

УДК 574.24:576.89:639

Полоз С.В., кандидат ветеринарных наук, доцент¹
Бекиш В.Я., доктор медицинских наук, профессор²
Слободницкая Г.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹

¹РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь

УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА *CYPRINUS CARPIO* ПРИ ЗАРАЖЕНИИ ПАРАЗИТАМИ И ПАТОГЕНАМИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ СУБСТАНЦИЙ

Резюме

В статье представлен анализ результатов экспериментального исследования по изучению иммунобиологических показателей модельного вида рыб *Cyprinus carpio* при заражении паразитами и бактериальными патогенами на фоне применения белковых субстанций животного происхождения.

Ключевые слова: паразиты, *Cyprinus carpio*, бактериальные патогены, белковые субстанции, иммунобиологические показатели.

Summary

This article presents an analysis of the results of an experimental study on the immunobiological parameters of a model fish species, *Cyprinus carpio*, when infected with parasites and bacterial pathogens against the background of the use of protein substances of animal origin.

Keywords: parasites, *Cyprinus carpio*, bacterial pathogens, protein substances, resistance indexed.

Поступила в редакцию 06.01.2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Многие считают, что паразиты имеют значение ровно настолько, насколько важен хозяин, которого они заражают. Они распространены повсеместно, выживая в основном в динамическом равновесии со своими хозяевами, и их роль при оценке физиологического статуса хозяина часто недооценивают [4].

Паразиты влияют на физиологический статус хозяина, нанося механические и физические повреждения, а также повреждения репродуктивных органов. Эти изменения могут иметь значительные последствия не только на индивидуальном уровне, но и на уровне популяции, сообщества и экосистемы [3, 8, 9].

Способность интактных рыб минимизировать воздействие инвазии или полностью противостоять ей является функцией как врожденных, так и адаптивных защитных механизмов. Учитывая важность их изучения, особенно в связи с тем, что потери от болезней продолжают оказывать экономическое влияние на аквакультуру,

эта область заслуживает значительного внимания [5].

В последнее время был достигнут значительный прогресс в изучении механизмов и путей ответных реакций иммунной системы рыб. Тем не менее, все еще существуют важные пробелы в знаниях о многочисленных иммунных механизмах, и имеющаяся информация варьируется в зависимости от вида рыб и других факторов [1].

Цель работы – экспериментальное исследование по изучению иммунобиологических показателей модельного вида рыб *Cyprinus carpio*, зараженных паразитами и патогенами, на фоне применения белков животного происхождения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При проведении исследований использовали следующие методы: паразитологические исследования проводили с применением компрессионной микроскопии соскобов с поверхности тела и жабр [6], по Быховской-Павловской, 1985 [10],

видовую принадлежность устанавливали согласно определителю паразитов пресноводных рыб [12–14];

- для определения иммунобиологических показателей проведен отбор проб крови из хвостовой артерии; в крови определяли эритроциты, гемоглобин, скорость оседания эритроцитов, фагоцитарную активность лейкоцитов, в сыворотке крови – титры нормальных антител [7, 15, 16];

- методы бактериологии включали проведение первичного посева, выделение чистой культуры и идентификацию микроорганизмов с использованием микроскопии окрашенных мазков и биохимических тестов [2].

В качестве экспериментальной модели был выбран общепринятый в ихтиопатологии вид – *Cyprinus carpio*, который также является наиболее значимым объектом аквакультуры Беларуси.

Использовали четыре белковые субстанции: сыворотку крови крупного рогатого скота (КРС), нуклеопептид, плазму и гемоглобин. Сыворотка крови КРС и нуклеопептид были в жидкой лекарственной форме и стерильны, плазму и гемоглобин – две белковые субстанции, полученные из крови КРС, – в форме порошка, перед применением они были разведены дистиллированной водой из расчета 1,0–3,0 см³ на одну дозу. На основании ранее полученных результатов исследований были выбраны наиболее эффективные дозы применения [11].

Исследования проводили в два этапа.

