

УДК: 639.3.091:612.11/.12(476)

DOI:10.52419/issn2072-2419.2023.4.236

АНАЛИЗ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ФОРЕЛИ РАДУЖНОЙ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

Карпенко Л.Ю.¹ – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии;
Сидорова Н.А.² – канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и экологии;
Полистовская П.А.¹ – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии;
Бахта А.А.¹ – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии;
Савушкин А.И.² – науч. сотр.; Бабич О.О.³ – д-р техн. наук, доц.; Сухих С.А.³ – д-р
техн. наук, доц., зав. лабораторией микробиологии и биотехнологии;
Никонов И.Н.³ – канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины»

² ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

³ ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта»

* l.u.karpenko@mail.ru

Ключевые слова: аквакультура, гематологические показатели, мониторинг, радужная форель, физиологическое состояние рыб.

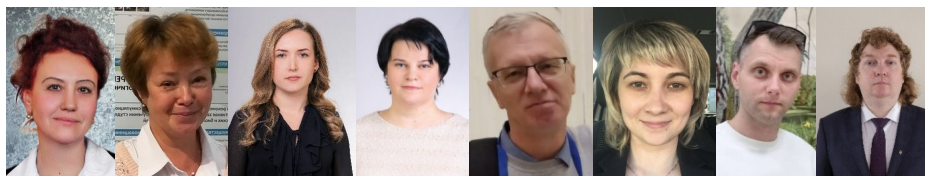
Keywords: aquaculture, hematological indicators, monitoring, rainbow trout, physiological state of fish.

Благодарность. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

Поступила: 16.10.2023

Принята к публикации: 17.11.2023

Опубликована онлайн: 08.12.2023



РЕФЕРАТ

Радужная форель (*Parasalmo mykiss*) – перспективный вид аквакультуры с одним из самых больших производственных потенциалов на территории России. Лидирующие позиции по садковому форелеводству в настоящее время занимает Республика Карелия, поставляющая на внутренний рынок более 80 % товарной форели, производимой в Российской Федерации. Увеличение выпуска продукции аквакультуры является важным условием поддержки продовольственной безопасности России и обеспечения социально-экономического развития регионов. Учитывая скорость распространения за-

болеванний у садковой форели, быструю смену фаз иммунного ответа у рыб, а также расположение хозяйств в малонаселенных удаленных районах, особенно актуальными остаются исследования, посвященные поиску чувствительных молекулярных методов экспресс-диагностики, позволяющих выявить возбудителя на ранних стадиях инфекционного процесса для выработки рациональной тактики лечения и профилактики. Целью представленного исследования был мониторинг состояния форели радужной в онтогенезе на основе гематологических исследований. В ходе проведенного исследования достоверные ($P < 0,05$) различия были отмечены по количеству эритроцитов и общему количеству лейкоцитов (TLC), в зависимости от пола рыб. Кроме того, четко различимые морфометрические признаки были также замечены среди эритроцитов, лейкоцитов (лимфоцитов, нейтрофилов и моноцитов) и тромбоцитов. Таким образом, в ходе проведенного мониторинга физиологического состояния форели радужной в условиях аквакультуры было установлено, что с возрастом ухудшается состояние организма рыб, что отражается на морфологических показателях крови. Содержание гемоглобина варьировало в широких пределах. Снижение его концентрации свидетельствует об острой кровопотере и гемолитических анемиях. Полученные результаты являются основанием для разработки новых перспективных природных адаптогенов, нормализующих физиологическое состояние рыб и обеспечивающих получение биобезопасной продукции форелеводства.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Радужная форель (*Parasalmo mykiss*) – перспективный вид аквакультуры с одним из самых больших производственных потенциалов на территории России. Лидирующие позиции по садковому форелеводству в настоящее время занимает Республика Карелия, поставляющая на внутренний рынок более 80 % товарной форели, производимой в Российской Федерации. Увеличение выпуска продукции аквакультуры является важным условием поддержки продовольственной безопасности России и обеспечения социально-экономического развития регионов. Особенно перспективно развитие аквакультуры для Северо-Западного региона и Сибири, в связи с благоприятными условиями среды для выращивания ценных пород лососевых рыб. Одним из ключевых факторов устойчивого функционирования форелевых хозяйств является своевременное и эффективное предупреждение возникновения и распространения заболеваний у выращиваемых рыб.

