Sampling effort and material volume are summarized in Table 1.

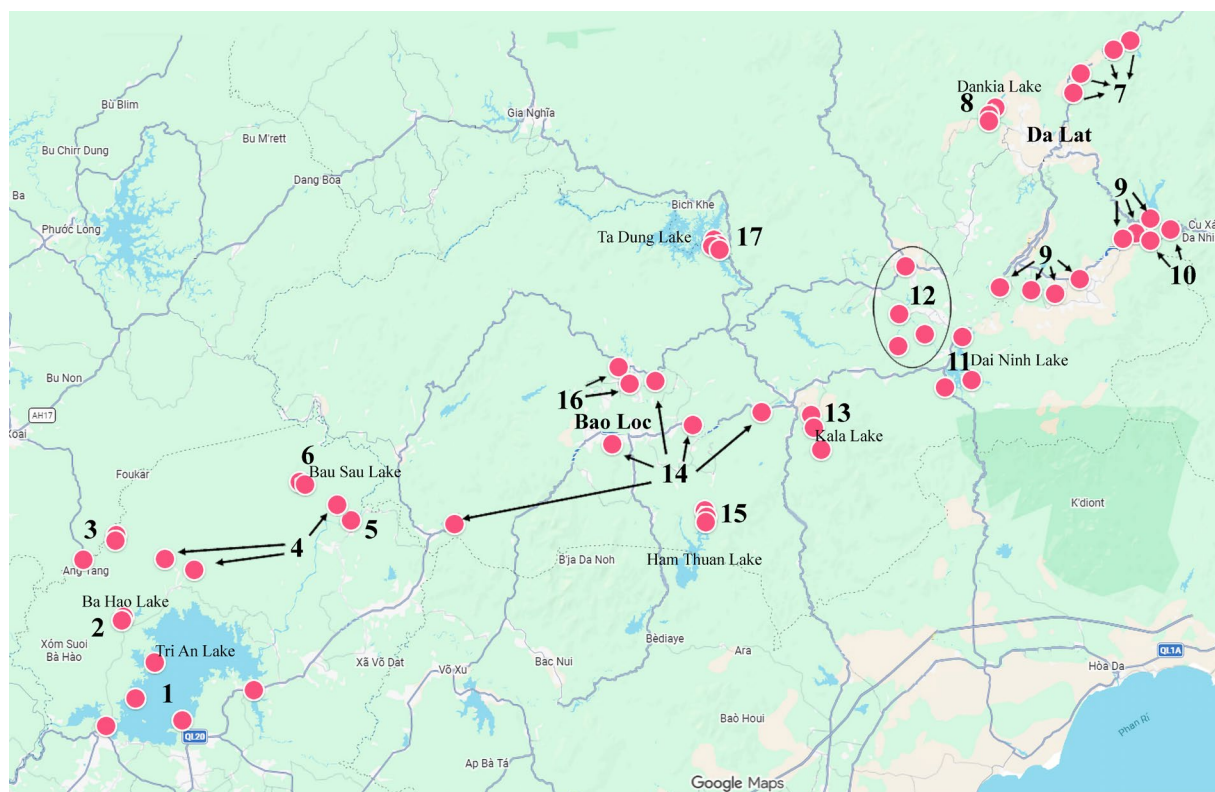
Species identification was based on morphological and meristic characters, as well as coloration patterns, using standard taxonomic keys and reference guides (Tran et al., 2013; Taki et al., 2021).

For non-native species, occurrence frequency (F) was calculated as the percentage ratio of the number of areas where a species was recorded to the total number of surveyed areas.

## 3. Results

A total of 17 non-native fish species were recorded across 13 of the 17 surveyed areas (Table 2; Fig. 2). In terms of species richness, the family Cyprinidae was the most represented, comprising six species. The families Poeciliidae and Cichlidae followed, each with three species. Each of the remaining families were represented by a single species (Fig. 2).

No alien species were detected within the aquatic systems of Cat Tien National Park (stations 3–6: Mada River, small streams, Dong Nai River channel, and Bau Sau Lake). Across other sites, species richness ranged from 1 to 11 non-native species. The highest number (11 species) was recorded in Tri An Reservoir. Six species were observed in both the middle reaches of the Da Nhim River and the Dai Ninh Reservoir. Relatively high diversity was also found in the upper Da Nhim River (four species), Dankia Lake (five species), Kala Lake (four species), and various watercourses in the lower Central Highlands (four species). Other sites contained between one and three species, with the lowest diversity observed in highland areas subjected to minimal anthropogenic disturbance.



**Fig.1.** Scheme of stations (red markers) and study areas: 1 – Tri An Lake; 2 –Ba Hao Lake; 3 – Ma Da River; 4 – small rivers and streams of Cat Tien National Park; 5 – Dong Nai River; 6 – Bau Sau Lake; 7 - upper reaches of the Da Nhim River; 8 –Dankia and Suoi Vang lakes; 9 – Da Nhim River; 10 – high mountain streams Hoa Binh district; 11 – Dai Ninh Lake; 12 - upper reaches of the Dong Nai River; 13 –Kala Lake; 14 – rivers of the Central Highlands of Vietnam; 15 –Ham Thuan Lake; 16 –Bao Lam Lake; 17 –Ta Dung Lake.

Low occurrence frequency (5.9%) was recorded for eight species (*Acipenser sinensis*, *Labeo rohita*, *Cichla ocellaris*, *Xiphophorus hellerii*, *Osphronemus goramy*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *H. molitrix*, and *Ctenopharyngodon idella*). Moderate frequency (11.8–29.4%) characterized seven species (*Carassius auratus*,

*Cyprinus carpio*, *Piaractus brachypomus*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Clarias gariepinus*, *Gambusia holbrooki*, and *Coptodon zillii*). Very high occurrence (69.2–92.3%) was observed for *Poecilia reticulata* and *Oreochromis niloticus*, the latter being nearly ubiquitous except for high-altitude streams.