На первом этапе изучали иммунобиологические показатели и сохранность спонтанно инвазированных паразитами *Cyprinus carpio*, которым вводили белковые субстанции. По принципу случайных аналогов было сформировано шесть групп по 10 экземпляров в каждой с массой тела (м.т.) 200±57 г. Рыбам группы № 1 вводили сыворотку крови КРС в дозе 1,0 см³ интрацеломически 3 дня подряд; рыбам группы № 2 – нуклеопептид в дозе 1,0 см³ интрацеломически 3 дня подряд; рыбам группы № 3 – плазму в дозе 6,4 г на 1 кг м.т. per os индивидуально 5 дней; рыбам группы № 4 – гемоглобин в дозе 12,8 г на 1 кг м.т. 5 дней per os индивидуально. Рыбы группы № 5 служили зараженным контролем, группы № 6 – контролем интактным.

На втором этапе изучали сохранность *Cyprinus carpio*, которым предварительно (по схеме) вводили белковые субстанции и после этого заражали бактериальной культурой. Были случайно подобраны шесть групп по 10 экземпляров в каждой: опытные (№ 1–4) и контрольные (№ 5–6) (м.т. = 150–200 г). Рыбам группы № 1 вводили плазму в дозе 6,4 г на 1 кг м.т. per os 5 дней; рыбам группы № 2 – гемоглобин в дозе 12,8 г на 1 кг м.т. 5 дней per os; рыбам группы № 3 – нуклеопептид в дозе 1,0 см³ интрацеломически 3 дня подряд; рыбам группы № 4 – сыворотку крови КРС в дозе 1,0 см³ интрацеломически 3 дня подряд. На следующий день после последнего ввода субстанций рыб опытных (№ 1–4) и контрольной (№ 5) групп заражали суточной бактериальной культурой *Pseudomonas aeruginosa*. Культуру вводили в дозе 0,3 см³ интрацеломически. Рыбам контрольной группы № 6 вводили 0,9%-ный раствор NaCl в дозе 1,0 см³ 3 дня подряд, заражение данной группы не проводили. Наблюдение вели 10 дней.

Статистическую обработку осуществляли в программе Excel 2016 при нормальном распределении по критерию Шапиро-Уилка ($p > 0,05$) с оценкой значимости различий средних величин по t-критерию Стьюдента в программе Medstatistic [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Иммунобиологические показатели и сохранность *Cyprinus carpio*, инвазированных паразитами, на фоне применения белковых субстанций. Результаты исследований показали, что на первом этапе наибольшая сохранность рыб – 100 % – наблюдалась в группах № 2 и № 4 (с применением нуклеопептида и гемоглобина соответственно). При этом интенсивность инвазии (ИИ) *Dactylogyrus vastator* в группе № 2 составила от 4 до 424 экз./рыбу на жабрах и до 2 экз./рыбу – на поверхности тела, а ИИ *Ichthyophthirius multifiliis* – от 13 до 2222 экз./рыбу на жабрах. В группе № 4 ИИ *Dactylogyrus vastator* составила от 24 до 866 экз./рыбу, ИИ *Ichthyophthirius multifiliis* – до 31 экз./рыбу на жабрах. В группе № 3 сохранность была на уровне 80 %. При этом ИИ *Dactylogyrus vastator* соста-

вила от 18 до 1196 экз./рыбу на жабрах и до 2 экз./рыбу – на поверхности тела, а ИИ *Ichtyophthirius multifiliis* – до 42 экз./рыбу на

жабрах. Также в данной группе зарегистрирована инвазия *Diplozoön paradoxum* с ИИ 1 экз./рыбу (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние применения белковых субстанций крови КРС на сохранность *Cyprinus carpio*, инвазированных паразитами

№ группы	ИИ, экземпляров <i>Dactylogyrus vastator</i> на рыбу, жабры/поверхность тела (min-max)	ИИ, экземпляров <i>Ichtyophthirius multifiliis</i> на рыбу, жабры/поверхность тела (min-max)	ИИ, экземпляров др. паразитов на рыбу, жабры/поверхность тела (min-max)	Сохранность, %
1	8–752/0–2	2–1050/1–777	0–2/0 <i>Diplozoön paradoxum</i> 0/5 <i>Chilodonella cyprini</i> 0/1 <i>Trichodina</i> sp.	50
2	4–424/0–2	13/222	-	100
3	18–1196/0–2	1–42/0	0–1/0 <i>Diplozoön paradoxum</i>	80
4	24–866/0	1–31/0	-	100
5	12–114/0	1–8/0	-	20
6	-	-	-	100

Сохранность 50 % регистрировали в группе № 1. При этом ИИ *Dactylogyrus vastator* составила от 8 до 752 экз./рыбу на жабрах и до 2 экз./рыбу – на поверхности тела, а ИИ *Ichtyophthirius multifiliis* – от 2 до 1050 экз./рыбу на жабрах и до 777 экз./рыбу – на поверхности тела. Также в данной группе зарегистрирована инвазия *Diplozoön paradoxum* с ИИ 2 экз./рыбу на жабрах, *Chilodonella cyprini* с ИИ 5 экз./рыбу на поверхности тела, *Trichodina* sp. с ИИ 1 экз./рыбу на поверхности тела.

