

Научная статья
УДК 576.89+597.4/5.574
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-1-14-22>
EDN YFENJC

Трематоды рода *Aporhallus* (Trematoda: Heterophyidae) в фауне многоклеточных паразитов *Perca fluviatilis* (Perciformes, Actinopterygii) в дельте Волги

Марина Васильевна Рубанова^{1✉}, Оксана Владимировна Мухортова²

¹Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук,
филиал ФГБУН «Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»,
Тольятти, Россия, rubanova-ievb@mail.ru[✉]

²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Ярославская область, Россия

Аннотация. Условия обитания гидробионтов в Волго-Каспийском морском судоходном канале определяются высоким уровнем комплексной многофакторной антропогенной нагрузки. Являясь звеном единой международной транспортной системы, канал служит инвазионным коридором расселения чужеродных организмов, включая паразитов. Изучена фауна многоклеточных паразитов *Perca fluviatilis* (Perciformes) на участке канала. Зарегистрировано 6 таксонов паразитических организмов. Нематода *Eustrongylides excisus* занимает доминирующее положение в фауне макропаразитов *P. fluviatilis*. Обнаружена чужеродная трематода *Aporhallus muehlingi*, ассоциированная с моллюском-вселенцем *Lithoglyphus naticoides*, паразит имеет статус вида-содоминанта. Специфичный паразит, широко распространенный в популяциях окуневых рыб в дельте Волги, – *Aporhallus donicus* – не зарегистрирован. Высокая степень инвазии окуня *A. muehlingi* в течение трехлетнего периода исследований свидетельствует об устойчивости паразитарной подсистемы «*A. muehlingi* – *P. fluviatilis*», ранее не характерной для данного вида хозяев в низовьях Волги. В настоящее время сложились более благоприятные условия для инвазии окуня *A. muehlingi*, чем *A. donicus*, на отдельных участках дельты Волги. Таким образом, обнаружены структурные изменения в паразито-хозяйинных системах трематод р. *Aporhallus*, которые проявляются в виде частичной перестройки видовой и гостальной структуры фауны макропаразитов *P. fluviatilis* на исследованном участке реки. Подобная ситуация определяется причинами в большей степени антропогенного характера – изменениями условий обитания хозяев и паразитов, обусловленными совокупностью колебаний уровня Каспийского моря и сброса Волгоградской ГЭС, интенсивным судоходством (большой объем грузоперевозок) и высокой рыбопромысловой нагрузкой. Наиболее вероятным значимым дополнительным фактором изменений в характере заражения *P. fluviatilis* трематодами р. *Aporhallus* в настоящее время является снижение запасов популяций некоторых массовых видов карповых рыб – вторых промежуточных хозяев *A. muehlingi*, для которых паразит определен как специфичный.

Ключевые слова: *Perca fluviatilis*, биологические инвазии, фауна многоклеточных паразитов, *Aporhallus muehlingi*, *Aporhallus donicus*, Волго-Каспийский морской судоходный канал, дельта Волги

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания № 122032500063-0 «Изменение, устойчивость и сохранение биологического разнообразия под воздействием глобальных изменений климата и интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы Волжского бассейна» ИЭВБ РАН – филиала СамНЦ РАН.

Для цитирования: Рубанова М. В., Мухортова О. В. Трематоды рода *Aporhallus* (Trematoda: Heterophyidae) в фауне многоклеточных паразитов *Perca fluviatilis* (Perciformes, Actinopterygii) в дельте Волги // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 1. С. 14–22. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-1-14-22>. EDN YFENJC.

Trematodes genus *Apophallus* (Trematoda: Heterophyidae) in the fauna of multicellular parasites *Perca fluviatilis* (Perciformes, Actinopterygii) in the Volga Delta

Marina V. Rubanova^{1✉}, Oksana V. Mukhortova²

¹Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Science, Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Science, Togliatti, Russia, rubanova-ievb@mail.ru ✉

²Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl region, Russia

Abstract. The living conditions of aquatic organisms in the Volga-Caspian Sea Shipping Canal are determined by a high level of complex multifactor anthropogenic load. As a link in a unified international transport system, the canal serves as an invasive corridor for the settlement of alien organisms, including parasites. The fauna of multicellular parasites *Perca fluviatilis* (Perciformes) in the canal area was studied. 6 taxa of parasitic organisms have been registered. The nematode *Eustrongylides excisus* occupies a dominant position in the fauna of macroparasites *P. fluviatilis*. An alien trematode, *Apophallus muehlingi*, was discovered associated with the invasive mollusk *Lithoglyphus naticoides*; the parasite has the status of a codominant species. A specific parasite widely distributed in perch fish populations in the Volga delta, *Apophallus donicus*, has not been registered. The high degree of invasion of perch by *A. muehlingi* during the three-year study period indicates the stability of the parasitic subsystem “*A. muehlingi* – *P. fluviatilis*”, previously uncharacteristic for this host species in the lower reaches of the Volga. Currently, more favorable conditions have developed for the invasion of perch *A. muehlingi* than *A. donicus* in certain areas of the Volga delta. Thus, structural changes were found in the host-parasite relationships systems of the trematodes of the genus *Apophallus*, which appear in the form of a partial restructuring of the species and host structure of the fauna of macroparasites *P. fluviatilis* in the investigated area of the river. This situation is determined by factors that are largely anthropogenic in nature – changes in the living conditions of hosts and parasites, caused by a combination of fluctuations in the level of the Caspian Sea and the discharge of the Volgograd hydroelectric station, intensive shipping (large volume of cargo transportation) and high fishing pressure. The most likely significant additional factor of changes in the nature of infection of *P. fluviatilis* by trematodes of the genus *Apophallus* is currently a decrease in the stocks of populations of some massive species of cyprinid fish – the second intermediate hosts of *A. muehlingi*, for which the parasite is defined as specific.