Учитывая скорость распространения заболеваний у садковой форели, быструю смену фаз иммунного ответа у рыб, а также расположение хозяйств в малонаселенных удаленных районах, особенно актуальными остаются исследования, посвященные поиску чувствительных молеку-

лярных методов экспресс-диагностики, позволяющих выявить возбудителя на ранних стадиях инфекционного процесса для выработки рациональной тактики лечения и профилактики [12,17]. Особенно важно оперативно принять решение о применении антибиотиков, которое влечет за собой трудовые и финансовые затраты, а также оказывает долговременные негативные последствия на экосистему всего водоема. Применение антибиотикотерапии оправдано при подтвержденной бактериальной природе заболевания, однако в связи с тем, что анализ требует значительного времени, распространена практика превентивная обработка рыб антибиотиками широкого спектра действия при первых признаках развития инфекции [15,17,18]. Подобные меры могут быть не эффективны, а также могут провоцировать возникновение на хозяйстве антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов.

Таким образом, комплексный гематологический анализ радужной форели в онтогенезе является актуальным направлением [16]. Гематологический мониторинг у разных возрастных групп необходим для разработки лечебных и профилактических добавок к комбикормам для повышения продуктивности и увеличения резистентности форели радужной в усло-

виях аквакультуры, оптимизации технологии применения, обеспечивающей получение биобезопасной продукции [11, 13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В представленном исследовании проведено изучение физиологического статуса в условиях рыбного хозяйства Республики Карелия. Исследование проводилось в июле-августе 2024 г на 4-х возрастных группах радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walbaum, 1792) семейства лососевые – Salmonidae, род лососи – *Salmo* Linne.

Целью представленного исследования был мониторинг состояния форели радужной в онтогенезе на основе гематологических исследований.

Все исследования с рыбой проводили в соответствии с международным этическим стандартом, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях, а также согласно требованиям, изложенным в заключении Комитета по этике в области исследований на животных Петрозаводского государственного университета № 274 от 7 мая 2020 года.

Для определения гематокритной величины (гематокрита) микрокапилляры, прикладываемые к центрифуге, обрабатывали раствором антикоагулянта, заполняли капилляр кровью полностью, центрифугировали до получения постоянного объёма эритроцитов. Приготавливали препараты (мазки) крови. Предметные стёкла тщательно промывали, затем обезжиривали смесью спирта и эфира, протирали насухо чистой тканью. Взятую от рыбы кровь с помощью пипетки наносили в виде небольшой капли на предметное стекло на расстоянии 1-1,5 см от края, шлифованным готовили тонкий мазок, высушивали на воздухе, подписывали, фиксировали раствором Май-Грюнвальда и окрашивали по Романовскому. Идентификацию клеток крови выполняли по рекомендованным атласам клеток крови Н. Т. Ивановой (1982) [9], изменения

форменных элементов – согласно методическим указаниям Л. Д. Житенева (1989) [7]. Анализ окрашенных препаратов крови проводили с использованием оптического микроскопа Motiс DM-BA-30 при увеличении $\times 1000$ с применением иммерсии. По результатам микроскопирования идентифицировали и рассчитывали процентное соотношение лимфоцитов к общему количеству клеток крови. Фотографии клеток крови выполняли с помощью микроскопа Motiс DM-BA-30, оснащенного цифровой камерой MotiсamPro и программой MotiсImages Advanced 3.2.

При изучении картины крови определяли процентное соотношение лимфоцитов к общему числу клеток: эритроцитов, нейтрофилов, моноцитов и базофилов. К лимфоцитам относили синие-голубые клетки с плотным фиолетовым, децентрированным ядром, которое занимало основную часть клетки. Узкий слой резко-базофильной цитоплазмы не всегда образовывал сплошные обрамления вокруг ядра, цитоплазма может быть прерывистой и образовывать выпуклости наподобие псевдоподий [8, 14].

Статистическая обработка полученных данных включала вычисление среднего арифметического, определение стандартного отклонения, расчет достоверности по Стьюденту [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты гематологического анализа форели исследуемых возрастных групп представлены на рисунках 1-2. В возрастной группе 1+ гематокрит (Hct) находился в диапазоне 14-40%, гемоглобин - 5.11–8.09 г/мл, количество красных кровяных телец (RBC) - $0.67\text{--}0.92 (\times 10^6/\text{мм}^3)$; параметры лейкоцитов ($\times 10^3/\text{мм}^3$): общее количество лейкоцитов - 23.45–39.16, нейтрофилы - 4,11–6.70, общее количество лимфоцитов - 9.06–24.12, моноциты 1,22–7,56; количество тромбоцитов $17.4\text{--}31.9 (\times 10^6/\text{мм}^3)$.

