



УДК: 639.371.2.07:615.371:597.442

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.231

## ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК НА УРОВЕНЬ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ

Салов С.Р.<sup>1,2</sup> \* – мл. науч. сотр. лаборатории иммунологии, магистрант 1 курса факультета ветеринарии и зоотехнии (ORCID 0009-0009-5389-7935); Микряков Д.В.<sup>1</sup> – канд. биол. н., вед. науч. сотр., зав. лабораторией иммунологии (ORCID 0000-0001-9086-1688); Медников П.В.<sup>3</sup> – главный рыбовод (ORCID 0009-0005-2683-0453)

<sup>1</sup> ФГБУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ярославский государственный аграрный университет»,

<sup>3</sup> ООО Научно-производственная фирма «Касатка»

\*9762@student.yarcx.ru

**Ключевые слова:** аквакультура, молодь стерляди, антибиотик, пробиотические и растительный препараты, энтеросорбирующее средство, иммуномодулятор, антибактериальная защита, уровень бактериальной обсемененности.

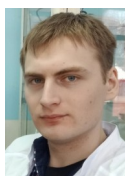
**Key words:** aquaculture, young sterlet, antibiotic, probiotic and herbal preparations, enterosorbent, immunomodulator, antibacterial protection, level of bacterial contamination.

**Финансирование:** Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2024 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (соглашение № 25-26-20177 от 21.05.2025 г.).

Поступила: 14.06.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025



### РЕФЕРАТ

Важная задача для успешного развития аквакультуры – повышение устойчивости рыб к инфекциям на ранних стадиях онтогенеза, когда иммунная система еще не сформирована. Основную функцию защиты исполняют физические барьеры: кутикула и слизистая оболочка, в состав которой входят антимикробные пептиды и иммуноглобулины. Основную роль в нейтрализации вредоносной микрофлоры играет фермент лизоцим, обладающий бактериолитической активностью. Цель исследования – изучение влияния различных препаратов на уровень антибактериальной защиты молоди стерляди. Исследование проводилось в течении 27 сут/ на молоди стерляди. Рыб разделили на 7 групп: контрольную и 6 опытных, получавших различные препараты («Антибак-100», «Суб-Про», «Экофлор», «Акватан», «Ронколейкин» и «Полифепан»). Препараты добавляли в корм согласно инструкциям. Пробы для анализа бактериального обсеменения отбирали на 7-е, 14-е, 21-е и 27-е сут.

Для исследования отбирали по 4 особи из каждой группы. С рыб убирали воду с помощью фильтровальной бумаги и делали отпечаток на твердую среду (питательный рыбопептонный агар) в индивидуальный сектор. Чашки Петри убирали на 1 сут в термостат при температуре 26°C. Затем визуально подсчитывали количество бактериальных колоний в каждом секторе. За время исследования зафиксированы колебания бактериальной обсемененности во всех исследуемых группах. Максимальное снижение бактериальной обсемененности наблюдали на 14 – 21-е сут. Наиболее низкое количество бактериальных колоний на теле молоди стерляди установлено в группах, получавших пробиотик «Суб-Про» и иммуномодулятор «Ронколейкин». В конце эксперимента зафиксирован рост бактериальной обсемененности. В последние 2 недели эксперимента во всех опытных группах обнаружено достоверно низкое количество колоний по сравнению с контролем. Полученные данные указывают на различное по продолжительности и эффективности антибактериальное действие используемых препаратов.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В современной аквакультуре одна из ключевых задач – повышение устойчивости рыб к инфекционным заболеваниям, особенно на ранних стадиях развития. В этот период у личинок рыб, включая стерлядь (*Acipenser ruthenus*), не сформирована иммунная система, что делает их уязвимыми к воздействию патогенных микроорганизмов [1]. Основную функцию защиты исполняют физические барьеры: кутикула и слизистые покровы. Слизистая также выполняет функцию неспецифической защиты. В ее состав входят антимикробные пептиды и иммуноглобулины. Основную роль в нейтрализации вредоносной микрофлоры играет фермент лизоцим, обладающий бактериолитической активностью [2-5].

Важную роль в эффективной работе защитных систем рыб играют благоприятные условия содержания. Изменения качества воды, резкие перепады температуры, уровня кислорода и т.д. могут ослабить механизмы иммунной защиты рыб. Это приводит к повышению восприимчивости организма к бактериальным инфекциям [6]. Поиск эффективных методов усиления противомикробной защиты на ранних стадиях онтогенеза одна из актуальных задач для успешного развития рыбоводства. Большое значение приобретает разработка новых методик повышения эффективности работы иммунной системы рыб, а используемые методы нуждаются в оптимизации [7].