**Table 1.** Sampling effort and material volume

No	Study areas	Number of sites	Number of species	Number of specimens
1	Tri An Lake	5	65	95
2	Ba Hao Lake	2	10	29
3	Ma Da River	3	9	52
4	Small rivers and streams of Cat Tien National Park	3	19	27
5	Dong Nai River (Cat Tien National Park)	1	12	38
6	Bau Sau Lake	2	8	28
7	Upper reaches of the Da Nhim River	4	8	71
8	Dankia and Suoi Vang lakes	3	9	72
9	Da Nhim River	7	16	374
10	High mountain streams Hoa Binh district	2	6	27
11	Dai Ninh Lake	3	25	214
12	Upper reaches of the Dong Nai River	4	18	132
13	Kala Lake	3	11	59
14	Rivers of the Central Highlands of Vietnam	5	13	68
15	Ham Thuan Lake	3	11	32
16	Bao Lam Lake	2	6	18
17	Ta Dung Lake	4	8	22
	TOTAL	56	105	1358

**Table 2.** Species composition, distribution and occurrence of alien fish species in the studied water bodies of Dong Nai and Lam Dong provinces

Species	Study areas														F, %		
	1	2	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
<i>Sinosturio sinensis</i> Gray, 1835										+							5.9
<i>Labeo rohita</i> Hamilton, 1822	+																5.9
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)			+	+	+			+									23.5
<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	+			+	+			+				+					29.4
<i>Ctenopharyngodon idella</i> Valenciennes, 1844	+																5.9
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844	+																5.9
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> Richardson, 1845	+																5.9
<i>Piaractus brachypomus</i> (Cuvier, 1818)	+								+								11.8
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i> Weber, 1991	+				+			+	+							+	29.4
<i>Clarias garipepinus</i> Burchell, 1822									+								17.6
<i>Osphronemus goramy</i> Lacepède, 1801	+																5.9
<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard 1859)		+	+														11.8
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	+		+	+	+	+			+	+	+			+			52.9
<i>Xiphophorus hellerii</i> Heckel, 1848				+													5.9
<i>Cichla ocellaris</i> Bloch & Schneider, 1801	+																5.9
<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	70.6
<i>Coptodon zillii</i> (Gervais, 1848)					+					+	+						17.6
Total	11	2	4	5	6	1	6	3	4	4	1	2	2				

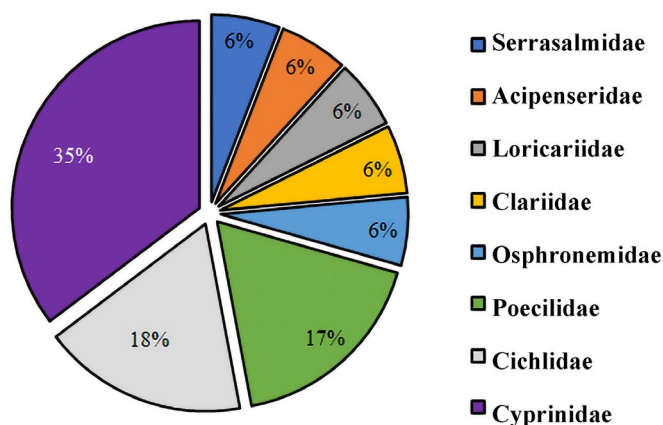
**Note:** 1 – Tri An Lake; 2 –Ba Hao Lake; 7 - upper reaches of the Da Nhim River; 8 –Dankia and Suoi Vang lakes; 9 – Da Nhim River; 10 – high mountain streams Hoa Binh district; 11 – Dai Ninh Lake; 12 - upper reaches of the Dong Nai River; 13 –Kala Lake; 14 – rivers of the Central Highlands of Vietnam; 15 –Ham Thuan Lake; 16 –Bao Lam Lake; 17 –Ta Dung Lake

#### 4. Discussion

Current knowledge of non-native fish introductions in Vietnam remains incomplete. Approximately 50 freshwater and euryhaline species have been reported from inland waters (GBIF, 2026), with a clear increasing trend compared to earlier estimates of 15–20 species (Zvorikin et al., 2014; An et al., 2013). Our data indicate that the problem of biological invasions in the Dong Nai River basin has already reached significant proportions. Its severity varies significantly depending on the type of water body, its ecological status, and altitudinal zonation.

The 17 non-native species recorded represent ~16% of the total ichthyofaunal richness identified in this study. Although this proportion appears moderate and is comparable to other regions of Vietnam (Ruykys et al., 2021), the ecological impact of these species may be substantial (Stolbunov and Tran, 2019).

One of the most characteristic findings of the study is the pronounced spatial heterogeneity in the distribution of alien species. The complete absence of introduced species in the water bodies of Cat Tien National Park demonstrates the important role of relatively undisturbed ecosystems as natural barriers to biological invasions. This situation is consistent with the general notion that high natural ecosystem integrity and low anthropogenic impact significantly limit the successful naturalization of alien organisms. (Bănăduc et al., 2024).



**Fig. 2.** Family level species diversity.

In contrast, the greatest diversity of introduced species was observed in water bodies experiencing significant economic impact, particularly large reservoirs and aquaculture-related water bodies. For example, the highest number of alien species was recorded in Lake Tri An (11 species), as well as in the middle reaches of the Da Nhim River (6 species), which is associated with a large number of artificial reservoirs, including the Dai Ninh Reservoir (6 species). This pattern is consistent with research findings in other regions of the world. (Bănăduc et al., 2024).

The reduced number of non-native species in highland areas (1–3 species) likely reflects both lower anthropogenic pressure and more restrictive environmental conditions (e.g. temperature regimes and hydrology).

Most species exhibited low or moderate occurrence frequencies, whereas *P. reticulata* and *O. niloticus* were highly widespread. Additionally, *Pterygoplichthys disjunctivus* was notable for its high abundance, particularly juveniles in lotic habitats. Such patterns are typical of invasion dynamics, where only a limited number of species become dominant colonizers (Stolbunov and Tran, 2019).

*Nile tilapia* (*O. niloticus*) appears to be the most ecologically significant invasive species in the region. Its near-ubiquitous distribution reflects high ecological plasticity, broad diet, rapid growth, and competitive ability (Shuai and Li, 2022; Feng et al., 2025). Similar trends were documented elsewhere in Vietnam (Dien et al., 2025). Increasing abundance of tilapias may lead to competitive displacement of native species and restructuring of fish communities. The widespread occurrence of *P. reticulata*, historically introduced for mosquito control (El-Sabaawi et al., 2016), reflects its high reproductive rate and tolerance to degraded conditions.

Pathway analysis indicates that aquaculture is the dominant source of introductions. Many recorded species (e.g. *Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys* spp., *Ctenopharyngodon idella*, *Labeo rohita*, *Piaractus brachyomus*, and *Clarias gariepinus*) are widely cultured (Vu et al., 2013). The rapid expansion of aquaculture in Vietnam (Wei et al., 2025) increases propagule pressure and the likelihood of escape events, leading to the establishment of self-sustaining populations.

The ornamental fish trade represents a secondary pathway, particularly for *Pterygoplichthys* spp. and livebearers (Stolbunov and Tran, 2019), as documented globally.

Ecological impacts vary among species. Tilapias are known to exert strong competitive pressure, whereas others (e.g. *Gambusia*) may occupy relatively vacant niches. Loricariid catfishes (*Pterygoplichthys*) may cause substrate disturbance, bank erosion, and trophic alterations (Stolbunov and Tran, 2019; Dien et al., 2025).