В контрольной зараженной группе № 5 сохранность рыб равнялась 20 %. ИИ *Dactylogyrus vastator* в данной группе составила от 12 до 114 экз./рыбу на жабрах и

до 8 экз./рыбу – на поверхности тела. Сохранность в контрольной интактной группе № 6 составила 100 % (таблица 1).

Устойчивость гидробионтов к негативному воздействию паразитов и патогенов можно оценивать посредством определения одного или нескольких компонентов иммунной системы. Эти иммунологические тесты показывают способность гидробионтов вызывать эффективный иммунный ответ со стороны организма. В рамках комплексной стратегии контроля над распространением возбудителей заболеваний все более желательным является повышение иммунного статуса у животных.

Таблица 2 – Иммунобиологические показатели инвазированных и интактных рыб на фоне применения белковых субстанций

№ группы	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	СОЭ, мм/ч	ФА, %	Уровень нормальных антител, титр
1	82,0 $\pm$ 3,35*	0,7 $\pm$ 0,05**	2,5 $\pm$ 0,22	37,5 $\pm$ 2,65	>1:64*
2	87,6 $\pm$ 3,45*	0,6 $\pm$ 0,03	1,2 $\pm$ 0,13	45,1 $\pm$ 3,62**	<1:32**
3	83,6 $\pm$ 3,51*	0,5 $\pm$ 0,04	2,0 $\pm$ 0,21	44,3 $\pm$ 2,98**	>1:32**
4	79,6 $\pm$ 3,56**	0,4 $\pm$ 0,04	1,6 $\pm$ 0,16	35,1 $\pm$ 1,74	>1:32
5	68,6 $\pm$ 2,42	0,5 $\pm$ 0,04	1,3 $\pm$ 0,21	31,1 $\pm$ 3,61	1:16
6	79,0 $\pm$ 3,21**	1,3 $\pm$ 0,08*	1,6 $\pm$ 0,27	47,0 $\pm$ 3,35*	1:64*

Примечание – ФА – фагоцитарная активность лейкоцитов; СОЭ – скорость оседания эритроцитов; * $p < 0,005$; ** $p > 0,005$

В результате исследований показателей крови подопытных рыб установлено, что применение сыворотки крови КРС в дозе 1,0 см³ интрацеломически в течение 3 дней подряд приводит у инвазированных животных к увеличению уровня гемоглобина на 19,53 % и повышению содержания эритроцитов на 40 %. Уровень нормальных антител максимально приближен к таковому у контрольных интактных животных и составляет >1:64. Интрацеломическое введение рыбам нуклеопептида в дозе 1,0 см³ 3 дня подряд приводит к увеличению уровня гемоглобина на 27,7 % и повышению фагоцитарной активности лейкоцитов на 45,48 %. Титр нормальных антител в данной группе составляет <1:32 (таблица 2). Пероральное индивидуальное применение плазмы в дозе 6,4 г на 1 кг м.т. 5 дней подряд приводит к увеличению уровня гемоглобина на 27,7 % и повышению фагоцитарной активности лейкоцитов на 42,9 %. Титр нормальных антител в данной группе рыб составляет >1:32. Пероральное индивидуальное применение гемоглобина в дозе 1,28 г на 1 кг м.т. 5 дней подряд приводит к достоверному увеличению уровня гемоглобина у *Cyprinus carpio* на 16,03 % (таблица 2).

Первое место в рейтинге повышения иммунобиологических показателей занимает сыворотка крови КРС, применение которой приводит к достоверному увеличению уровня гемоглобина, содержания эритроцитов и уровня нормальных антител. Увеличение титра антител до уровня рыб интактного контроля говорит о влиянии сыворотки крови КРС на гуморальное звено иммунитета рыб.