Keywords: *Perca fluviatilis*, biological invasions, fauna of multicellular parasites, *Apophallus muehlingi*, *Apophallus donicus*, Volga-Caspian Canal, Volga Delta

Funding: the research has been carried out within the framework of the State task of the № 122032500063-0 “Change, sustainability and conservation of biological diversity under the influence of global climate change and intense anthropogenic load on the ecosystems of the Volga basin” IEVRB RAS – Branch of SamSC RAS.

For citation: Rubanova M. V., Mukhortova O. V. Trematodes genus *Apophallus* (Trematoda: Heterophyidae) in the fauna of multicellular parasites *Perca fluviatilis* (Perciformes, Actinopterygii) in the Volga Delta. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2024;1:14-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-1-14-22>. EDN YFENJC.

Введение

Дельта реки Волги – динамичный природный комплекс, состояние и гидрологический режим которого зависят от множества факторов: изменений климата, колебаний уровня Каспийского моря и сброса Волгоградской ГЭС. Экосистемы дельты испытывают комплексное многофакторное антропогенное воздействие, включающее коммунальное и промышленное водоснабжение, влияние нефтегазового комплекса, гидроэнергетику, развитие рыбного и сельского хозяйства, водного транспорта и высокую рыбопромысловую нагрузку [1]. Гидрографическая сеть дельты Волги является одной из самых разветвленных в мире. Главный рукав дельты – система Бахтемира, продолжением стока которого

служит Волго-Каспийский морской судоходный канал (ВКМСК) – основной судоходный путь из Волги в Каспийское море. Канал является единственной глубоководной артерией, соединяющей Каспийское море с внутренними водными путями Волги и далее – с Азово-Черноморским, Балтийским и Северным морскими бассейнами, а также основным звеном Международного транспортного коридора «Север – Юг» в российском секторе Каспия [2]. Строительство и функционирование судоходных каналов, сброс судовых балластных вод, объединение водных путей в единую систему становятся причинами трансформации среды обитания организмов, приводящей к нарастанию проблемы биоинвазий. Инвазии чужеродных видов являются важным фак-

тором, обуславливающим радикальные перестройки структуры водных и наземных экосистем и их функционирование [3].

Исследования дельты Волги представляют значительный интерес в паразитологическом аспекте. Динамика колебаний уровня Каспийского моря и вмешательство человека в ход естественных процессов приводят к существенным перестройкам биоценозов дельты. Подобные изменения прямо или косвенно отражаются на численности, составе, структуре и экологических связях популяций хозяев и, как следствие, на фауне их паразитов [4]. Антропогенная нагрузка на экосистемы становится все более значимым фактором, определяющим распространение паразитических организмов. Система межбассейновых каналов и водохранилищ превратила Волгу в крупнейший транзитный водный путь, обусловивший расширение ареалов и проникновение гидробионтов и их паразитов из соседних бассейнов. В настоящее время в бассейне Волги зарегистрировано 47 чужеродных видов паразитов рыб, в том числе этим инвазионным коридором воспользовалось 16–17 видов паразитов, расширивших ареал в дельте Волги [5]. Патогенные виды паразитов, имеющие эпизоотологическое значение, являются регуляторами численности рыб, могут представлять опасность для млекопитающих, угрозу здоровью человека. Чужеродные трематоды р. *Aporhynchus* отмечены в дельте Волги с конца 1970 – начала 1980-х гг.: *Aporhynchus muehlingi* (Jagerskiold, 1899) является возбудителем апофаллеза у карповых рыб, *Aporhynchus donicus* (Skrjabin & Lindtrop, 1919) = *Rossicotrema donicum* Skrjabin & Lindtrop, 1919 вызывает россикотремоз у молоди окуневых, инвазия данными видами может приводить к массовому заражению и гибели молоди рыб [6].

Целью работы явилось изучение степени инвазии массового промыслового вида – *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 чужеродными трематодами р. *Aporhynchus* на участке ВКМСК. Задачи исследования:

– определение количественного и качественного состава фауны многоклеточных паразитов *P. fluviatilis*;

– проведение сравнительного анализа оригинальных и литературных данных о зараженности окуня в дельте Волги.