В группе двухлеток форели гематокрит (Hct) изменялся от 29 до 38%, гемоглобин - от 6.4 до 9.9 г/мл, количество красных кровяных телец (RBC) - от 1.05 до $1.21 (\times 10^6/\text{мм}^3)$; параметры лейкоцитов

($\times 10^3/\text{мм}^3$): общее количество лейкоцитов - от 17 до 36, нейтрофилов - от 5 до 9, общее количество лимфоцитов - от 34 до 44, моноцитов от 1 до 4.1; количество тромбоцитов - от 34.26 до 41.5 ($\times 10^6/\text{мм}^3$).

В группе трехлеток форели гематокрит (Hct) изменялся от 17 до 38%, гемоглобин - от 6.0 до 10.6 г/мл, количество красных кровяных телец (RBC) - от 0.64 до 1.06 ($\times 10^6/\text{мм}^3$); параметры лейкоцитов ($\times 10^3/\text{мм}^3$): общее количество лейкоцитов - от 17.2 до 64.0, нейтрофилов - от 7.3 до 17.24, общее количество лимфоцитов - от 19.1 до 42, моноцитов от 1.1 до 7.3; количество тромбоцитов - от 12.8 до 48.9 ($\times 10^6/\text{мм}^3$).

В возрастной группе 4+ гематокрит (Hct) находился в диапазоне 29.4-39.6%,

гемоглобин - 7.03-9.05 г/мл, количество красных кровяных телец (RBC) - 0.9-1.1 ($\times 10^6/\text{мм}^3$); параметры лейкоцитов ($\times 10^3/\text{мм}^3$): общее количество лейкоцитов - 13.5-29.2, нейтрофилы - 2.1-4.1, общее количество лимфоцитов - 9.1-24.12, моноциты 0.4-2.13; количество тромбоцитов 34.5-44.2 ($\times 10^6/\text{мм}^3$).

Среди всех измеренных гематологических переменных было обнаружено, что Hct был выше ($P < 0.05$) у четырехлетних особей форели 32.79% по сравнению с другими возрастными группами. Напротив, общее количество гемоглобина (Hb), было сравнительно одинаковым и изменялось от 6.6 г/л (возрастная группа 1+) до 8.1 г/л (возрастная группа 3+).

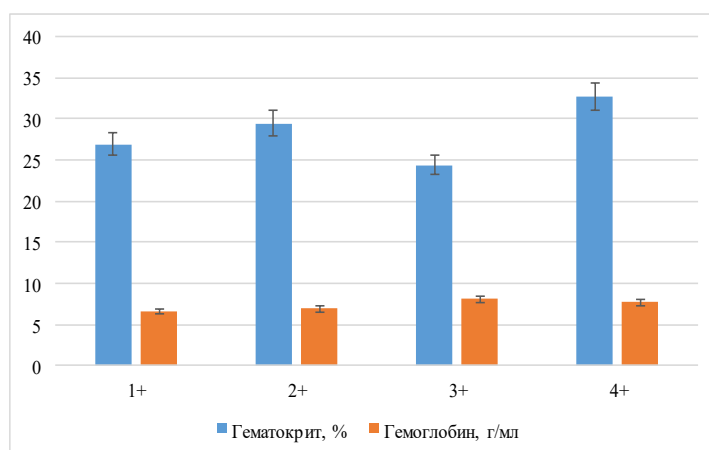


Рисунок 1 – Изменение величины гематокрита и гемоглобина в исследуемых возрастных группах радужной форели