В последнее время для стимулирова-

ния защитных механизмов иммунной системы рыб используют различные кормовые добавки. Исследования показали, что их применение эффективно для улучшения физиологического состояния и повышения устойчивости к заболеваниям. Пробиотики, антибиотики, иммуномодуляторы и растительные препараты оказывают положительное влияние на антибактериальную защиту и выживаемость рыб [8-11]. Пробиотики повышают активность пищеварительных ферментов и проявляют антагонистическое действие к патогенным бактериям [12, 13]. Растительные экстракты усиливают неспецифический иммунитет, стимулируя фагоцитоз и выработку антител, а также напрямую подавляют возбудителей аэромонозов и псевдомонозов [14-17]. Иммуностимуляторы активируют клеточное звено иммунитета, увеличивая цитотоксическую активность лимфоцитов [18]. Кроме того, комбинированное применение этих добавок улучшает рост рыб и снижает смертность при бактериальных инфекциях [19].

У устойчивых к болезням рыб часто наблюдают высокую фагоцитарную активность и экспрессию генов, связанных с иммунитетом (например, цитокины и МНС-II) [20-24]. Однако, несмотря на значительный прогресс в изучении иммунных механизмов, влияние различных добавок на антибактериальную защиту молоди рыб остается малоисследованным. В связи с этим нами проведено сравнительное исследование различных

препаратов на уровень антибактериальной защиты внешних покровов молоди стерляди.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводили на личинках стерляди (в конце эксперимента – мальках) средней массой 0,5 г в возрасте 1 месяц. Их разделили на 7 групп: контрольную и 6 опытных. Каждую группу по 1000 особей рассадили в проточные пластиковые бассейны объемом 0,3 м<sup>3</sup>. В течение эксперимента температура воды колебалась от 17 до 20°C, содержание кислорода составляло от 7 до 10 мг О<sub>2</sub>/л на выходе из бассейна, а уровень pH и азотистых метаболитов оставался в норме.

Стерлядь кормили 24 раза в сут кормом Advance от фирмы Alltech Corpens. Согласно данным производителя, состав корма включает белки (56%), жиры (15%), клетчатку (0,3%), золу (11,6%), фосфор (1,75%) и витамин А (14000 МЕ/кг). В первую неделю эксперимента использовали гранулы размером 0,2–0,3 мм, а затем рыбу перевели на гранулы размером 0,3–0,5 мм.

Контрольная группа (I) получала простой корм, а опытным добавляли различные препараты. II группа – антибактериальный препарат на основе ципрофлоксацина «Антибак-100» (ООО «НВЦ Агроветзащита») из расчета 0,5 г/кг живой массы рыб. Препарат широкого спектра действия, эффективен против грамотрицательных (*Aeromonas*, *Pseudomonas*) и некоторых грамположительных бактерий. Используют для лечения бактериальных инфекций (аэромоноз, псевдомоноз). III группа – пробиотик «Суб-Про» на основе *Bacillus subtilis* (ООО «Вектор-Евро») из расчета 100 г/т корма. Он улучшает микробиом кишечника рыб, стимулирует пищеварение, синтез витаминов, конкурентно подавляет патогены, повышает иммунитет и усвояемость корма; IV – биологически активная добавка «Экофлор» (АО «Вектор-БиАльгам») из расчета 5 г/кг корма. Она предназначена для усиления неспецифического иммуни-

тета и стрессоустойчивости, содержит β-глюканы, полисахариды и антиоксиданты, улучшает рост и выживаемость. V – препарат «Акватан» на основе эллаготанинов производства компании «Танин» г. Севница (Словения) из расчета 2 г/кг корма. Он обладает антимикробными и противовоспалительными свойствами. Эффективен против бактерий (*Aeromonas*) и паразитов (например, *Ichthyophthirius*), укрепляет слизистые барьеры. VI – структурный и функциональный аналог эндогенного IL-2 «Ронколейкин» производства компании ООО «НПК «БИОТЕХ», из расчета 4000 МЕ/кг ихтиомассы. Иммуномодулятор активирует Т-клетки и макрофаги, усиливает ответ на вакцины. Применяется для профилактики инфекций и повышения выживаемости молоди. VII – энтеросорбирующее средство «Полифепан» (ООО «Восток») из расчета 0,5 г/кг живой массы рыб. Препарат связывает и выводит токсины, аллергены и патогенные бактерии из ЖКТ. Используется при отравлениях, дисбактериозах, токсикозах. Препараты добавляли в корм согласно инструкциям.

Пробы для анализа бактериального обсеменения отбирали на 7-е, 14-е, 21-е и 27-е сут. Для исследования отбирали по 4 особи из каждой группы. С рыб убирали воду с помощью фильтровальной бумаги и делали отпечаток на твердую среду (питательный рыбо-пептонный агар) в индивидуальный сектор. Чашки Петри убирали на 1 сут. в термостат при температуре 26°C. Затем визуально подсчитывали количество бактериальных колоний в каждом секторе.