Материал и методика исследования

Материал для работы собран на левобережном участке в течение 3 лет в одной точке акватории ВКМСК (в районе 12-й верхней жилки). Отловлено поплавочной и донной удочкой с одним крючком 65 экз. окуня (половозрелых, преимущественно одноразмерных, промысловая длина 183–226 мм): в сентябре 2020 г. – 26 экз., 2021 г. – 19 экз., 2022 г. – 20 экз. Паразитологическое вскрытие рыб, фиксацию, обработку материала производили общепринятыми методами [7]. Обследованы покровы и внутренние органы, полость тела, жабы, плавники, глаза, мускулатура. Видовую идентификацию паразитов проводили при помощи бинокулярного микроскопа Biolar, оснащенного микрофотонасадкой Levenhuk C-Series 5M pixels [8]. Прижизненную окраску паразитов осуществляли раствором бледно-розового цвета нейтрального красного (0,03 мг C₁₅H₁₇ClN₄ на 10 мл дистиллированной H₂O). Систематика паразитов приведена в соответствие с сайтом *Fauna Europaea* (2022). Вид *Anisakis schupakovi* Mosgovoy, 1951 [8] не идентифицируется по *Fauna europaea*, вероятно, вследствие различия в видовом и родовом определении р. *Anisakis* [9]. Для количественной характеристики зараженности рыб использовали общепринятые показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ), %; индекс обилия (ИО), экз.; интенсивность инвазии (ИИ), экз. Также рассчитывали коэффициент Пирсона, коэффициент Серенсена общности видового состава фауны многоклеточных паразитов окуня.

Результаты и обсуждение

У *P. fluviatilis* обнаружено 6 таксонов паразитов (5 идентифицировано до вида), относящихся к 2 таксономическим группам: Trematoda – *Diplostomum* sp., *Tylodelphys clavata* (von Nordmann, 1832), *Ichthyocotylurus variegatus* (Creplin, 1825), *A. muehlingi*; Nematoda – *Eustrongylides excisus* Jagerskiold, 1909, *Camallanus lacustris* (Zoega, 1776) (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Видовой состав, локализация, параметры заражения *P. fluviatilis* многоклеточными паразитами на участке Волго-Каспийского морского судоходного канала (2020–2022 гг.)

Species composition, localization, parameters of infection of *P. fluviatilis* with multicellular parasites in the section of the Volga-Caspian Canal (2020–2022)

Вид паразита	Локализация	Параметры заражения рыб*		
		2020 г.	2021 г.	2022 г.
<i>Diplostomum</i> sp. mc	Хрусталик	$23,08 \pm 8,43$ $0,88 \pm 1,88$ (1–6)	0	$10,0 \pm 6,7$ $0,35 \pm 1,18$ (2–5)
<i>T. clavata</i> mc	Стекловидное тело	$26,92 \pm 8,87$ $13,46 \pm 27,18$ (8–127)	$21,05 \pm 9,61$ $5,0 \pm 11,47$ (12–44)	$20,0 \pm 8,94$ $3,05 \pm 2,88$ (8–26)

Окончание табл. 1

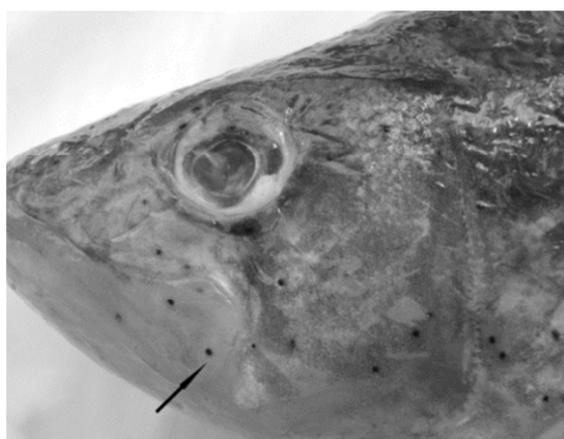
Ending of table 1

Вид паразита	Локализация	Параметры заражения рыб*		
		2020 г.	2021 г.	2022 г.
<i>I. variegatus</i> mc	Стенка плавательного пузыря	$11,54 \pm 6,39$ 1,5 ± 5,34 (4–27)	$15,79 \pm 8,59$ 1,16 ± 3,35 (4–14)	$15,0 \pm 7,98$ 1,1 ± 2,88 (5–11)
<i>A. muehlingi</i> mc	Жаберные крышки, плавники, подкожная клетчатка	$69,23 \pm 9,23$ 15,96 ± 37,77 (2–192)	$73,68 \pm 10,38$ 20,42 ± 36,33 (2–136)	$75,0 \pm 9,68$ 19,5 ± 30,61 (4–116)
<i>E. excisus</i> larvae	Полость тела, мускулатура, стенка кишечника и плавательного пузыря, ястыки, печень	$84,62 \pm 7,22$ 15,85 ± 14,31 (1–44)	$84,21 \pm 8,59$ 12,26 ± 12,81 (2–47)	$80,0 \pm 8,94$ 10,35 ± 13,01 (3–51)
<i>C. lacustris</i>	Кишечник	$53,85 \pm 9,97$ 1,19 ± 1,54 (1–6)	$36,84 \pm 11,37$ 1,21 ± 2,04 (1–7)	$30,0 \pm 10,25$ 0,9 ± 1,61 (2–6)

* В числителе – ЭИ, %; в знаменателе – ИО, экз.; в скобках – ИИ, экз.