Второе место в рейтинге разделяют нуклеопептид и плазма крови КРС. Их применение приводит к увеличению уровня гемоглобина, фагоцитарной активности лейкоцитов и уровня нормальных антител у *Cyprinus carpio*, что говорит о влиянии их как на клеточное, так и на гуморальное звено иммунитета. Применение гемоглобина крови КРС повышает уровень гемоглобина в крови рыб.

Сохранность *Cyprinus carpio*, зараженных бактериальной культурой *Pseudomonas aeruginosa*, на фоне применения белковых субстанций. Результаты исследований по изучению сохранности рыб, получавших белковые субстанции крови КРС, после заражения *Pseudomonas aeruginosa* представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сохранность рыб опытных и контрольных групп после заражения *Pseudomonas aeruginosa*

№ группы	День после заражения	Выжило, экз.	Сохранность, %	Примечание
1	2	3	4	5
1	1	10	100	
-/-	2	10	100	2 рыбы перевернулись, но живы, остальные – без видимых изменений
-/-	3	8	80	
-/-	4	0	0	
2	1	10	100	
-/-	2	10	100	
-/-	3	8	80	
-/-	4	0	0	
3	1	10	100	
-/-	2	10	100	
-/-	3	2	20	
-/-	4	0	0	
4	1	10	100	
-/-	2	10	100	
-/-	3	8	80	
-/-	4	4	40	
-/-	5	3	30	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
-//-	6	3	30	
-//-	7	1	10	
-//-	8	1	10	
-//-	9	0	0	
5	1	10	100	
-//-	2	10	100	
-//-	3	3	30	
-//-	4	0	0	наличие геморрагий в области грудных плавников
6	1	10	100	
-//-	10	10	100	

Результаты второго этапа исследований показали, что в группе зараженного контроля № 5 сохранность рыб на 3-й день после заражения *Pseudomonas aeruginosa* составила 30 %, в группе № 1 (при введении плазмы) – 80 %, в группе № 2 (при введении гемоглобина) – 80 %, в группе № 3 (при введении нуклеопептида) – 20 %, в группе № 4 (при введении сыворотки крови КРС) – 80 %. Можно сказать, что устойчивость организма рыб опытных групп № 1, № 2 и № 4 была выше по сравнению с контрольной зараженной группой № 5 в течение 3 дней после заражения. На 4-й день исследований отмечали гибель всех рыб в контрольной зараженной группе № 5. При этом наблюдали клинические признаки, характерные для псевдомоноза, – наличие геморрагий в области грудных плавников. Гибель всех рыб регистрировали также в группах № 1, № 2 и № 3. В группе № 4 (при введении сыворотки крови КРС) сохранность рыб на 4-й день составила 40 %. Гибель рыб данной группы регистрировали на 9-й день исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов экспериментального исследования по изучению иммунобиологических показателей модельного вида рыб *Cyprinus carpio* при заражении паразитами и бактериальными патогенами на фоне применения белковых субстанций животного происхождения позволяет отметить положительное влияние данных

субстанций на устойчивость организма рыб. При этом наиболее выраженный эффект на фоне инвазий наблюдали после применения нуклеопептида в дозе 1,0 см³ интрацеломически 3 дня подряд. Сохранность рыб составила 100 %. Регистрировали достоверное повышение уровня гемоглобина на 27,7 % и фагоцитарной активности лейкоцитов – на 45,5 %. Применение плазмы перорально индивидуально в дозе 6,4 г на 1 кг м.т. 5 дней подряд инвазированным животным приводит к увеличению уровня гемоглобина на 27,7 % и повышению фагоцитарной активности лейкоцитов на 42,9 %. Введение сыворотки крови КРС в дозе 1,0 см³ интрацеломически в течение 3 дней подряд приводит к увеличению уровня гемоглобина на 19,53 % и повышению содержания эритроцитов на 40 %. Титр нормальных антител в данной группе составляет >1:64.