При математической обработке результатов ( $M \pm m$ ) достоверность различия средних величин устанавливали с помощью t-критерия Стьюдента.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При сравнении данных, полученных в разные сроки наблюдения, обнаружены достоверные различия в исследуемых группах рыб (табл.). Через две недели эксперимента почти во всех группах наблюдали уменьшение бактериального обсеменения по сравнению с показателем

7 сут. Наиболее значительное снижение отмечено у контрольных рыб на 77,2%, потом в группе, получавшей препарат «Полифепан» – 68%, «Антибак» – 50%, «Акватан» – 42%, «Экофлор» – 39%, «Суб-Про» – 10%. У опытной группы с препаратом «Ронколейкин» установлено увеличение числа бактериальных колоний на 4%, при этом их количество оставалось наиболее низким среди всех групп.

На 21-е сутки по сравнению с предыдущим сроком наблюдения количество колоний продолжало снижаться. Наиболее значительно в группе с добавлением препарата «Антибак» на 80,5%, далее «Суб-Про» – 78,5%, «Полифепан» – 44%, «Экофлор» – 24% и «Ронколейкин» – 23%. У контрольных рыб и в группе с добавлением препарата «Акватан» показатель бактериального обсеменения, наоборот, увеличился на 31,4% и 20%, соответственно.

В конце эксперимента, по сравнению с 21-ми сут, во всех группах, кроме 5-й, наблюдали увеличение уровня бактериального обсеменения. Наиболее значительный рост количества колоний зафиксирован в опытной группе с препаратом

«Антибак» – 4,6 раза. Следующие по численности контрольные особи в 3 раза, «Экофлор» и «Суб-Про» в 2,1, «Полифепан» в 1,5 и «Ронколейкин» в 1,3. В опытной группе с препаратом «Акватан» число колоний, наоборот, уменьшилось в 0,2 раза.

В конце опыта наиболее низкое количество колоний зафиксировано на мазках-отпечатках внешних покровах стерляди, получавшей с кормом препарат «Суб-Про», а наиболее высокое в контрольной группе. Анализ полученных данных показал, что за время эксперимента уровень бактериального обсеменения колебался во всех группах. По сравнению с 7 сут данный показатель снизился в группах с добавлением препаратов «Антибак», «Суб-Про», «Акватан» и «Полифепан». У контрольных особей и в группах с препаратами «Экофлор» и «Ронколейкин» уровень бактериального обсеменения практически не изменился.

Сравнение количества колоний бактерий на каждом этапе наблюдения показало различия как между контрольными и опытными рыбами, так и между опытными группами.

Таблица 1 – Количество бактериальных колоний (шт.)

| № | Препарат                 | Время отбора                     |                          |                                   |                                |
|---|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|   |                          | 7 сут <sup>(1)</sup>             | 14 сут <sup>(2)</sup>    | 21 сут <sup>(3)</sup>             | 27 сут <sup>(4)</sup>          |
| 1 | Контроль <sup>а</sup>    | 289,00±3,46                      | 66,00±10,08 <sup>1</sup> | 86,75±7,44 <sup>1</sup>           | 263,00±23,60 <sup>2,3</sup>    |
| 2 | Акватан <sup>б</sup>     | 107,00±12,16 <sup>а</sup>        | 61,75±9,72 <sup>1</sup>  | 74,00±9,57                        | 60,00±14,75 <sup>а</sup>       |
| 3 | Антибак <sup>в</sup>     | 194,00±16,52 <sup>а, б</sup>     | 96,25±12,35 <sup>1</sup> | 85,75±21,27 <sup>а, б, 1, 2</sup> | 85,75±21,27 <sup>а</sup>       |
| 4 | Суб-Про <sup>г</sup>     | 112,66±8,41 <sup>а, в</sup>      | 101,25±15,94             | 21,75±3,90 <sup>а, б, 1, 2</sup>  | 44,75±3,22 <sup>а, 1-3</sup>   |
| 5 | Экофлор <sup>д</sup>     | 98,00±15,39 <sup>а, в</sup>      | 60,25±16,38              | 45,50±8,14 <sup>а, в</sup>        | 96,50±12,74 <sup>а, г, 3</sup> |
| 6 | Ронколейкин <sup>е</sup> | 56,33±6,17 <sup>а, б, в, г</sup> | 58,75±10,43              | 45,25±4,5 <sup>а, б, в, г</sup>   | 60,00±12,22 <sup>а</sup>       |
| 7 | Полифепан <sup>ж</sup>   | 302,66±2,33 <sup>а-д</sup>       | 97,25±24,88 <sup>1</sup> | 54,25±12,53 <sup>1</sup>          | 80,00±8,11 <sup>а, г, 1</sup>  |

Примечание. <sup>а, б, в – ж</sup> – достоверные отличия между контрольной и опытными группами рыб; <sup>1, 2, 3, 4</sup> – достоверные отличия между группами рыб в разные сроки наблюдения, при  $p \leq 0.05$ .