В фауне макропаразитов *P. fluviatilis* доминирует нематода *E. excisus* (см. табл. 1), широко распространенная у рыб в низовьях Волги [10, 11]. Содоминантом выступает трематода *A. muehlingi*

(рис.), для которой отмечены высокая экстенсивность инвазии и максимальные, по сравнению с другими видами, значения индекса обилия и интенсивности инвазии (см. табл. 1).



a



b

A. muehlingi: a – метацирকারии на челюстях и жаберных крышках *P. fluviatilis*;
 б – общий вид ($L = 0,57$ мм)

A. muehlingi: a – metacercaria on the jaws and opercle of *P. fluviatilis*;
 б – general view ($L = 0.57$ mm)

Все обнаруженные у *P. fluviatilis* паразиты имеют сложный жизненный цикл. Для всех видов трематод окунь является дополнительным хозяином, окончательными хозяевами являются рыбацкие птицы [8]. Для нематоды *E. excisus* окунь служит дополнительным хозяином, облигатный окончательный хозяин – рыбацкие птицы, факультативный – каспийская нерпа [12]. В жизненном цикле нематоды *C. lacustris* окунь играет роль окончательного хозяина. Подавляющая часть обнаруженных видов паразитов (*T. clavata*, *I. variegatus*, *A. muehlingi*, *E. excisus*,

возможно, *Diplostomum* sp.) являются возбудителями иктиопаразитозов, в том числе зарегистрированы виды, способные заканчивать жизненный цикл у млекопитающих и/или человека: *E. excisus*, *A. muehlingi* [6, 9]. Сходство видового состава макропаразитов *P. fluviatilis* в разные годы для выборок, несколько различающихся по количеству особей, статистически достоверно по критерию Пирсона на высоком уровне значимости ($r = 0,68$, $df = 1$, $p < 0,0001$).

Rubanova M. V., Mikhotova O. V. Trematodes genus *Aporrhilus* (Trematoda: Heterophyidae) in the fauna of multicellular parasites *Percu fluviatilis* (Perciformes, Acipenseridae) in the Volga Delta

У окуня за 20-летний период времени, по литературным источникам (табл. 2), отмечено 13 таксонов многоклеточных паразитов (10 идентифицировано до вида): Monogenea – *Ancyrocephalus percae* Ergens, 1966; Trematoda – *Diplostomum* sp., *T. clavata*, *Paracoenogonimus ovatus* Katsurada, 1914, *A. donicus*,

Clinostomum complanatum (Rudolphi, 1810); Nematoda – *E. excisus*, *A. schupakovi*, *C. lacustris*, *Camallanus* sp.; Acanthocephala – *Corynosoma strumosum* (Rudolphi, 1802), *Echinorhynchus cinctulus* Porta, 1905; Crustacea – *Lernanthropsis* sp.

Таблица 2

Table 2

Видовой состав многоклеточных паразитов *P. fluviatilis* и экстенсивность инвазии
 Species composition of multicellular parasites *P. fluviatilis* and parasite prevalence

Видовой состав многоклеточных паразитов*	ЭИ, %
Литературные данные** (2000–2020 гг.)	
<i>E. excisus</i> larvae	52–100
<i>A. schupakovi</i> larvae	22–100
<i>P. ovatus</i> mc	16,00–100,00
<i>A. donicus</i> mc	1,45–95,00
<i>Diplostomum</i> sp. mc	50
<i>T. clavata</i> mc	50
<i>C. lacustris</i>	50
<i>E. cinctulus</i>	40
<i>Camallanus</i> sp.	4–26
<i>C. strumosum</i> larvae	0,61–2,50
<i>A. percae</i>	+***
<i>C. complanatum</i> mc	+
<i>Lernanthropsis</i> sp.	+
Оригинальные данные (среднее значение за 2020–2022 гг.)	
<i>E. excisus</i> larvae	82,94
<i>A. muehlingi</i> mc	72,64
<i>C. lacustris</i>	40,23
<i>T. clavata</i> mc	22,66
<i>Diplostomum</i> sp. mc	11,03
<i>I. variegatus</i> mc	14,11

* Виды паразитов в столбцах расположены по степени доминирования; ** данные [10, 11, 13–20]; ***(+)- паразит обнаружен, данные о количественных характеристиках инвазии отсутствуют.

Максимальные значения ЭИ отмечены для *E. excisus*, *A. schupakovi*, *P. ovatus*, *A. donicus*.

Коэффициент общности видового состава Серенсена в 2020–2022 гг. составляет 90 %, а при сравнении оригинальных данных за 2020–2022 гг. с литературными (2000–2020 гг.) – 47 %. Сходство состава паразитов *P. fluviatilis* обусловлено наличием 4 типичных паразитов окуня дельты Волги (*Diplostomum* sp., *T. clavata*, *C. lacustris*, *E. excisus*). Различия определяются дополнением состава паразитов на исследованном участке трематодами *A. muehlingi* и *I. variegatus*, а также отсутствием ряда таксонов: узкоспецифичного *A. percae* и традиционно приуроченного, считающегося специфичным окуню *A. donicus*, широкоспецифичных *P. ovatus*, *C. complanatum*, *E. cinctulus*, а также солоноватоводных/«морских» видов – *C. strumosum*, *A. schupakovi*, *Lernanthropsis* sp. (см. табл. 2).