Hybridisation also poses a potential risk (Zvorikin et al., 2014), particularly given the widespread use of hybrid tilapias and clariid catfishes in aquaculture. Their ecological roles and invasion potential remain poorly understood.

Overall, the role of non-native species in shaping fish assemblages in the Dong Nai basin remains insufficiently quantified. There is a critical need for long-term monitoring, quantitative assessments of ecological impacts, and evaluation of invasion dynamics, particularly for dominant species such as tilapias.

## 5. Conclusion

The Dong Nai River basin is experiencing significant biological invasions driven primarily by aquaculture and, to a lesser extent, the ornamental fish trade. The distribution of non-native species is strongly influ-

enced by anthropogenic pressure and habitat type, with reservoirs and modified systems acting as invasion hotspots, while protected and highland areas remain relatively resistant.

Only an integrated approach will enable the timely identification of new invasions and the minimization of their potential impacts on the biodiversity and sustainability of freshwater ecosystems in the Dong Nai River basin.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

## Acknowledgements

This work was carried out within the framework of research assignment Ecolan E-3.6 “Current state of ecosystems and diversity of aquatic organisms in the Dong Nai River basin”, task 1 “Assessment of diversity and abundance in fish and decapod communities, their spatial and temporal variability (upper reaches of the river in Lam Dong province and areas within the boundaries of the Cat Tien National Park)” of the Joint Vietnam–Russia Tropical Science and Technology Research Center (Hanoi, Vietnam) and partially within the framework of IBSS state research assignment “Biodiversity as the basis for the sustainable functioning of marine ecosystems, criteria and scientific principles for its conservation” (No. 124022400148-4).

## Ethics statement

This study was approved by the Bioethics Committee of the IBSS, at a meeting of which the authors’ compliance with all international, national and/or institutional principles for the use of animals was confirmed (protocol No. 1(10) dated 10 March 2025).

## References

- Abd Hamid M.R., Md Sah A.S.R., Idris I. et al. 2023. Impacts of tilapia aquaculture on native fish diversity at an ecologically important reservoir. *PeerJ* 11: e15986. DOI: [10.7717/peerj.15986](https://doi.org/10.7717/peerj.15986)
- An V.V., Du N.N., Tien D.V. et al. 2009. Impact assessment of peacock bass (*Cichla ocellaris*) on fisheries resources in Tri An Reservoir, Dong Nai Province. Technical report. Research Institute for Aquaculture No. 2, Vietnam. (In Vietnamese)
- An V.V., Tien V.D., Ngor P.B. et al. 2013. Exotic species in southern Viet Nam. *Catch and Culture* 19(1): 1–48.
- Bănăduc D., Curtean-Bănăduc A., Barinova S. et al. 2024. Multi-interacting natural and anthropogenic stressors on freshwater ecosystems: current status and future prospects for the 21st century. *Water* 16: 1483. DOI: [10.3390/w16111483](https://doi.org/10.3390/w16111483)
- Baran E., Myschowoda C. 2009. Dams and fisheries in the Mekong Basin. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 12: 227–234. DOI: [10.1080/14634980903149902](https://doi.org/10.1080/14634980903149902)
- Dien T.D., Ganzha E.V., Hieu N.T.D. et al. 2025. Non-native and native fish occurrence and distribution in the Suoi Trau Reservoir (central Vietnam). *BioInvasions Records* 14: 123–139. DOI: [10.3391/bir.2025.14.1.11](https://doi.org/10.3391/bir.2025.14.1.11)

- El-Sabaawi R.W., Frauendorf T.C., Marques P.S. et al. 2016. Biodiversity and ecosystem risks arising from using guppies to control mosquitoes. *Biology Letters* 12: 20160590. DOI: [10.1098/rsbl.2016.0590](https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0590)
- Feng S., Wang X., Huang L. et al. 2025. Assessment of fish community structure and invasion risk in Xinglin Bay, China. *Biology* 14: 988. DOI: [10.3390/biology14080988](https://doi.org/10.3390/biology14080988)
- Freyhof J., Serov D.V., Nguyen T.N. 1998. A preliminary checklist of the freshwater fishes of the Dong Nai River, South Vietnam. *Bonner Zoologische Beiträge* 49: 93–99.
- GBIF. 2026. Global Biodiversity Information Facility database. URL: <https://www.gbif.org>
- Hewitt C.L., Hulme P.E., Bray J. 2024. Bridging aquatic invasive species threats across multiple sectors through One Biosecurity. *BioScience* 74: 440–449. DOI: [10.1093/biosci/biae049](https://doi.org/10.1093/biosci/biae049)
- Nguyen T.T., Nguyen L.N., Lam B.Q. et al. 2019. Fish composition in Dong Nai Biosphere Reserve, Vietnam. *Journal of Agriculture and Development* 18: 30–37.
- Nguyen V.Q., Thai T.B., Ngo T.A. 2023. Mariculture development in Vietnam: present status and prospects. *Journal of Social Sciences and Humanities* 65: 11–20.
- Pham H., Vo P.L. 2025. Impacts of climate change and reservoir operation on droughts: a case study in the upper Dong Nai River Basin, Vietnam. *Journal of Water and Climate Change* 16: 511–530. DOI: [10.2166/wcc.2025.579](https://doi.org/10.2166/wcc.2025.579)
- Ruykys L., Ta K.A.T., Bui T.D. et al. 2021. Risk screening of the potential invasiveness of non-native aquatic species in Vietnam. *Biological Invasions* 23: 2047–2060. DOI: [10.1007/s10530-020-02430-2](https://doi.org/10.1007/s10530-020-02430-2)
- Shuai F., Li J. 2022. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) invasion causes trophic structure disruptions in fish communities of the Pearl River, South China. *Biology* 11: 1665. DOI: [10.3390/biology11111665](https://doi.org/10.3390/biology11111665)
- Stolbunov I.A., Tran D.D. 2019. Mass alien fish species in inland waters of central Vietnam. *Inland Water Biology* 12: 477–480. DOI: [10.1134/S1995082919040163](https://doi.org/10.1134/S1995082919040163)
- Taki Y., Ohtsuka R., Komoda M. et al. 2021. Fishes of the Indochinese Mekong. Nagao Natural Environment Foundation, Tokyo
- Thi Thanh Vinh D. 2006. Aquaculture in Vietnam: development perspectives. *Development in Practice* 16: 498–503. DOI: [10.1080/09614520600792549](https://doi.org/10.1080/09614520600792549)
- Tran D.D., Shibukawa K., Nguyen T.P. et al. 2013. Fishes of the Mekong Delta, Vietnam. Nagao Natural Environment Foundation, Tokyo.
- Vu A.V., Doan T.V., Ngor P.B. et al. 2013. Exotic species in southern Vietnam. *Catch and Culture* 19: 18–23.
- Wei H., Xu M., Fang M. et al. 2025. Nonnative freshwater fish escaped from aquaculture in China: too much of a good thing is not always the best. *Management of Biological Invasions* 16: 211–226. DOI: [10.3391/mbi.2025.16.1.13](https://doi.org/10.3391/mbi.2025.16.1.13)
- Zvorikin D.D., Dinh Thi Hai Yen, Vo Thi Ha. 2014. Composition and main features of ichthyofauna of fresh and brackish waters of Vietnam. In: *Ecology of Inland Waters of Vietnam*. KMK Scientific Press, Moscow, pp. 225–240. (In Russian)