**7-е сут наблюдения.** В 1 и 7 группе было зафиксировано наиболее высокое количество бактериальных колоний, а наиболее низкое – в 6 группе. Исследуемый показатель в опытных группах был достоверно ниже, по сравнению с контролем. У особей, которым добавляли препарат «Антибак» на 33%, «Экофлор» на 66% и «Акватан» на 63%, «Суб-Про» на 61% и «Ронколейкин» на 80,5%. Также стоит отметить значимые отличия между 2 группой и 3 с 4, а также 7 группой и 5 с 6.

**На 14-е сут наблюдения.** В 4, 5 и 6 группах зафиксировано незначительно ниже число колоний по сравнению с контрольной группой. Тогда как в группах 2, 3 и 7 их количество было выше в 1,5 раза.

**На 21-е сут наблюдения.** Во всех опытных группах количество колоний было значимо меньше по сравнению с контрольной группой. Наиболее низкие показатели отмечены в группах с применением препаратов «Антибак» и «Суб-Про». Также достоверно отличались между собой показатели групп 2 и 4, а также групп 5 и 6.

**На 27-е сут наблюдения.** В конце эксперимента у контрольных рыб зафиксировано достоверно высокие значения бактериального обсеменения по сравнению с опытными группами. В 3, 5 и 6 опытных группах отмечено минимальное количество колоний, а в 2 и 4 – максимальное. Значимые отличия зафиксированы между 2 опытными группами, которым добавляли пробиотические препараты «Суб-Про» и «Экофлор».

Наиболее выраженный антибактериальный эффект препаратов «Суб-Про» и «Ронколейкин» показало сравнение показателей всех опытных групп. Положительное влияние пробиотика, вероятно, связано с антагонистическим действием на патогенные микроорганизмы и подавлением их роста. Аналогичное, но более незначительное, влияние оказывал пробиотический препарат «Экофлор». Препарат «Ронколейкин» оказывал стимулирующее действие на механизмы иммунной системы, в результате чего усилива-

лись неспецифические защитные свойства слизи. Снижение количества колоний под действием препарата «Антибак» связано с его эффективностью против грамотрицательных (*Aeromonas*, *Pseudomonas*) и некоторых грамположительных бактерий. Положительное влияние препарата «Акватан» обусловлено его антимикробными и противовоспалительными свойствами, а энтеросорбирующего средства «Полифепан» – обезвреживанием и элиминацией патогенных бактерий из организма.

Анализ полученных данных показал колебания уровня бактериальной обсемененности внешних покровов во всех группах на протяжении всего эксперимента. По сравнению с 7 сут к середине исследования у опытных рыб бактериальных колоний начало постепенно снижаться, что указывает на антибактериальное действие используемых препаратов. Наибольшая эффективность отмечена на 21 сут эксперимента, когда почти во всех группах установлено наиболее низкое количество бактериальных колоний. В конце эксперимента зафиксировано резкое увеличение уровня бактериальной обсемененности у контрольных рыб по сравнению с опытными особями. Это говорит об антибактериальном действии используемых препаратов. Однако повышение числа колоний в опытных группах по сравнению с предыдущим сроком наблюдения указывает на снижение антибактериального действия препаратов и/или повышение устойчивости микрофлоры.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенное исследование показало, что используемые добавки оказывают антибактериальное действие. За все время эксперимента наиболее низкое количество бактериальных колоний на теле живой молодежи стерляди установлено в группах, получавших пробиотик «Суб-Про» и иммуномодулятор «Ронколейкин». Под действием препаратов уровень бактериального обсеменения постепенно снижался к 14 – 21 сут/ наблюдения. К концу эксперимента их эффективность снизилась и количество колоний увеличилось.

Однако на продолжающееся антибактериальное воздействие препаратов указывает значительно более высокое количество бактериальных колоний у контрольных рыб. Анализ полученных результатов показал целесообразность проведения дальнейших исследований влияния различных препаратов на антибактериальную защиту объектов аквакультуры. Эффективные схемы применения позволят повысить устойчивость рыб к возбудителям бактериальных инфекций и увеличить выживаемость молоди. Как следствие, увеличение объема товарной продукции рыбоводных хозяйств и снижение рисков финансовых убытков.