Предварительное введение сыворотки крови КРС повышает устойчивость организма рыб при экспериментальном заражении бактериальной культурой *Pseudomonas aeruginosa* и приводит к сохранению до 10 % рыб опытной группы № 4 до 8-го дня после введения. Предварительное применение плазмы, сухого гемоглобина и нуклеопептида способствует повышению устойчивости к заражению бактериальными патогенами во временном интервале по сравнению с контрольной зараженной группой, удлиняя его на трое суток.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Alvarez-Pellitero, P. Fish immunity and parasite infections: from innate immunity to immunoprophylactic prospects / P. Alvarez-Pellitero // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. – 2008. – Vol. 126, iss. 3–4. – P. 171–198.
2. A review of bacterial disease outbreaks in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reported from 2010 to 2022 / M. Duman, S. Altun, I. Burcin Satıcıoğlu, J. L. Romalde // *Journal of fish diseases*. – 2025. – V. 48, № 9. – URL : <https://doi.org/10.1111/jfd.13886> (date of access: 05.02.2026).
3. Bush, A. O. Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites / A. O. Bush, J. C. Fernández, G. W. Esch. – Cambridge : Cambridge University Press, 2001. – P. 488–500.
4. Iwanowicz, D. D. Overview on the effects of parasites on fish health [Electronic resource] / D. D. Iwanowicz. – URL: https://www.researchgate.net/profile/Deborah-Iwanowicz/publication/230635404_Overview_On_The_Effects_Of_Parasites_On_Fish_Health/links/09e415023d002bdf18000000/Overview-On-The-Effects-Of-Parasites-On-Fish-Health.pdf (date of access: 26.08.2025).
5. Jones, S. M. R. The occurrence and mechanisms of innate immunity against parasites in fish / S. M. R. Jones // *Developmental & Comparative Immunology*. – 2001. – Vol. 25, iss. 8–9. – P. 841–852.
6. Observations on the life stages of *sphaerothecurn destruens* n. g., n. sp., a mesomycetozoean fish pathogen formally referred to as the rosette agent / K. D. Arkush, L. Mendola, M. A. Adkison, R. P. Hendrick // *J. Eukaryot. microbiol.* – 2003. – V. 50, № 6. – P. 430–438.
7. Resistant capabilities of the sterlet (*acipenser ruthenus*) in modeling the impact of stress factors in the form of increasing the temperature of the aquatic environment, decreasing oxygen in the aquatic environment and crowding / A. Kurbanov, J. Nomonov, N. Titova [et al.] // *Naturalista Compano*. – 2024. – V. 28, № 1. – P. 1066–1076.
8. Shirakashi, S. *Myxobolus cerebralis* (Myxozoa), the causative agent of whirling disease, reduces fecundity and feeding activity of *Tubifex tubifex* (Oligochaeta) / S. Shirakashi, M. El-Matbouli // *Parasitology*. – 2009. – V. 136. – P. 603–613.
9. Thomas, F. Parasitism and Ecosystems / F. Thomas, J. F. Guegan, F. Renaud. – Oxford : Oxford University Press, 2005. – P. 221–232.
10. Быховская-Павловская, И. Е. Паразиты рыб : руководство по изучению / И. Е. Быховская-Павловская. – Л. : Наука, 1985. – 121 с.
11. Изучение возможности применения белковых субстанций, полученных из крови и органов крупного рогатого скота, для повышения устойчивости и адаптивности организма *Cyprinus carpio* / С. В. Полоз, С. М. Дегтярик, Е. В. Максимьюк [и др.] // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси*. – 2025. – № 41. – С. 125–135.
12. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; [редкол.: О. Н. Бауер (отв. ред.) и др.]. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1984. – Т. 1 : Паразитические простейшие / [Н. Н. Банина, В. Н. Воронин, З. С. Донец и др.] ; отв. ред. тома С. С. Шульман. – 428 с.
13. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / отв. ред. О. Н. Бауер. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. – Т. 2 : Паразитические многоклеточные. Ч. 1 / [Б. Е. Быховский, А. В. Гусев, С. С. Юн и др.] ; Зоол. ин-т АН СССР. – 425 с. – (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР; вып. 143).
14. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / отв. ред. И. Е. Быховская-Павловская, А. В. Гусев. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1984. – Т. 3. Паразитические многоклеточные. Ч. 2 / ред. тома О. Н. Пугачев. – 583 с. – (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР; Вып. 149).
15. Пищенко, Е. В. Гематология пресноводной рыбы : учеб. пособие / Е. В. Пищенко. – Новосибирск, 2002. – 48 с.
16. Пищенко, С. И. Определение естественной резистентности организма сельскохозяйственных животных : метод. рекомендации / С. И. Пищенко, Г. К. Волков, В. Т. Сидоров. – Минск, 1985. – 33 с.
17. Онлайн-калькуляторы для расчета статистических критериев // *Медицинская статистика*. – URL: <https://medstatistic.ru/> (дата обращения: 02.09.2025).