# Проблемы биологических инвазий в рыбной фауне южного Вьетнама: пример бассейна реки Донгнай

Карпова Е.П.<sup>1\*</sup>, Ку Нгуен Динь<sup>2</sup><sup>ORCID</sup>, Куршаков С.В.<sup>1</sup><sup>ORCID</sup>,  
Чеснокова И.И.<sup>1</sup><sup>ORCID</sup>, Нгуен Чан Хоай Бао<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

<sup>2</sup> Южное отделение совместного российско-вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра, Хошимин, Вьетнам

**АННОТАЦИЯ.** Биологические инвазии рыб являются одними из ключевых факторов трансформации пресноводных экосистем, особенно в регионах с интенсивным развитием аквакультуры и высоким антропогенным давлением. Целью данного исследования было оценить масштабы интродукции и степень натурализации чужеродных видов рыб в бассейне реки Донгнай (южный Вьетнам), а также выявить закономерности их пространственного распределения и основные пути интродукции. Отбор ихтиологических проб проводился в апреле-мае 2025 года на 56 станциях, расположенных в верхнем и среднем течении реки Донгнай, включая реки Даньим и Даданг, их притоки и стоячие водоемы в провинциях Донгнай и Ламдонг. В общей сложности на 13 из 17 обследованных участков было зарегистрировано 17 чужеродных видов рыб. Наибольшее разнообразие интродуцентов наблюдалось в крупных водоемах, подверженных значительному антропогенному воздействию, особенно в озере Чيان (11 видов), а также в среднем течении реки Даньим и водохранилище Дайнинь (по 6 видов в каждом). Количество видов-вселенцев было значительно ниже в высокогорных районах Центрального нагорья (1–3 вида), а в водоемах национального парка Каттъен они не были зарегистрированы. Большинство видов демонстрировали низкую или умеренную частоту встречаемости; однако два из них — гуппи (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) и нильская тилапия (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) — были очень широко распространены. Полученные результаты указывают на существенный масштаб биологических инвазий в бассейне реки Донгнай. Аквакультура и аквариумная торговля являлись основными источниками интродукции чужеродных видов рыб, а их пространственное распределение было тесно связано с уровнем антропогенного воздействия и типом водоема.

**Ключевые слова:** биологические инвазии, чужеродные виды, разнообразие рыб, пространственное распределение, Вьетнам

**Для цитирования:** Карпова Е.П., Ку Нгуен Динь, Куршаков С.В., Чеснокова И.И., Нгуен Чан Хоай Бао Проблемы биологических инвазий в рыбной фауне южного Вьетнама: пример бассейна реки Донгнай // Limnology and Freshwater Biology. 2026. - № 3. - С. 167-179. DOI: 10.31951/2658-3518-2026-A-3-167

## 1. Введение

Биологические инвазии в пресноводных экосистемах рассматриваются в настоящее время как один из ключевых факторов трансформации структуры и функционирования сообществ. В ихтиофауне чужеродные виды способны вызывать каскадные изменения трофических сетей, усиливать конкурентное давление на аборигенные таксоны, провоцировать гибридизацию и генетическую эро-

зию локальных популяций, а также служить переносчиками паразитов и заболеваний. В условиях нарастающей урбанизации, гидротехнического строительства и глобализации торговли темпы интродукций и вторичного расселения рыб существенно возросли. Для стран Юго-Восточной Азии, обладающих высоким уровнем эндемизма и одновременно интенсивным развитием рыбного хозяйства, проблема биоинвазий приобретает особую актуальность.

\*Автор для переписки. Адрес e-mail: [karpova.jey@mail.ru](mailto:karpova.jey@mail.ru) (Е.П. Карпова)

**Поступила:** 23 апреля 2026;

**Принята после доработки:** 21 мая 2026;

**Опубликована online:** 18 июня 2026

© Автор(ы) 2026. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



Крупные реки палеотропиков характеризуются исключительно высокой видовой насыщенностью и сложной пространственно-временной организацией экосистем. В таких системах, как река Донгнай в южном Вьетнаме, сочетаются горные и равнинные участки, разветвлённая сеть притоков, пойменные водоёмы, водохранилища и каналы (Pham and Vo, 2025). Выраженная сезонность муссонного климата формирует резкие колебания стока, затопление обширных пойм и активные миграции рыб. С одной стороны, такая динамичность повышает устойчивость сообществ за счёт пространственной мозаичности местообитаний; с другой — создаёт благоприятные условия для закрепления интродуцентов, особенно видов с широкой экологической валентностью и высокой плодовитостью. Дополнительным фактором риска является фрагментация русла плотинами и создание водохранилищ, формирующих новые лимнофильные биотопы, часто более подходящие для чужеродных видов, чем для реофильных аборигенных форм (Baran and Myschowoda, 2009).

Основные векторы биоинвазий рыб во Вьетнаме связаны с хозяйственной деятельностью человека (Stolbunov and Tran, 2019; Dien et al., 2025). К числу ключевых относятся:

1. Аквакультура, включающая разведение как автохтонных, так и интродуцированных видов (например, тилапий, пангасиуса, различных карповых и сомовых) (Thi Thanh Vinh, 2006; Abd Hamid et al., 2023). Побег из прудовых хозяйств и садковых установок, особенно в период паводков, приводят к регулярному поступлению культивируемых форм в естественные водоёмы.
2. Аквариумистика и декоративная торговля, обеспечивающие импорт и внутреннее распространение экзотических видов; их преднамеренный выпуск или случайное попадание в природу формируют очаги инвазий вблизи городских агломераций (Hewitt et al., 2024).
3. Межбассейновые переносы и зарыбления, связанные с перемещением посадочного материала между регионами, а также с интродукциями для повышения рыбопродуктивности водоёмов.
4. Гидротехническая инфраструктура и транспорт, способствующие вторичному расселению уже натурализованных видов по каналам, водохранилищам и ирригационным системам.