#### EFFECT OF VARIOUS ADDITIVES ON THE LEVEL OF ANTIBACTERIAL PROTECTION OF JUVENILE STERLET

**Salov S. R.**<sup>1,2</sup>, \* – student, Junior Researcher, Laboratory of Immunology (ORCID 0009-0009-5389-7935); **Mikryakov D. V.**<sup>1</sup> – head of laboratory immunology, candidate of Biology (ORCID 0000-0001-9086-1688); **Mednikov P. V.**<sup>3</sup> – chief fish farmer (ORCID 0009-0005-2683-0453).

<sup>1</sup>Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences;

<sup>2</sup>Yaroslavl State Agrarian University;

<sup>3</sup>Research and Production Company «Kasatka»

\*9762@student.yarcx.ru

**Financing:** The materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2024 "Conducting foundation scientific research and search for scientific research by small individual scientific groups" (Agreement No. 25-26-20177 of 21.05.2025).

#### ABSTRACT

An important task for the successful development of aquaculture is to increase the resistance of fish to infections in the early stages of ontogenesis, when the immune system has not yet formed. The main protec-

tive function is performed by physical barriers: cuticle and mucous membrane, which include antimicrobial peptides and immunoglobulins. The main role in neutralizing harmful microflora is played by the enzyme lysozyme, which has bacteriolytic activity. The purpose of the study is to study the effect of various drugs on the level of antibacterial protection of young sterlet. The study was conducted for 27 days on young sterlet. The fish were divided into 7 groups: control and 6 experimental, receiving various drugs ("Antibak-100", "Sub-Pro", "Ecoflor", "Aquatant", "Roncoleukin" and "Polypepan"). The drugs were added to the feed according to the instructions. Samples for bacterial contamination analysis were collected on the 7th, 14th, 21st and 27th days. Four individuals from each group were selected for the study. Water was removed from the fish using filter paper and an imprint was made on a solid medium (nutrient fish-peptone agar) in an individual sector. Petri dishes were placed in a thermostat at 26°C for 1 day. Then the number of bacterial colonies in each sector was visually counted. During the study, fluctuations in bacterial contamination were recorded in all the studied groups. The maximum decrease in bacterial contamination was observed on the 14th – 21st days. The lowest number of bacterial colonies on the body of young sterlet was found in the groups receiving the probiotic "Sub-Pro" and the immunomodulator "Roncoleukin". An increase in bacterial contamination was recorded at the end of the experiment. In the last 2 weeks of the experiment, a significantly lower number of colonies was found in all experimental groups compared to the control. The data obtained indicate different duration and effectiveness of the antibacterial action of the drugs used.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Magnadottir, B. Innate immunity of fish (overview) / B. Magnadottir // Fish Shellfish Immunol. – 2006. – 20, – № 2. – P. 137-151. – DOI: 10.1016/j.fsi.2004.09.006.
2. Pietrzak, E. Innate Immune Responses of Skin Mucosa in Common Carp (*Cyprinus Carpio*) Fed a Diet Supplemented with