Трематоды *A. muehlingi* и *A. donicus* распространены в средних широтах Палеарктики, от Западного побережья Атлантики до Приморья и Камчатки. Паразиты являются чужеродными для бассейна Волги, их распространение связано с проникновением в дельту по Волго-Донскому каналу из Азово-Черноморского бассейна первого промежуточного хозяина – моллюска *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828) [6]. Успешной реализации жизненных циклов *A. muehlingi* и *A. donicus* в дельте Волги способствует изобилие мест обитания, высокая плотность и разнообразие вторых промежуточных (рыбы многих семейств), резервуарных, окончательных (рыбоядные птицы, млекопитающие, человек) хозяев, в том числе хозяев-интродуцентов [4, 21]. Колонизация *A. muehlingi* и *A. donicus* территорий в дельте Волги произошла в исторически короткий период времени, поскольку темпы генезиса трематод оказались сходными, а стохастическая модель, описы-

вающая его динамику, характерна для краткосрочных хроноэкологических процессов [22]. К началу 2000-х гг. *A. muehlingi* и *A. donicus* стали ведущими компонентами паразитоценозов дельты Волги и Северного Каспия [4]. Предполагалось, что пространственная и гостальная структура очагов апофаллеза и россикотремоза сформированы, далее возможны только количественные изменения зараженности [22]. Однако более поздние исследования зараженности грызунов в дельте Волги свидетельствуют о продолжающемся расширении круга окончательных хозяев этих паразитов [21].

В ранге вторых промежуточных хозяев массовое заражение *A. muehlingi* было отмечено у 16 видов карповых рыб и единичные случаи инвазии 3 видов окуневых, а *A. donicus* массово инвазировал 4 вида окуневых и единично карповых [4]. Трематода *A. muehlingi* считается специфичным паразитом карповых рыб, *A. donicus* традиционно приурочен к окуневым рыбам [4, 14, 20].

У *P. fluviatilis* в дельте Волги в 1977–1999 гг. были отмечены оба вида р. *Apophallus* – доминирующий в его трематодофауне *A. donicus* и единично встречающийся *A. muehlingi* [4, 6]. В 2000–2020 гг., по литературным данным [10, 11, 13–20], *A. donicus* сохранил высокую (до ~ 95 %) ЭИ окуня, *A. muehlingi* у него не зарегистрирован (см. табл. 2). По нашим данным, зараженность окуня *A. muehlingi* высока, наблюдается тенденция к увеличению степени инвазии в межгодовом аспекте, вид занимает положение субдоминанта в фауне многоклеточных паразитов *P. fluviatilis* (см. табл. 1, 2). При этом *A. donicus*, типичный для *P. fluviatilis* в низовьях Волги, нами не обнаружен. Таким образом, в настоящее время отмечены значительные качественные и количественные изменения на уровне вторых промежуточных хозяев трематод р. *Apophallus*.

В дельте Волги *P. fluviatilis* входит в состав массовых жилых видов, составляющих ядро ихтиофауны. Вид является промысловым, состояние популяции окуня стабильно, наблюдается рост численности и промыслового запаса [23]. В то же время численность молоди полупроходных и речных рыб – воблы и леща, поколения которых характеризуются как низкоурожайные, снижается [24], причем сни-

жение урожайности воблы отмечается в течение последних 5 лет [25]. По лещу и группе «прочих пресноводных» наблюдалось снижение вылова [25]. Таким образом, для популяций некоторых массовых видов карповых рыб, являющихся вторыми промежуточными хозяевами *A. muehlingi*, в дельте Волги отмечена депрессивная ситуация. На это косвенно указывают полученные паразитологические данные по зараженности *P. fluviatilis* специфичной и неспецифичной трематодами р. *Apophallus*. Паразиты окуня использованы в работе как своеобразные биологические метки (маркеры), отражающие особенности экологии рыб в изменяющихся условиях среды (в частности, под влиянием высокой антропогенной нагрузки) [26, 27].

Заключение

На локальном участке ВКМСК в результате исследования выявлена высокая степень инвазии *P. fluviatilis* специфичным паразитом карповых рыб – чужеродной трематодой *A. muehlingi*. Вид имеет статус субдоминанта в фауне макропаразитов окуня. Специфичный паразит окуневых рыб – *A. donicus* – у *P. fluviatilis* на данном участке дельты Волги не обнаружен. Паразитарные подсистемы с участием трематод р. *Apophallus* формируются и функционируют в условиях нестабильного гидрологического режима, зависящего от колебаний уровня Каспийского моря и сброса Волгоградской ГЭС, высокого уровня антропогенной нагрузки. К наиболее вероятным причинам изменений в характере заражения *P. fluviatilis* паразитами в настоящее время можно отнести дополнительный фактор – снижение численности некоторых видов карповых рыб, служащих вторыми промежуточными хозяевами *A. muehlingi*, на фоне стабильного роста численности популяции окуня. Преобразование структуры ихтиоценоза привело к устойчивому функционированию паразитарной подсистемы, образованной специфичным паразитом карповых рыб *A. muehlingi* и окунем. Значимое положение в ихтиоценозе и экологическая пластичность *P. fluviatilis* позволили использовать его паразитов – чужеродных трематод р. *Apophallus* – в качестве биомаркера изменений, начинающихся в экосистеме водоема.