Особую роль в формировании инвазионного пула играет масштаб аквакультуры во Вьетнаме. Согласно отчетов вьетнамской ассоциации экспортеров и производителей морепродуктов (<https://seafood.vasep.com.vn/>) в 2018–2024 гг. объём её производства увеличился с 4,1 до 5,7 млн т (рост 38%), а в 2024 г. достиг 5,753 млн т (+4% к предыдущему году). Общая площадь аквакультуры составила 1,3 млн га во внутренних водоёмах и 9,7 млн м<sup>3</sup> морских садков. Пресноводный сектор охватывает около 380 тыс. га с объёмом продукции

порядка 3,197 млн т, включая пангасиуса (5,7 тыс. га; 1,787 млн т), тилапию (30 тыс. га; 300 тыс. т) и другие виды (344 тыс. га; 1,11 млн т). Экспортно-ориентированное производство сосредоточено преимущественно в дельте реки Меконг (до 95% пангасиуса и 80% креветок), однако транспортировка молоди, кормов и оборудования, а также межрегиональные хозяйственные связи создают предпосылки для заноса культивируемых и сопутствующих видов в другие бассейны, включая р. Донгнай. Учитывая объёмы производства и плотность хозяйств, даже низкая доля побегов может приводить к значительному абсолютному числу особей, поступающих в природные экосистемы (Nguyen et al., 2023).

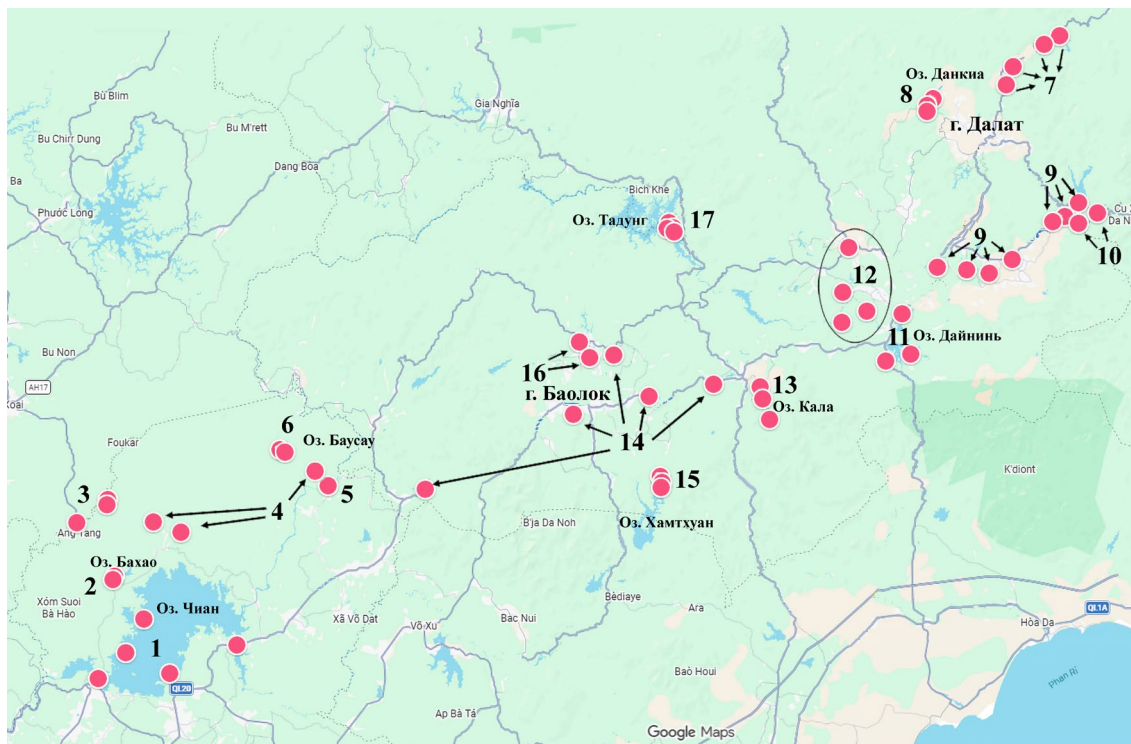
Состояние изученности проблемы в бассейне Донгнай остаётся недостаточным. Имеющиеся публикации преимущественно посвящены общему таксономическому составу ихтиофауны (Freyhof et al., 1998; Nguyen et al., 2019), тогда как специальные исследования, направленные на выявление чужеродных видов, анализ путей их проникновения и степени натурализации, немногочисленны (An et al., 2009; Vu et al., 2013). Недостаточно данных о пространственном распределении интродуцентов по различным типам местообитаний (главное русло, притоки, водохранилища, урбанизированные каналы), об их участии в промысловых уловах и о потенциальном воздействии на аборигенные популяции. Практически отсутствуют долгосрочные мониторинговые ряды, позволяющие оценить динамику инвазий и скорость экспансии отдельных видов.

Таким образом, бассейн реки Донгнай представляет собой модельную систему для анализа процессов биоинвазий в условиях интенсивного антропогенного воздействия на крупную тропическую реку. Целью настоящей работы являлись: (1) оценка масштабов интродукции и степени натурализации чужеродных видов рыб, (2) выявление основных путей их поступления и закономерностей распространения и (3) определение приоритетных направлений мониторинга пресноводных экосистем юга Вьетнама.

## 2. Материал и методы

Сбор проб ихтиофауны осуществляли в апреле-мае 2025 г. на 56 станциях в реках Даньим и Даданг, образующих верхнее течение реки Донгнай, ее русло, притоках и лентических водоемах бассейна в провинциях Донгнай и Ламдонг. Для дальнейшего анализа станции, близкие в географическом и биотопическом отношении, объединили в 17 районов. Схема станций и районов приведена на Рисунке 1.

Сбор проб на станциях осуществляли с применением кастинговой сети, жаберных сетей, ручных сачков с ячейей от 2 до 5 мм, помимо этого приобретали образцы у местных рыбаков из различных орудий лова, используемых в местном промысле. Объем исследованного материала приведен в Таблице 1.



**Рис.1.** Схема станций (красные маркеры) и районов исследований: 1 – оз. Чيان; 2 – оз. Бахао; 3 – р. Мада; 4 – малые реки и ручьи национального парка Каттъян; 5 русло р. Донгнай; 6 – оз. Баусау; 7 - верховья р. Даньим; 8 – оз. Данкиа и Суойванг; 9 – р. Даньим; 10 – высокогорные ручьи р-н Хоабинь; 11 – оз. Дайнинь; 12 - верховья р. Донгнай; 13 – оз. Кала; 14 – водотоки Центрального нагорья Вьетнама; 15 – оз. Хамтхуан; 16 – оз. Баолам; 17 – оз. Тадунг.