- Galactooligosaccharides / E. Pietrzak, J. Mazurkiewicz, A. Slawinska // *Animals* (Basel). – 2020. – 10, – № 3. – P. 438. – DOI: 10.3390/ani10030438.
3. Zhang, Y. A. IgT, a primitive immunoglobulin class specialized in mucosal immunity / Y. A. Zhang, I. Salinas, J. Li, D. Parra, S. Bjork, Z. Xu, S. E. LaPatra, J. Bartholomew, J.O. Sunyer // *Nat Immunol.* – 2010. – 11, – № 9. – P. 827-835. – DOI: 10.1038/ni.1913.
4. Парфенова, С. Р. Лизоцимная активность слизи рыб / С. Р. Парфенова // *Stud-Net.* – 2020. – № 12. – С. 1034–1040. Режим доступа:
5. Subramanian, S. Comparison of antimicrobial activity in the epidermal mucus extracts of fish / S. Subramanian, N. W. Ross, S. L. MacKinnon // *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* – 2008. – Vol. 150, – № 1. – P. 85-92. – DOI: 10.1016/j.cbpb.2008.01.011.
- 6 Полоз, С. В. Оценка устойчивости рыб к заражению паразитами при стрессовом воздействии и определение показателей резистентности (экспериментальное исследование) / С. В. Полоз, С. М. Дегтярик, Г. В. Слободницкая, И. И. Стрельченя // *Экология и животный мир.* – 2024. – № 1. – С. 28-33. Режим доступа: <https://animal.belal.by/jour/article/view/153>
7. Иркитова, А. Н. Оптимизация метода определения антагонистической активности пробиотических бактерий / А. Н. Иркитова, Е. С. Яценко // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания.* – 2017. – № 5 (19). – С. 113-117. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32607459>
8. Юхименко, Л. Н. Лечебные и профилактические мероприятия против бактериозов в рыбоводстве / Л. Н. Юхименко, С. Б. Токарева, М. С. Кукин, Л. И. Бычкова // *Ветеринария и кормление.* – 2021. – № 6. – С. 67-69. – DOI: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2021-6-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/hozywt>
9. Зеков, Д. Д. Определение эффективных норм введения кормовой добавки Акван в рацион радужной форели с биологической оценкой влияния на рыбохозяйственные показатели / Д. Д. Зеков, М. В. Ульянов, Д. В. Микряков, Т. А. Суворова // *Рыбоводство и рыбное хозяйство.* – 2021. – № 11. – С. 66-77. – DOI: 10.33920/sel09211106. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47327779>
10. Использование эллаготанинов в рационах аквакультуры. [Электронный ресурс] – 2020. – URL: <https://apknews.su/article/213/2594/> (дата обращения 12.05.2025).
11. Tkachenko, H. The antibacterial activity of the ethanolic leaf extract of *Ficus pumila* l. (moraceae) against fish bacterial pathogens / H. Tkachenko, L. Buyun, O. Kasiyan, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // *Научные труды Дальрыбвтуза.* – 2018. – Vol. 45, – №. 2. – P. 20-30. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35176457>
12. Mohammadian, T. Administrations of autochthonous probiotics altered juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* health status, growth performance and resistance to *Lactococcus garvieae*, an experimental infection / T. Mohammadian, M. Nasirpour, M. R. Tabandeh, A. A. Heidary, R. Ghanei-Motlagh, S. S. Hosseini // *Fish Shellfish Immunol.* – 2019. – № 86. – P. 269-279. – DOI: 10.1016/j.fsi.2018.11.052.
13. Бычкова, Л. И. Пробиотический препарат СУБ-ПРО (субалин) – альтернатива антибиотикам / Л. И. Бычкова, Л. Н. Юхименко, А. Г. Хомак, О. С. Скоробогатко // *Рыбоводство.* – 2008. – № 2. – С. 48-49. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=1028699&pubrole=100&show\\_refs=1&show\\_option=0](https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1028699&pubrole=100&show_refs=1&show_option=0)