Список источников

1. Бреховских В. Ф., Островская Е. В. и др. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2017. 408 с.
2. Бухарицин П. И. Волго-Каспийский морской судовой канал – от старых принципов к новым идеям // Гидротехника. 2018. Т. 1 (50). С. 76–80.
3. Алимов А. Ф., Богущкая Н. Г., Орлова М. И. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах: моногр. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 436 с.
4. Иванов В. М. Мониторинг, структурные измене-

- ния и экологические особенности трематодофауны позвоночных животных дельты Волги и Северного Каспия (фауна, систематика, биология, экология, патогенное значение): дис. ... д-ра биол. наук. М., 2003. 323 с.
5. Zhokhov A. E., Pugacheva M. N., Molodzhnikova N. M., Berechikidze I. A. Alien parasite species of the fish in the Volga river basin: a review of data on the species number and distribution // Russian Journal of Biological Invasions. 2019. V. 10. N. 2. P. 136–152.
6. Бисерова Л. И. Трематоды *Apophallus muehlingi* и *Rossicotrema donicum* – паразиты рыб дельты Волги:

особенности экологии и ихтиопаразитозы, ими вызываемые: дис. ... канд. биол. наук. М., 2005. 168 с.

7. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

8. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л.: Наука, 1987. Вып. 149. Т. 3. Паразитические многоклеточные. 583 с.

9. Гаевская А. В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. 223 с.

10. Чепурная А. Г., Конеева Г. Я. Оценка паразитологической ситуации в разнотипных водоемах дельты Волги // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2006. № 3 (32). С. 78–82.

11. Конькова А. В., Володина В. В., Воронина Е. А., Терпугова Н. Ю. Эпидемиологическое значение паразитов рыб Волго-Каспийского рыбохозяйственного подрайона (Астраханская область) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 5. С. 448–454.

12. Володина В. В., Грушко М. П. Инвазионные заболевания каспийского толеня // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2012. № 2 (14). С. 25–29.

13. Чепурная А. Г., Конькова А. В. Эпизоотологический мониторинг промысловых рыб дельты Волги // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. СПб.: Изд-во Всерос. науч.-исследоват. ин-та рыб. хоз-ва и океанографии, 2009. Вып. 338. Проблемы ихтиопатологии в начале XXI века (к 80-летию создания лаборатории болезней рыб ФГНУ «ГосНИОРХ»). С. 210–213.

14. Чепурная А. Г. Фауна паразитов рыб в разнотипных водоемах Нижнего Поволжья // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2010. № 1. С. 62–65.

15. Володина В. В., Проскурина В. В., Солохина Т. А., Воронина Е. А., Конькова А. В. Рыбы Волго-Каспийского региона – переносчики возбудителей антропоознозов // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95 (6). С. 517–520.

16. Ларцева Л. В., Володина В. В. Зараженность промысловых видов рыб Волго-Каспийского бассейна личинками гельминтов, опасных для здоровья человека // Тр. Центра паразитологии. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. Т. XLIX: Фауна и экология паразитов. С. 59–60.

17. Терпугова Н. Ю., Конькова А. В., Володина В. В., Воронина Е. А. К вопросу о паразитах окуневых рыб дельты Волги // Современные проблемы паразитологии и экологии. Чтения, посвящ. памяти С. С. Шульмана: сб. тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Тольятти: Полиар, 2018. С. 285–292.

18. Конькова А. В., Солохина Т. А., Терпугова Н. Ю. Паразиты молоди рыб дельты реки Волга // Паразитология. 2019. Т. 53, № 6. С. 483–505.

19. Степаненко Е. А., Каниева Н. А., Волкова И. В., Попова К. С. Сравнительная характеристика паразитарной чистоты окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis* L.) из естественных водоемов разного типа Астраханской области // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы VII Науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием. Астрахань, 2019. С. 449–455.

20. Попова К. С., Каниева Н. А., Степаненко Е. А. Паразитофауна рыб семейства *Percidae* в водоемах Астраханской области // Экология и природопользование: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Назрань: ООО «КЕП», 2020. С. 147–151.

21. Ivanov V. M., Semenova N. N., Kalmykov A. P., Fedorovich V. V., Parshina O. Y. Structural changes of helminthofauna in rodents caused by introduction and settlement of animals in the Volga Delta // Arid Ecosystems. 2011. V. 1. N. 4. P. 246–250.

22. Судариков В. Е., Фрезе В. И., Иванов В. М., Семенова Н. Н., Ломакин В. В. Закономерности генезиса инвазии трематод в дельте реки Волги и Северном Каспии // Сибир. зоол. конф., посвящ. 60-летию Ин-та систематики и экологии животных СО РАН: тез. докл. Новосибирск, 2004. С. 405–406.

23. Ткач В. Н., Никифоров С. Ю. Промысел проходных, речных рыб, видовой состав уловов в южном рыбохозяйственном районе Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна в ретроспективе и современный период // Вестн. рыбохозяйств. науки. 2019. Т. 6. № 2 (22). С. 16–26.

24. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2019 году. Астрахань, 2020. 218 с.

25. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2022 году. Астрахань, 2023. 304 с.

26. Halmetoja A., Valtonen E. T., Koskenniemi E. Perch (*Perca fluviatilis* L.) parasites reflect ecosystem conditions: a comparison of a natural lake and two acidic reservoirs in Finland // International Journal for Parasitology. 2000. V. 30. N. 14. P. 1437–1444.