При определении вида использовали комплекс морфологических, меристических признаков, особенностей окраски. Идентификацию проводили с использованием определителей и справочников (Tran et al., 2013; Taki et al., 2021).

Для чужеродных видов определяли их встречаемость (F) как отношение числа районов, где регистрировался вид к их общему количеству, выраженное в процентах.

### 3. Результаты

При обследовании 17 районов в провинциях Донгнай и Ламдонг в различных водоёмах и водотоках было отмечено 17 чужеродных видов рыб, зарегистрированных в 13 из 17 обследованных районов (Таблица 2; Рис. 2). По числу видов наиболее представительным оказалось семейство Cyprinidae, включавшее 6 видов. Семейства Poeciliidae и

**Таблица 1.** Объем исследованного ихтиологического материала

№	Район исследований	Количество станций	Количество видов	Количество экземпляров
1	Оз. Чيان	5	65	95
2	Оз. Бахао	2	10	29
3	Р. Мада	3	9	52
4	Водотоки национального парка Каттъян	3	19	27
5	Р. Донгнай (Каттъян)	1	12	38
6	Оз. Баусау	2	8	28
7	Верховья р. Даньим	4	8	71
8	Оз. Данкиа и Суойванг	3	9	72
9	Р. Даньим	7	16	374
10	Высокогорные ручьи, Хоабинь	2	6	27
11	Оз. Дайнинь	3	25	214
12	Верховья р. Донгнай	4	18	132
13	Оз. Кала	3	11	59
14	Водотоки Центрального нагорья	5	13	68
15	Оз. Хамтхуан	3	11	32
16	Оз. Баолам	2	6	18
17	Оз. Тадунг	4	8	22
	Всего	56	105	1358

**Таблица 2.** Видовой состав, распространение и встречаемость чужеродных рыб в исследованных водных объектах провинций Донгнай и Ламдонг

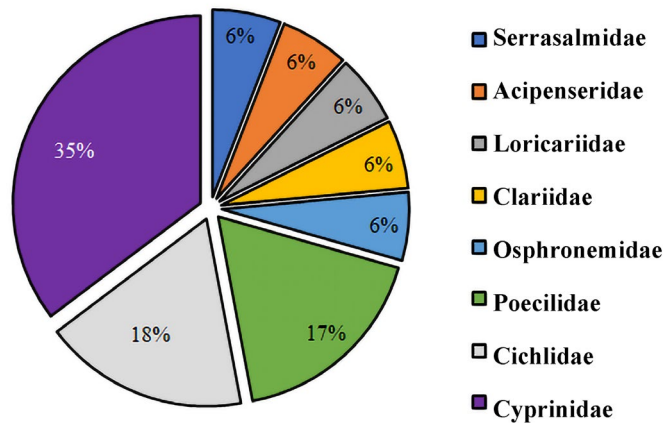
Виды	Районы исследований													F, %
	1	2	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<i>Sinosturio sinensis</i> Gray, 1835									+					5,9
<i>Labeo rohita</i> Hamilton, 1822	+													5,9
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)			+	+	+		+							23,5
<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	+			+	+		+				+			29,4
<i>Ctenopharyngodon idella</i> Valenciennes, 1844	+													5,9
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844	+													5,9
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> Richardson, 1845	+													5,9
<i>Piaractus brachyomus</i> (Cuvier, 1818)	+							+						11,8
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i> Weber, 1991	+				+			+	+				+	29,4
<i>Clarias gariepinus</i> Burchell, 1822									+					17,6
<i>Osphronemus goramy</i> Lacepède, 1801	+													5,9
<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard 1859)		+	+											11,8
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	+		+	+	+	+			+	+	+		+	52,9
<i>Xiphophorus hellerii</i> Heckel, 1848				+										5,9
<i>Cichla ocellaris</i> Bloch & Schneider, 1801	+													5,9
<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	70,6
<i>Coptodon zillii</i> (Gervais, 1848)					+					+	+			17,6
Всего	11	2	4	5	6	1	6	3	4	4	1	2	2	

**Примечание:** 1 – оз. Чиан; 2 – оз. Бахао; 7 - верховья р. Даньим; 8 – оз. Данкиа и Суойванг; 9 – р. Даньим; 10 – высокогорные ручьи р-н Хоабинь; 11 – оз. Дайнинь; 12 - верховья р. Донгнай; 13 – оз. Кала; 14 – водотоки Центрального нагорья Вьетнама; 15 – оз. Хамтхуан; 16 – оз. Баолам; 17 – оз. Тадунг

Cichlidae были представлены тремя видами каждое. Остальные семейства включали по одному виду (Рис. 2).

Ни одного чужеродного вида не было обнаружено в водных объектах национального парка Каттъян (станции 3-6 - р. Мада, малые водотоки, русло р. Донгнай, оз. Баусау). Во всех прочих водоемах и водотоках отмечалось от 1 до 11 видов-вселенцев. Наибольшее количество (11 видов) зарегистрировано в оз. Чиан, по 6 видов отмечено в среднем течении р. Даньим и расположенном на ней водохранилище Дайнинь, высокое видовое разнообразие вселенцев также наблюдалось в верховьях р. Даньим (4) и оз. Данкиа (5) и Кала (4), разнообразных водотоках нижней части Центрального нагорья Вьетнама (4). Прочие водоемы и водотоки насчитывали от 1 до 3 видов, причем наименьшее их количество наблюдалось в высокогорных районах с незначительной антропогенной нагрузкой/

Невысокая встречаемость (5,9%) отмечена для 8 видов (*Acipenser sinensis*, *Labeo rohita*, *Cichla ocellaris*, *Xiphophorus hellerii*, *Osphronemus goramy*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Ctenopharyngodon idella*). Средняя (11,8-29,4%) – для 7 видов (*Carassius auratus*, *Cyprinus carpio*, *Piaractus brachyomus*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Clarias gariepinus*, *Gambusia holbrooki*, *Coptodon zillii*). Очень высокая (69,2-92,3) была характерна для двух – группы *Poecilia reticulata* и нильской тилляпии *Oreochromis niloticus*. Последний вид встречался практически повсеместно, за исключением высокогорных ручьев.