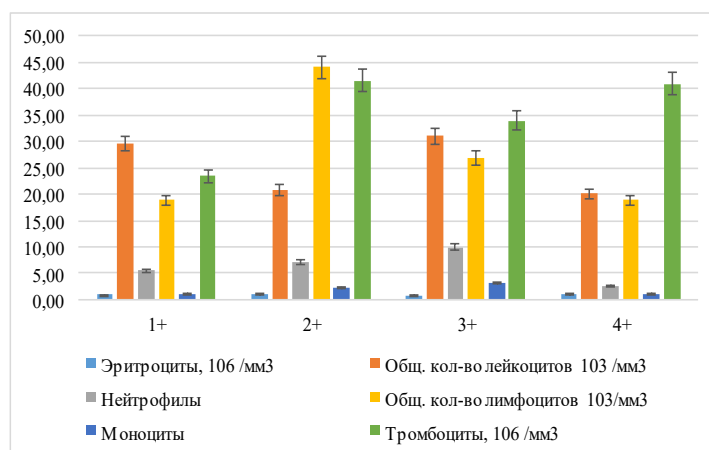


Рисунок 2 – Изменение абсолютного числа форменных элементов крови

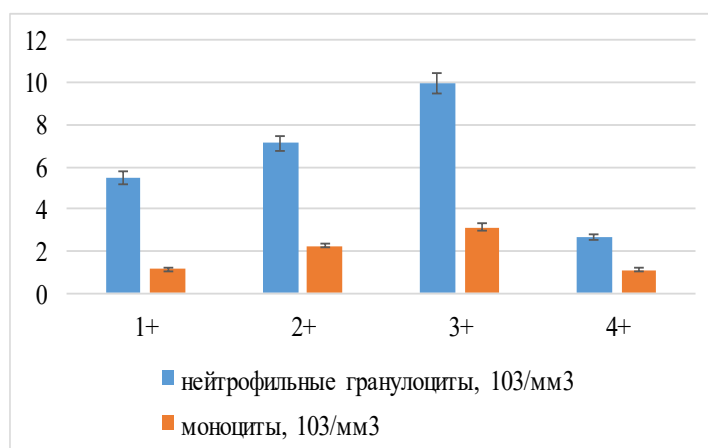


Рисунок 3 – Изменение количества фагоцитирующих клеток в крови исследуемых групп радужной форели

В исследуемых возрастных группах радужной форели. Среди фагоцитов исследована динамика популяции микрофагов/нейтрофильных гранулоцитов и макрофагов /моноцитов крови, моноцитарного происхождения. Необходимо отметить, что у изученных популяций фагоцитов существуют выраженные функциональные отличия, которые оказывают большое влияние на иммунный ответ, что зависит от особенностей рецепторных аппаратов клеток. Кроме того, микрофаги способны контролировать внеклеточный киллинг бактериальных антигенов за счет кислородных радикалов или дегрануляции посредством функциональной активности лактоферина, лизоцима, катионных белков, протеиназы, катепсина G или дефенсинов [1-2]. Экспериментально доказано, что лейкоциты рыб преимущественно играют иммунологическую роль в борьбе с инфекцией, поэтому их абсолютное количество может служить важным диагностическим инструментом для мониторинга здоровья рыб [2-3], хотя на их количество влияют многочисленные факторы, включая стресс, возраст, пол, условия культивирования [4]. В результате выполненного исследования обнаружено, что лимфоциты (малые и крупные) образуют доминирующий тип клеток, на долю которых приходится почти > 50% от общего количества лейкоцитов. Наибольшее количество лейкоцитов обнаружено для возраст-

ной группы форели 2+ и составило - $44 \cdot 10^3/\text{мм}^3$, а наименьшее - для возрастной группы форели 4+ и составило - $19 \cdot 10^3/\text{мм}^3$. Как правило, лимфоциты у рыб в изобилии содержатся в периферической крови, по сравнению с млекопитающими, где они в основном находятся в тканях, однако в условиях стресса рыбы наблюдается лимфопения или сниженное количество лимфоцитов [5-6]. Необходимо подчеркнуть, что на момент исследования периферическая кровь радужной форели не содержала других типов гранулоцитов, таких как базофилы, а эозинофилы встречались единично.

Изменение количества нейтрофильных гранулоцитов и моноцитов крови разных возрастных групп радужной форели на момент исследования представлено на гистограмме с группировкой (рис. 3).

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Таким образом, в ходе проведенного мониторинга физиологического состояния форели радужной в условиях аквакультуры было установлено, что с возрастом ухудшается состояние организма рыб, что отражается на гематологических показателях крови. Содержание гемоглобина варьировало в широких пределах. Снижение его концентрации свидетельствует об острой кровопотере и гемолитических анемиях.

Полученные результаты являются основанием для разработки новых перспек-

тивных природных адаптогенов, нормализующих физиологическое состояние рыб и обеспечивающих получение биобезопасной продукции форелеводства.