14. Дегтярик, С. М. Влияние растительных экстрактов на возбудителей аэромонозов и псевдомонозов рыб / С. М. Дегтярик, Е. И. Гребнева, Г. В. Слободницкая, Н. А. Бенецкая, Е. В. Максимьюк, А. В. Беспалый // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.* – 2016. – № 32. – С. 249-261. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28114134>
15. Biller-Takahashi, J. D. Fish Immunology. The modification and manipulation of the

- innate immune system: Brazilian studies / J. D. Biller-Takahashi, E. C. Urbinati // *An Acad Bras Cienc.* – 2014. – Vol. 86, – № 3. – P. 1484-506. – DOI: 10.1590/0001-3765201420130159.
16. Immanuel, G. Dietary medicinal plant extracts improve growth, immune activity and survival of tilapia *Oreochromis mossambicus* / G. Immanuel, R. P. Uma, P. Iyapparaj, T. Citarasu, S. M. Punitha Peter, M. Michael Babu, A. Palavesam // *J. Fish Biol.* – 2009. – Vol. 74, – № 7. – P. 1462-1475. – DOI: 10.1111/j.1095-8649.2009.02212.x.
17. Nya, E. J The garlic component, allicin, prevents disease caused by *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) / E. J Nya, Z. Dawood, B. Austin // *J Fish Dis.* – 2010. – Vol. 33, – № 4. – P. 293-300. – DOI: 10.1111/j.1365-2761.2009.01121.x.
18. Нечаева, Т. А. Эффективность применения рекомбинантного интерлейкина-2 (Ронколейкин) в форелеводстве / Т. А. Нечаева, М. В. Островский // *Международный вестник ветеринарии.* – 2009. – № 3. – С. 43-49. Режим доступа: <https://elibrary.ru/llzgzv>
19. Зуева, М. С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб / М. С. Зуева // *Животноводство и кормопроизводство.* – 2022. – 105, – № 4. – С. 146-164. Режим доступа: <http://gk.fncbst.ru/arhiv/new/vypuski-2022-goda/tom-105-№4/teoriya-i-praktika-kormleniya/zueva-m-s>
20. Mehrabi, Z. Immunity and growth improvement of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dietary nettle (*Urtica dioica*) against experimental challenge with *Saprolegnia parasitica* / Z. Mehrabi, F. Firouzbakhsh, G. Rahimi-Mianji, H. Paknejad // *Fish Shellfish Immunol.* – 2020. – № 104. – P. 74-82. – DOI: 10.1016/j.fsi.2020.05.050.
21. Bulfon, C. Resistant and susceptible rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) lines show distinctive immune response to *Lactococcus garvieae* / C. Bulfon, M. Prearo, D. Volpatti, O. Byadgi, M. Righetti, M. G. Maniaci, V. Campia, P. Pastorino, F. Pascoli, A. Toffan, C. Biolatti, P. L. Acutis, S. Colussi // *Fish Shellfish Immunol.* – 2020. – № 105. – P. 457-468. – DOI: 10.1016/j.fsi.2020.06.040.
22. Jinendiran, S. Modulation of innate immunity, expression of cytokine genes and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*) by dietary supplementation with *Exiguobacterium acetylicum* S01 / S. Jinendiran, A. A. Nathan, D. Ramesh, B. Vaseeharan, N. Sivakumar // *Fish Shellfish Immunol.* – 2019. – № 84. – P. 458-469. – DOI: 10.1016/j.fsi.2018.10.026.
23. Bu, X. Dietary yeast culture modulates immune response related to TLR2-MyD88-NF- $\kappa$ B signaling pathway, antioxidant capability and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* for Ussuri catfish (*Pseudobagrus ussuriensis*) / X. Bu, X. Lian, Y. Wang, C. Luo, S. Tao, Y. Liao, J. Yang, A. Chen, Y. Yang // *Fish Shellfish Immunol.* – 2019. – № 84. – P. 711-718. – DOI: 10.1016/j.fsi.2018.10.049.
24. Kar, B. Variation in susceptibility pattern of fish to *Argulus siamensis*: Do immune responses of host play a role? / B. Kar, C. Moussa, A. Mohapatra, J. Mohanty, P. Jayasankar, P. K. Sahoo // *Vet Parasitol.* – 2016. – № 221. – P. 76-83. – DOI: 10.1016/j.vetpar.2016.03.013.