**Рис.2.** Таксономическое разнообразие чужеродных видов рыб на уровне семейств.

#### 4. Обсуждение

Сведения по вселению чужеродных видов рыб во внутренних водоемах Вьетнама нельзя считать полными и исчерпывающими. В настоящее время указывается на присутствие около 50 видов пресноводных и эвригалинных морских видов, встречающихся в пресных и солоноватых водах рек (GBIF, 2026). При этом явно выражен тренд на увеличение числа инвазивных видов - сравнительно недавно их список насчитывал около 15-20 представителей (Зворыкин и др., 2014; An et al., 2013). Полученные нами данные свидетельствуют о том, что проблема биологических инвазий в бассейне р. Донгнай уже

приобрела заметные масштабы. Степень её выраженности существенно варьирует в зависимости от типа водоёма, его экологического состояния и высотной зональности.

Нами было зарегистрировано 17 чужеродных видов рыб, что составляет около 16 % всего видового богатства ихтиофауны исследованного региона. С одной стороны, их доля может показаться сравнительно невысокой по отношению к общему числу видов (при этом она сопоставима с оценками для других регионов Вьетнама, где также отмечается относительно ограниченное число натурализовавшихся интродуцентов (Ruykys et al., 2021)), но при этом экологическое значение вселенцев может быть весьма велико (Stolbunov and Tran, 2019).

Одним из наиболее характерных результатов исследования является выраженная пространственная неоднородность распространения чужеродных видов. Полное отсутствие интродуцентов в водных объектах национального парка Катъен свидетельствует о важной роли относительно слабо нарушенных экосистем как естественных барьеров для биологических инвазий. Подобная ситуация хорошо согласуется с общими представлениями о том, что высокая природная целостность экосистем и низкая степень антропогенного воздействия существенно ограничивают успешную натурализацию чужеродных организмов (Bănăduc et al., 2024).

Напротив, наибольшее разнообразие интродуцентов отмечено в водоёмах, испытывающих значительное хозяйственное воздействие, прежде всего в крупных водохранилищах и водоёмах, связанных с аквакультурой. Так, максимальное число чужеродных видов зарегистрировано в оз. Чиан (11 видов), а также в среднем течении р. Даньим (6 видов), связанном с большим количеством искусственно созданных водоемов, в том числе водохранилищем Дайнинь (6 видов). Подобная картина хорошо согласуется с результатами исследований в других регионах мира (Bănăduc et al., 2024).

Снижение числа интродуцентов в высокогорных районах Центрального нагорья, где было отмечено лишь 1–3 чужеродных вида, вероятно, это связано как с меньшей интенсивностью хозяйственной деятельности, так и с более экстремальными экологическими условиями (температурный режим, гидрологические особенности), которые могут ограничивать успешную натурализацию многих интродуцированных рыб.

Большинство видов характеризуется относительно низкой или средней частотой обнаружения, но два вида — гуппи *P. reticulata* и нильская тилляпия *O. niloticus* — демонстрируют чрезвычайно высокую распространённость. По своей численности выделались кольчужные сомы *Pterygoplichthys disjunctivus*, молодь которых хотя и присутствовала преимущественно в лотических водоемах, была чрезвычайно многочисленной. Подобная картина типична для многих инвазионных сообществ, где лишь ограниченное число видов становится по-настоящему успешными колонизаторами (Stolbunov and Tran, 2019).

Нильская тилляпия является, по-видимому, наиболее значимым инвазивным видом в исследованном регионе. Её практически повсеместное распространение, за исключением высокогорных ручьёв, подтверждает данные о высокой экологической пластичности и конкурентоспособности представителей рода *Oreochromis* (Shuai and Li, 2022; Feng et al., 2025). Ранее аналогичные тенденции были отмечены и в других районах Вьетнама, где тилляпии встречаются даже чаще многих аборигенных видов (Dien et al., 2025). Нарастающая численность этих видов в естественных водоёмах Вьетнама может приводить к усилению конкуренции с аборигенными видами и постепенному изменению структуры ихтиоценозов. Сходным образом высокая встречаемость отмечена и у гуппи, широко используемой ранее в программах биологического контроля комаров (El-Sabaawi et al., 2016). Этот вид отличается высокой скоростью размножения и устойчивостью к загрязнению воды, что способствует его успешной натурализации в самых различных водоёмах.

Анализ путей распространения показывает, что ведущую роль здесь играет аквакультура. Большинство обнаруженных чужеродных видов — такие как *Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *H. nobilis*, *Ctenopharyngodon idella*, *Labeo rohita*, *Piaractus brachipomus* и *Clarias gariepinus* — широко используются в рыбоводстве и регулярно культивируются на фермах (Vu et al., 2013). Во Вьетнаме эта проблема особенно актуальна в связи с быстрым ростом рыбководческой отрасли и расширением площади акваферм (Wei et al., 2025). В таких условиях практически неизбежно регулярное проникновение выращиваемых рыб в природные водоёмы. В результате формируются устойчивые популяции интродуцентов.

Вторым важным каналом интродукций является аквариумная торговля. В частности, представители рода *Pterygoplichthys*, а также некоторые живородящие карпозубые попали в природные водоёмы именно таким путём (Stolbunov and Tran, 2019). Аналогичные случаи известны во многих регионах мира, где аквариумные рыбы нередко становятся источником новых инвазий.

Экологические последствия подобных инвазий могут быть весьма разнообразными и не всегда легко поддаются однозначной оценке. Некоторые виды, такие как тилляпии, обладают значительным потенциалом негативного воздействия на аборигенные сообщества, конкурируя с местными рыбами за пищевые ресурсы и местообитания. Другие интродуценты (такие как гамбузия) могут занимать относительно свободные экологические ниши и не вызывать заметных изменений в структуре сообществ. Отдельную группу потенциально проблемных видов составляют представители семейства Loricariidae, в частности *Pterygoplichthys*. Хотя их влияние на экосистемы Вьетнама пока слабо исследовано, данные свидетельствуют о возможности серьёзных экологических последствий, включая разрушение донных субстратов, эрозию берегов и изменение трофиче-

ских связей (Stolbunov and Tran, 2019; Dien et al., 2025).

Следует также учитывать потенциальную роль гибридизации (Зворыкин и др., 2014). В аквакультуре широко используются гибридные формы тилапий и клариевых сомов, способные проникать в естественные водоёмы. Их экологические свойства и способность к формированию устойчивых популяций остаются практически неизученными, что представляет дополнительный риск для природных экосистем.

В целом, роль чужеродных видов в формировании рыбных сообществ в бассейне реки Донгнай остается недостаточно количественно оцененной. Существует острая необходимость в долгосрочном мониторинге, количественной оценке экологического воздействия и оценке динамики инвазии, особенно для доминирующих видов, таких как тилапия.