27. Valtonen E. T., Holmes J. C., Aronen J., Rautalahti I. Parasite communities as indicators of recovery from pollution: parasites of roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in central Finland // Parasitology. 2003. V. 126. P. 43–52.

References

1. Brekhovskikh V. F., Ostrovskaja E. V. i dr. *Zagriznieniushchie veshchestva v vodakh Volzhsko-Kaspiiskogo basseina* [Pollutants in the waters of the Volga-Caspian basin]. Astrakhan', Izdatel' Sorokin Roman Vasil'evich, 2017. 408 p.

2. Bukharitsin P. I. *Volgo-Kaspiiskii morskoi sudokhodnyi kanal – ot starykh printsipov k novym ideiam* [Volga-Caspian Sea Shipping Channel – from old principles to new ideas]. *Gidrotehnika*, 2018, vol. 1 (50), pp. 76–80.

3. Alimov A. F., Bogutskaja N. G., Orlova M. I. *Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh: monografiia* [Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems: monograph]. Moscow, T-vo nauch. izd. KMK, 2004. 436 p.

4. Ivanov V. M. *Monitoring, strukturnye izmeneniia i ekologicheskie osobennosti trematodofauny pozvonochnykh*

zhivotnykh del'ty Volgi i Severnogo Kaspiia (fauna, sistematika, biologiiia, ekologiiia, patogennoe znachenie). Dissertatsiia ... d-ra biol. nauk [Monitoring, structural changes and ecological features of the trematodofauna of vertebrates of the Volga Delta and the Northern Caspian (fauna, systematics, biology, ecology, pathogenic significance). Dissertation ... by Dr. Biol. sciences]. Moscow, 2003. 323 p.

5. Zhokhov A. E., Pugacheva M. N., Molodozhnikova N. M., Berechikidze I. A. Alien parasite species of the fish in the Volga river basin: a review of data on the species number and distribution. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2019, vol. 10, no. 2, pp. 136–152.

6. Biserova L. I. *Trematody Apophallus muehlingi i Rosicotrema donicum – parazity ryb del'ty Volgi: osobennosti ekologii i ikhtio-parazitozy, imi vyzvaemye. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [Trematodes Apophallus muehlingi and Ros-

sicotrema donicum – parasites of fish of the Volga Delta: features of ecology and ichthyotic parasitosis caused by them. Dissertation ... cand. Biol. sciences]. Moscow, 2005. 168 p.

7. Bykhovskaia-Pavlovskaiia I. E. *Parazity ryb. Rukovodstvo po izucheniiu* [Parasites of fish. Study Guide]. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 121 p.

8. *Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb fauny SSSR* [The determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR]. Leningrad, Nauka Publ., 1987. Iss. 149. Vol. 3. Paraziticheskie mnogokletochnye. 583 p.

9. Gaevskaia A. V. *Anizakidnye nematody i zabolevaniia, vyzvaemye imi u zhivotnykh i cheloveka* [Anisakid nematodes and diseases caused by them in animals and humans]. Sevastopol', EKOSI-Gidrofizika Publ., 2005. 223 p.

10. Chepurnaia A. G., Koneeva G. Ia. Otsenka parazitologicheskoi situatsii v raznotipnykh vodoemakh del'ty Volgi [Assessment of the parasitological situation in different types of reservoirs of the Volga Delta] [Assessment of the parasitological situation in different types of reservoirs of the Volga Delta]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2006, no. 3 (32), pp. 78-82.

11. Kon'kova A. V., Volodina V. V., Voronina E. A., Terpugova N. Iu. Epidemiologicheskoe znachenie parazitov ryb Volgo-Kaspiiskogo rybokhoziaistvennogo podraiona (Astrakhanskaia oblast') [Epidemiological significance of fish parasites in the Volga-Caspian fisheries subdistrict (Astrakhan region)]. *Gigiena i sanitariia*, 2020, vol. 99, no. 5, pp. 448-454.

12. Volodina V. V., Grushko M. P. Invazionnye zabolevaniia kaspiiskogo tiulenia [Invasive diseases of the Caspian seal]. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii*, 2012, no. 2 (14), pp. 25-29.

13. Chepurnaia A. G., Kon'kova A. V. Epizootologicheskii monitoring promyslovnykh ryb del'ty Volgi [Epizootological monitoring of commercial fish of the Volga Delta]. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh*. Saint Petersburg, Izd-vo Vseros. nauch.-issledovat. in-ta ryb. khoz-va i okeanografii, 2009. Iss. 338. Problemy ikhtiopatologii v nachale XXI veka (k 80-letiiu sozdaniia laboratorii boleznei ryb FGNU «GosNIORKh»). Pp. 210-213.

14. Chepurnaia A. G. Fauna parazitov ryb v raznotipnykh vodoemakh Nizhnego Povolzh'ia [Fauna of fish parasites in diverse reservoirs of the Lower Volga region]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2010, no. 1, pp. 62-65.

15. Volodina V. V., Proskurina V. V., Solokhina T. A., Voronina E. A., Kon'kova A. V. Ryby Volgo-Kaspiiskogo regiona – perenoschiki vzbuditelei antropozoonozov [Fish of the Volga-Caspian region are carriers of pathogens of anthroozoonosis]. *Gigiena i sanitariia*, 2016, vol. 95 (6), pp. 517-520.