ANALYSIS OF AGE DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF RAINBOW TROUT UNDER AQUACULTURE CONDITIONS

Karpenko L.Yu. – D. Biol. sc., Professor; **Sidorova N.A.** – Cand. of Biol. Sc., Assoc. Professor; **Polistovskaya P.A.** – Cand.biol.sc., Assoc. Professor; **Bakhta A.A.** – Cand.biol.sc., Assoc. Professor; **Savushkin A.I.** – Researcher; **Babich O. O.** – D.Technical sc., Docent; **Sukhikh S.A.** – D. Technical sc., Docent; **Nikonov I.N.** – Cand.biol.sc.,

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

² Petrozavodsk State University

³ Immanuel Kant Baltic Federal University

* l.u.karpenko@mail.ru

Gratitude. The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 322-23 (Agreement No. 23-16-20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with funding from the Venture Capital Investment Fund of the Republic of Karelia (FVIRK).

ABSTRACT

Rainbow trout (*Parasalmo mykiss*) is a promising type of aquaculture with one of the largest production potentials in Russia. The Republic of Karelia currently holds a leading position in cage trout farming, supplying more than 80% of commercial trout produced in the Russian Federation to the domestic market. Increasing the output of aquaculture products is an important condition for supporting Russia's food security and ensuring the socio-economic development of the regions. Given the rate of spread of diseases in trout, the rapid change of phases of the immune response in fish, as well as the location of farms in sparsely populated remote areas, research remains particularly relevant on the search for sensitive

molecular methods of rapid diagnosis that identify the pathogen in the early stages of the infectious process to develop rational treatment and prevention tactics. The purpose of the presented study was to monitor the condition of rainbow trout in ontogenesis based on hematological studies. During the study, significant ($P<0.05$) differences were noted in the number of red blood cells and the total number of white blood cells (TLC), depending on the sex of the fish. In addition, clearly distinguishable morphometric features were also seen among erythrocytes, leukocytes (lymphocytes, neutrophils and monocytes) and platelets. Thus, during the monitoring of the physiological state of rainbow trout in aquaculture conditions, it was found that the condition of the fish body worsens with age, which affects the morphological parameters of the blood. The hemoglobin content varied widely. A decrease in its concentration indicates acute blood loss and hemolytic anemia. The results obtained are the basis for the development of new promising natural adaptogens that normalize the physiological state of fish and ensure the production of biosafety trout products.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.Chatzifotis S., Muje P., Pavlidis M., Ågren J., Paalavuo M., Mölsä H. Evolution of tissue composition and serum metabolites during gonadal development in the common dentex *Dentex dentex* // Aquaculture. 2004. № 236. P. 557-573.
- 2.Chen H., Yuan G., Su J., Liu X. Hematological analysis of *Ctenopharyngodon idella*, *Megalobrama amblycephala* and *Pelteobagrus fulvidraco*: Morphology, ultrastructure, cytochemistry and quantification of peripheral blood cells // Fish Shellfish Immunol., 2019. № 90. P. 376-384.
- 3.Fazio F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review // Aquaculture, 2019. № 500. P. 237-242.
- 4.Jansson M., Olsson H., Pettersson K/ Phosphatases, origin, characteristics and function in lakes // Hydrobiologia. 1988. Vol. 170. P. 157-175.
- 5.Nabi N., Ahmed I., Wani G.B. Hematological and serum biochemical reference inter-

- vals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells // *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2022. Vol. 29 (4). P. 294.
6. Valenzuela A.E., Silva V.M., Klempau A.E. Effects of different artificial photoperiods and temperatures on haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Fish Physiol. Biochem.*, 2008. № 34. P. 159-167.
7. Житенева Л. Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л. Д. Житенева, Т. Г. Полтавцева, О. А. Рудницкая. Ростов-на-Дону, 1989. □ 112 с.
8. Зубрихина Г. Н., Блиндарь В. Н., Тимофеев Ю. С. Теория и практика лабораторных гематологических исследований: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 288 с.
9. Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. □ 184 с.
10. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия, Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2005. □ 104 с.
11. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 5. Наставления для наблюдателей (ихтиология). - М.: Изд-во ВНИРО, 2006. - 84 с.
12. Крайнюк В. Н. Динамика индексов печени и селезенки у плотвы *Rutilus rutilus* (L., 1758) (Cyprinidae) из системы канала им. К. Сатпаева в зимний и преднерестовой периоды // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. - № 1. - С. 44-47.
13. Мамонтов, И. Ю. Российское форелеводство и перспектива развития / И. Ю. Мамонтов // Наука без границ. - 2021. - №1 (53). - С. 55-59.
14. Меньшиков, В. В. Клинический диагноз — лабораторные основы. / В.В. Меньшиков — М.: Изд-во "Лабинформ", 1997. — 320 с.
15. Нормативы качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. - М.: Изд-во ВНИРО, 2011. - 257 с.
16. Пищенко Е. В. Гематология пресноводных рыб: Учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. Гос. аграр. ун-т. 2003. 48 с.
17. Полистовская, П. А. Влияние цинка на гематологические показатели карпа / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. — 2019. — Т. 240. — № 4. — С. 151-154.
18. Померанцев, Д. А. Актуальные вопросы состояния аквакультуры в Ленинградской области / Д. А. Померанцев, Н. А. Семенов // Роль и место инноваций в сфере агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.А. Сысоева, Курск, 20 ноября 2019 года. — Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2020. — С. 146-149.