## 5. Заключение

В бассейне реки Донгнай наблюдается высокая интенсивность биологических инвазий, вызванных в основном аквакультурой и, в меньшей степени, торговлей декоративными рыбами. Распространение чужеродных видов сильно зависит от антропогенного воздействия на водоем и типа местообитания: водохранилища и измененные экосистемы выступают в качестве очагов инвазии, в то время как охраняемые и высокогорные районы остаются относительно устойчивыми.

Только комплексный подход позволит своевременно выявлять новые инвазии и минимизировать их потенциальное воздействие на биоразнообразие и устойчивость пресноводных экосистем в бассейне реки Донгнай.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Благодарности

Исследование выполнено в рамках темы Эколан Э-3.6 «Современное состояние экосистем и разнообразие гидробионтов бассейна реки Донгнай» задача 1 «Оценка разнообразия и обилия в сообществах рыб и декапод, их пространственной и временной изменчивости (верховья реки в пров. Ламдонг и участки в границах национального парка Катъен)» совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра (Ханой, Вьетнам) и частично в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148-4).

## Заявление об этике

Данное исследование было одобрено Комитетом по биоэтике IBSS, на заседании которого было подтверждено соответствие авторов всем международным, национальным и/или институциональным принципам использования животных (протокол № 1(10) от 10.03.2025).

## Список литературы

- Зворыкин Д.Д., Динь Тхи Хай Йен, Во Тхи Ха. 2014. Состав и основные особенности ихтиофауны пресных и солоноватых вод региона. В: Экология внутренних вод Вьетнама. Москва: Т-во научных изданий КМК.
- Abd Hamid M.R., Md Sah A.S.R., Idris I. et al. 2023. Impacts of tilapia aquaculture on native fish diversity at an ecologically important reservoir. *PeerJ* 11: e15986. DOI: [10.7717/peerj.15986](https://doi.org/10.7717/peerj.15986)
- An V.V., Du N.N., Tien D.V. et al. 2009. Impact assessment of peacock bass (*Cichla ocellaris*) on fisheries resources in Tri An Reservoir, Dong Nai Province. Technical report. Research Institute for Aquaculture No. 2, Vietnam. (In Vietnamese)
- An V.V., Tien V.D., Ngor P.B. et al. 2013. Exotic species in southern Viet Nam. *Catch and Culture* 19(1): 1–48.
- Bănăduc D., Curtean-Bănăduc A., Barinova S. et al. 2024. Multi-interacting natural and anthropogenic stressors on freshwater ecosystems: current status and future prospects for the 21st century. *Water* 16: 1483. DOI: [10.3390/w16111483](https://doi.org/10.3390/w16111483)
- Baran E., Myschowoda C. 2009. Dams and fisheries in the Mekong Basin. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 12: 227–234. DOI: [10.1080/14634980903149902](https://doi.org/10.1080/14634980903149902)
- Dien T.D., Ganzha E.V., Hieu N.T.D. et al. 2025. Non-native and native fish occurrence and distribution in the Suoi Trau Reservoir (central Vietnam). *BioInvasions Records* 14: 123–139. DOI: [10.3391/bir.2025.14.1.11](https://doi.org/10.3391/bir.2025.14.1.11)
- El-Sabaawi R.W., Frauendorf T.C., Marques P.S. et al. 2016. Biodiversity and ecosystem risks arising from using guppies to control mosquitoes. *Biology Letters* 12: 20160590. DOI: [10.1098/rsbl.2016.0590](https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0590)
- Feng S., Wang X., Huang L. et al. 2025. Assessment of fish community structure and invasion risk in Xinglin Bay, China. *Biology* 14: 988. DOI: [10.3390/biology14080988](https://doi.org/10.3390/biology14080988)
- Freyhof J., Serov D.V., Nguyen T.N. 1998. A preliminary checklist of the freshwater fishes of the Dong Nai River, South Vietnam. *Bonner Zoologische Beiträge* 49: 93–99.
- GBIF. 2026. Global Biodiversity Information Facility database. URL: <https://www.gbif.org>
- Hewitt C.L., Hulme P.E., Bray J. 2024. Bridging aquatic invasive species threats across multiple sectors through One Biosecurity. *BioScience* 74: 440–449. DOI: [10.1093/biosci/biae049](https://doi.org/10.1093/biosci/biae049)
- Nguyen T.T., Nguyen L.N., Lam B.Q. et al. 2019. Fish composition in Dong Nai Biosphere Reserve, Vietnam. *Journal of Agriculture and Development* 18: 30–37.
- Nguyen V.Q., Thai T.B., Ngo T.A. 2023. Mariculture development in Vietnam: present status and prospects. *Journal of Social Sciences and Humanities* 65: 11–20.
- Pham H., Vo P.L. 2025. Impacts of climate change and reservoir operation on droughts: a case study in the upper Dong Nai River Basin, Vietnam. *Journal of Water and Climate Change* 16: 511–530. DOI: [10.2166/wcc.2025.579](https://doi.org/10.2166/wcc.2025.579)
- Ruykys L., Ta K.A.T., Bui T.D. et al. 2021. Risk screening of the potential invasiveness of non-native aquatic species in Vietnam. *Biological Invasions* 23: 2047–2060. DOI: [10.1007/s10530-020-02430-2](https://doi.org/10.1007/s10530-020-02430-2)

Shuai F., Li J. 2022. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) invasion causes trophic structure disruptions in fish communities of the Pearl River, South China. *Biology* 11: 1665. DOI: [10.3390/biology11111665](https://doi.org/10.3390/biology11111665)

Stolbunov I.A., Tran D.D. 2019. Mass alien fish species in inland waters of central Vietnam. *Inland Water Biology* 12: 477–480. DOI: [10.1134/S1995082919040163](https://doi.org/10.1134/S1995082919040163)

Taki Y., Ohtsuka R., Komoda M. et al. 2021. Fishes of the Indochinese Mekong. Nagao Natural Environment Foundation, Tokyo.

Thi Thanh Vinh D. 2006. Aquaculture in Vietnam: development perspectives. *Development in Practice* 16: 498–503. DOI: [10.1080/09614520600792549](https://doi.org/10.1080/09614520600792549)

Tran D.D., Shibukawa K., Nguyen T.P. et al. 2013. Fishes of the Mekong Delta, Vietnam. Nagao Natural Environment Foundation, Tokyo.

Vu A.V., Doan T.V., Ngor P.B. et al. 2013. Exotic species in southern Vietnam. *Catch and Culture* 19: 18–23.

Wei H., Xu M., Fang M. et al. 2025. Nonnative freshwater fish escaped from aquaculture in China: too much of a good thing is not always the best. *Management of Biological Invasions* 16: 211–226. DOI: [10.3391/mbi.2025.16.1.13](https://doi.org/10.3391/mbi.2025.16.1.13)