16. Lartseva L. V., Volodina V. V. Zarazhennost' promyslovnykh vidov ryb Volgo-Kaspiiskogo basseina lichinkami gel'mintov, opasnykh dlia zdorov'ia cheloveka [Infection of commercial fish species of the Volga-Caspian basin with larvae of helminths dangerous to human health]. *Trudy Tsentra parazitologii*. Moscow, T-vo nauch. izd. KMK, 2016. Vol. XLIX: Fauna i ekologiya parazitov. Pp. 59-60.

17. Terpugova N. Iu., Kon'kova A. V., Volodina V. V., Voronina E. A. K voprosu o parazitakh okunevykh ryb del'ty Volgi [On the issue of parasites of perch fish of the Volga

Delta]. *Sovremennye problemy parazitologii i ekologii. Chteniia, posviashchennye pamiati S. S. Shul'mana: sbornik trudov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Tol'iatti, Poliar Publ., 2018. Pp. 285-292.

18. Kon'kova A. V., Solokhina T. A., Terpugova N. Iu. Parazity molodi ryb del'ty reki Volga [Parasites of juvenile fish of the Volga River Delta]. *Parazitologiya*, 2019, vol. 53, no. 6, pp. 483-505.

19. Stepanenko E. A., Kanieva N. A., Volkova I. V., Popova K. S. Sravnitel'naia kharakteristika parazitarnoi chistoty okunia obyknovennogo (*Perca fluviatilis* L.) iz estestvennykh vodoemov raznogo tipa Astrakhanskoi oblasti [Comparative characteristics of the parasitic purity of common perch (*Perca fluviatilis* L.) from natural waters of different types in the Astrakhan region]. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiia rybokhoziaistvennogo kompleksa: materialy VII Nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem*. Astrakhan', 2019. Pp. 449-455.

20. Popova K. S., Kanieva N. A., Stepanenko E. A. Parazitofauna ryb semeistva *Percidae* v vodoemakh Astrakhanskoi oblasti [Parasitofauna of fish of the *Percidae* family in the reservoirs of the Astrakhan region]. *Ekologiya i prirodopol'zovanie: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Nazran', OOO «KEP», 2020. Pp. 147-151.

21. Ivanov V. M., Semenova N. N., Kalmykov A. P., Fedorovich V. V., Parshina O. Y. Structural changes of helminth-fauna in rodents caused by introduction and settlement of animals in the Volga Delta. *Arid Ecosystems*, 2011, vol. 1, no. 4, pp. 246-250.

22. Sudarikov V. E., Freze V. I., Ivanov V. M., Semenova N. N., Lomakin V. V. Zakonomernosti genezisa invazii trematod v del'te reki Volgi i Severnom Kaspii [Patterns of the genesis of trematode invasion in the Volga River Delta and the Northern Caspian Sea]. *Sibirskaiia zoologicheskaiia konferentsiia, posviashchennaia 60-letiiu Instituta sistematiki i ekologii zhivotnykh SO RAN: tezisy dokladov*. Novosibirsk, 2004. Pp. 405-406.

23. Tkach V. N., Nikiforov S. Iu. Promysel poluprodukhodnykh, rechnykh ryb, vidovoi sostav ulovov v iuzhnom rybokhoziaistvennom raione Volzhsko-Kaspiiskogo rybokhoziaistvennogo basseina v retrospektive i sovremennyi period [Fishing of semi-migratory, riverine fish, species composition of catches in the southern fisheries region of the Volga-Caspian fisheries basin in retrospect and the modern period]. *Vestnik rybokhoziaistvennoi nauki*, 2019, vol. 6, no. 2 (22), pp. 16-26.

24. *Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Astrakhanskoi oblasti v 2019 godu* [Report on the environmental situation in the Astrakhan region in 2019]. Astrakhan', 2020. 218 p.

25. *Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Astrakhanskoi oblasti v 2022 godu* [Report on the environmental situation in the Astrakhan region in 2019]. Astrakhan', 2023. 304 p.

26. Halmetoja A., Valtonen E. T., Koskeniemi E. Perch (*Perca fluviatilis* L.) parasites reflect ecosystem conditions: a comparison of a natural lake and two acidic reservoirs in Finland. *International Journal for Parasitology*, 2000, vol. 30, no. 14, pp. 1437-1444.

27. Valtonen E. T., Holmes J. C., Aronen J., Rautalahti I. Parasite communities as indicators of recovery from pollution: parasites of roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in central Finland. *Parasitology*, 2003, vol. 126, pp. 43-52.

Информация об авторах / Information about the authors

Марина Васильевна Рубанова – кандидат биологических наук; научный сотрудник лаборатории биоразнообразия; Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, филиал ФГБУН «Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; rubanova-ievb@mail.ru

Marina V. Rubanova – Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Biodiversity; Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Science, Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Science; rubanova-ievb@mail.ru

Оксана Владимировна Мухортова – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории водных беспозвоночных; Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук; muhortova-o@mail.ru

Oksana V. Mukhortova – Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of the Laboratory of Aquatic Invertebrates; Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences; muhortova-o@mail.ru