## REFERENCES

1. Magnadottir, B. Innate immunity of fish (overview) / B. Magnadottir // *Fish Shellfish Immunol.* 2006;20;2:137-151. DOI: 10.1016/j.fsi.2004.09.006.
2. Pietrzak, E. Innate Immune Responses of Skin Mucosa in Common Carp (*Cyprinus Carpio*) Fed a Diet Supplemented with Galactooligosaccharides / E. Pietrzak, J. Mazurkiewicz, A. Slawinska // *Animals (Basel)*. 2020;10;3:438. DOI: 10.3390/ani10030438.
3. Zhang, Y. A. IgT, a primitive immunoglobulin class specialized in mucosal immunity / Y. A. Zhang, I. Salinas, J. Li, D. Parra, S. Bjork, Z. Xu, S. E. LaPatra, J. Bartholomew, J.O. Sunyer // *Nat Immunol.* 2010;11;9:827-835. DOI: 10.1038/ni.1913.
4. Parfenova, S. R. Lysozyme activity of fish mucus / S. R. Parfenova // *Stud-*

- Net.2020:12:1034-1040. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/lizotsimnaya-aktivnost-slizi-ryb> (In Russ.)
5. Subramanian, S. Comparison of antimicrobial activity in the epidermal mucus extracts of fish / S. Subramanian, N. W. Ross, S. L. MacKinnon // *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*.2008:150;1:85-92. DOI: 10.1016/j.cbpb.2008.01.011.
6. Poloz, S. V. Evaluation of fish resistance to parasite infestation under stress and determination of resistance indicators (experimental study) / S. V. Poloz, S. M. Degtyaryk, G. V. Slobodnitskaya, I. I. Strelchenya // *Ecology and Animal World*.2024:1:28-33. URL: <https://animal.belal.by/jour/article/view/153> (In Russ.)
7. Irkitova, A. N. Optimization of the method for determining the antagonistic activity of probiotic bacteria / A. N. Irkitova, E. S. Yatsenko // *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products*.2017:5;19:113-117. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32607459> (In Russ.)
8. Yukhimenko, L. N. Therapeutic and preventive measures against bacterial diseases in fish farming / L. N. Yukhimenko, S. B. Tokareva, M. S. Kukin, L. I. Bychkova // *Veterinary medicine and feeding*.2021:6:67-69. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-6-18. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47419316> (In Russ.)
9. Zekov, D. D. Determination of effective rates of introduction of the feed additive Aquatan into the diet of rainbow trout with a biological assessment of the effect on fishery indicators / D. D. Zekov, M. V. Ulyanov, D. V. Mikryakov, T. A. Suvorova // *Fish farming and fish farming*.2021:11:66-77. DOI: 10.33920/sel09211106. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47327779> (In Russ.)
10. Use of ellagitannins in aquaculture diets. 2020. URL: <https://apknews.su/article/213/2594/> (date of access 12.05.2025).
11. Tkachenko, H. The antibacterial activity of the ethanolic leaf extract of *Ficus pumila* l. (moraceae) against fish bacterial pathogens / H. Tkachenko, L. Buyun, O. Kasiyan, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // *Scientific works of Dalrybvtuz*.2018:45;2:20-30. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35176457>
12. Mohammadian, T. Administrations of autochthonous probiotics altered juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* health status, growth performance and resistance to *Lactococcus garvieae*, an experimental infection / T. Mohammadian, M. Nasirpour, M. R. Tabandeh, A. A. Heidary, R. Ghanei-Motlagh, S. S. Hosseini // *Fish Shellfish Immunol*.2019:86:269-279. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.11.052.
13. Bychkova, L. I. Probiotic drug SUBPRO (subalin) - an alternative to antibiotics / L. I. Bychkova, L. N. Yukhimenko, A. G. Khodak, O. S. Skorobogatko // *Fish farming*.2008:2:48-49. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=1028699&pubrole=100&showrefs=1&showoption=0> (In Russ.)
14. Degtyarik, S. M. Study of plant extracts for pathogens of aeromonosis and pseudomonosis in fish / S. M. Degtyarik, E. I. Grebneva, G. V. Slobodnitskaya, N. A. Benetskaya, E. V. Maksimuk, A. V. Bepaly // *Issues of fisheries of Belarus*.2016:32:249-261. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28114134> (In Russ.)
15. Biller-Takahashi, J. D. Fish Immunology. The modification and manipulation of the innate immune system: Brazilian studies / J. D. Biller-Takahashi, E. C. Urbinati // *An Acad Bras Cienc*.2014:86;3:1484-506. DOI: 10.1590/0001-3765201420130159.
16. Immanuel, G. Dietary medicinal plant extracts improve growth, immune activity and survival of tilapia *Oreochromis mossambicus* / G. Immanuel, R. P. Uma, P. Iyapparaj, T. Citarasu, S. M. Punitha Peter, M. Michael Babu, A. Palavesam // *J. Fish Biol*.2009:74;7:1462-1475. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2009.02212.x.
17. Nya, E. J The garlic component, allicin, prevents disease caused by *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) / E. J Nya, Z. Dawood, B.

- Austin // J Fish Dis.2010;33;4:293-300. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2009.01121.x.
18. Nechaeva, T. A. Efficiency of using recombinant interleukin-2 (Roncoleukin) in trout farming / T. A. Nechaeva, M. V. Ostrovsky // International Bulletin of Veterinary Science.2009;3:43-49. URL: <https://elibrary.ru/llzgzv> (In Russ.)
19. Zueva, M. S. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish / M. S. Zueva // Animal husbandry and forage production.2022;105;4:146-164. URL: <http://gk.fncbst.ru/arhiv/new/vypuski-2022-goda/tom-105-№-4/teoriya-i-praktika-kormleniya/zueva-m-s> (In Russ.)
20. Mehrabi, Z. Immunity and growth improvement of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dietary nettle (*Urtica dioica*) against experimental challenge with *Saprolegnia parasitica* / Z. Mehrabi, F. Firouzbakhsh, G. Rahimi-Mianji, H. Paknejad // Fish Shellfish Immunol.2020;104:74-82. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.05.050.
21. Bulfon, C. Resistant and susceptible rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) lines show distinctive immune response to *Lactococcus garvieae* / C. Bulfon, M. Prearo, D. Volpatti, O. Byadgi, M. Righetti, M. G. Maniaci, V. Campia, P. Pastorino, F. Pascoli, A. Toffan, C. Biolatti, P. L. Acutis, S. Colussi // Fish Shellfish Immunol.2020;105:457-468. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.06.040.
22. Jinendiran, S. Modulation of innate immunity, expression of cytokine genes and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*) by dietary supplementation with *Exiguobacterium acetylicum* S01 / S. Jinendiran, A. A. Nathan, D. Ramesh, B. Vaseeharan, N. Sivakumar // Fish Shellfish Immunol.2019;84:458-469. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.10.026.
23. Bu, X. Dietary yeast culture modulates immune response related to TLR2-MyD88-NF- $\kappa$ B signaling pathway, antioxidant capability and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* for Ussuri catfish (*Pseudobagrus ussuriensis*) / X. Bu, X. Lian, Y. Wang, C. Luo, S. Tao, Y. Liao, J. Yang, A. Chen, Y. Yang // Fish Shellfish Immunol.2019;84:711-718. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.10.049.
24. Kar, B. Variation in susceptibility pattern of fish to *Argulus siamensis*: Do immune responses of host play a role? / B. Kar, C. Moussa, A. Mohapatra, J. Mohanty, P. Jayasankar, P. K. Sahoo // Vet Parasitol.2016;221:76-83. DOI: 10.1016/j.vetpar.2016.03.013.