REFERENCES

1. Chatzifotis S., Muje P., Pavlidis M., Ågren J., Paalavuo M., Mölsä H. Evolution of tissue composition and serum metabolites during gonadal development in the common dentex *Dentex dentex* // *Aquaculture*. 2004. No. 236. pp. 557-573.
2. Chen H., Yuan G., Su J., Liu X. Hematological analysis of *Ctenopharyngodon idella*, *Megalobrama amblycephala* and *Pelteobagrus fulvidraco*: Morphology, ultrastructure, cytochemistry and quantification of peripheral blood cells // *Fish Shellfish Immunol.*, 2019. No. 90. Pp. 376-384.
3. Fazio F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review // *Aquaculture*, 2019. No. 500. pp. 237-242.

4. Jansson M., Olsson H., Pettersson K/ Phosphatases, origin, characteristics and function in lakes // *Hydrobiologia*. 1988. Vol. 170. P. 157-175
5. Nabi N., Ahmed I., Wani G.B. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultivated in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells // *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2022. Vol. 29 (4). p. 294.
6. Valenzuela A.E., Silva V.M., Klempau A.E. Effects of different artificial photoperiods and temperatures on haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Fish Physiol. Biochem.*, 2008. No. 34. pp. 159-167.
7. Zhiteneva L. D. Atlas of normal and pathologically altered fish blood cells / L. D. Zhiteneva, T. G. Poltavtseva, O. A. Rudnitskaya. Rostov-on-Don, 1989. 112 p.
8. Zubrikhina G. N., Blindar V. N., Timofeev Y. S. Theory and practice of laboratory hematology research: textbook. M.: GEOTAR-Media, 2020. - 288 p.
9. Ivanova, N.T. Atlas of fish blood cells (comparative morphology and classification of shaped elements of fish blood). M.: Light and food industry, 1982. 184 p.
10. Ivanter E. V., Korosov A.V. Elementary biometrics, Petrozavodsk: PetrSU Publishing House, 2005. 104 p.
11. Study of ecosystems of fishery reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, technology and technology of their extraction and processing. Issue 5. Instructions for observers (ichthyology). - M.: VNIRO Publishing House, 2006. - 84 p.
12. Kraynyuk V. N. Dynamics of liver and spleen indices in roach *Rutilus rutilus* (L., 1758) (Cyprinidae) from the K. Satpayev canal system in winter and pre-spawning periods // *Actual problems of humanities and natural sciences*. 2016. - No. 1. - pp. 44-47.
13. Mamontov, I. Yu. Russian trout farming and development prospects / I. Yu. Mamontov // *Science without borders*. – 2021. – №1 (53). – Pp. 55-59.
14. Menshikov, V. V. Clinical diagnosis — laboratory fundamentals. / V.V. Menshikov – M.: Publishing house "Labinform", 1997. – 320 p.
15. Standards for the quality of water bodies of fisheries importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries importance. - M.: VNIRO Publishing House, 2011. - 257 p.
16. Pishchenko E. V. Hematology of freshwater fish: Textbook. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University. univ. 2003. 48 p.
17. Polistovskaya, P. A. The influence of zinc on hematological parameters of carp / P. A. Polistovskaya, L. Y. Karpenko, A. I. Enukashvili [et al.] // *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. – 2019. – Vol. 240. – No. 4. – pp. 151-154.
18. Pomerantsev, D. A. Topical issues of the state of aquaculture in the Leningrad region / D. A. Pomerantsev, N. A. Semenenko // *The role and place of innovations in the field of agro-industrial complex: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor A.A. Sysoev*, Kursk, November 20, 2019 of the year. – Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after Professor I.I. Ivanov, 2020. – pp. 146-149.