

DOI 10.33920/sel-09-2505-04

УДК 639.3.09

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОБИОТИКА «ЛИКВАФИД» В КАПСУЛИРОВАННОЙ ФОРМЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛАДОЖСКОЙ ПАЛИИ В ИП РОМАНОВ (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т.А. Нечаева¹, А.А. Прозоров¹, С.А. Кошелева², В.Х. Меликиди³,
А.И. Голубева³, Н.Н. Олихин⁴

¹ Санкт-Петербургский аграрный государственный университет, Россия,
Санкт-Петербург, г. Пушкин

² ИП Романов, Ленинградская область, Ломоносовский район, д. Лопухинка

³ ООО «БИОТРОФ», Ленинградская область, г. Колпино

⁴ ООО «МЗТА», Владимирская область, г. Муром

E-mail: tamara.73@list.ru

Аннотация. Представлены материалы по применению пробиотика «ЛикваФид» в капсулированном виде у молоди ладожской палии. В условиях современных рыбоводных индустриальных хозяйств различного типа возрастает опасность бактериальных болезней. В современной аквакультуре активно применяются различные пробиотические и иммуномодулирующие препараты. Для применения в аквакультуре представляется перспективным «ЛикваФид», содержащий в качестве действующих веществ живые культуры бактерий *Bacillus megaterium* и *Bacillus subtilis* (производства ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург). Экспериментальные работы по применению пробиотика были проведены на рыбоводном предприятии ИП «Романов» (Ленинградская область, п. Лопухинка). В качестве объекта исследований была выбрана ладожская палия в возрасте годовика. Препарат вводили в капсулированном виде перорально с кормом двумя курсами, продолжительность каждого курсов 19 и 21 день соответственно, перерыв между курсами составил 26 дней. Анализ результатов экспериментальной работы показал статистически достоверное увеличение массы и длины тела в подопытных группах, а также значительное увеличение скорости роста. Исследовательская работа подтверждает благоприятное воздействие капсулированной формы данного препарата на процессы пищеварения рыб. Штаммы *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium* за счет своей пробиотической активности стимулируют рост нормальной кишечной микрофлоры. Улучшение всасываемости питательных веществ в желудочно-кишечном тракте, угнетение развития патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, стимуляция иммунной системы способствуют более активному росту палии. Капсулированная форма пробиотика «ЛикваФид» позволяет доставлять микроорганизмы непосредственно в кишечник рыбы, что существенно увеличивает эффективность работы штаммов.

Ключевые слова: капсулированные пробиотики; арктический голец; палия; аквакультура; морфобиологические показатели; иммунитет; кишечная микрофлора; скорость роста; абсолютный прирост.

THE USE OF PROBIOTIC LIQUAFIDIN IN CAPSULATED FORM THE CULTIVATION OF LADOGA PALIA IN IP ROMANOV (LENINGRAD REGION)

T.A. Nechaeva¹, A.A. Prozorov¹, S.A. Kosheleva², V.Ch. Melikidi³,
A.I. Golubeva³, N.N. Olikhin⁴

¹ St. Petersburg Agrarian State University, Russia, St. Petersburg, Pushkin

² IP Romanov, Leningrad region, Lomonosovsky district, village Lopukhinka

³ BIOTROF, St. Petersburg, Kolpino

⁴ MZTA, Vladimirskaia oblast, Murom

E-mail: tamara.73@list.ru

Abstract. Materials on the use of probiotic LiquaFid in capsule form in juvenile *Ladoga palii* are presented. In the conditions of modern industrial fish farms of various types, the risk of bacterial diseases increases. Various probiotic and immunomodulatory drugs are actively used in modern aquaculture. LiquaFid containing live cultures of *Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis* bacteria (produced by BIOTROF LLC, St. Petersburg) as active ingredients seems promising for use in aquaculture. Experimental work on the use of probiotics was carried out at the fish farming enterprise IP "Romanov" (Leningrad region, Lopukhinka settlement). The *Ladoga palia* at the age of one year old was chosen as the object of research. The drug was administered orally in capsule form with two courses of food, the duration of each course was 19 and 21 days, respectively, the break between courses was 26 days. An analysis of the experimental results showed a statistically significant increase in body weight and length in the experimental groups, as well as a significant increase in growth rate. The research confirms the beneficial effect of the capsule form of this drug on the digestive processes of fish. *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* strains, due to their probiotic activity, stimulate the growth of normal intestinal microflora, improve the absorption of nutrients in the gastrointestinal tract, inhibit the development of pathogenic and opportunistic microorganisms, and stimulate the immune system to promote more active growth of bacteria. The encapsulated form of the probiotic LiquaFid allows microorganisms to be delivered directly into the intestines of fish, which significantly increases the efficiency of the strains.

Keywords: Encapsulated probiotics; ~~Ladoga's palia; arctic char; morphological parameters; growth rate; absolute gain; intestinal microflora; immunity.~~

Введение

В современных рыбоводных хозяйствах постепенно расширяется видовое разнообразие объектов аквакультуры, в том числе и таких требовательных к условиям содержания, как лососевые рыбы. Постепенно осваиваются отечественным рыбоводством арктический голец, его озерная форма — палия, а также их гибриды [2; 4].

В то же время в условиях индустриальных рыбоводных предприятий неизбежны высокие плотности посадки и, как следствие, появление органическо-

го загрязнения и вспышки инфекционных болезней. При этом необходимыми становятся препараты, поддерживающие иммунитет рыб на надлежащем уровне. Накоплен значительный положительный опыт использования пробиотиков при выращивании радужной форели [1; 7–11]. Эти препараты оптимизируют кишечные микробиоценозы, подавляют рост и развитие патогенной и условно-патогенной микрофлоры, повышают обменные процессы и защитные реакции в организме рыб посредством активизации клеточного и гуморального иммунитета [1; 3; 5; 6]. Представляет значительный научный и практический интерес изучение влияния пробиотических препаратов при выращивании арктического гольца с учетом того, что этот вид — более холодолюбивый представитель лососевых, чем радужная форель.

В условиях современных рыбоводных индустриальных хозяйств разного типа возрастает опасность бактериальных болезней. В современной аквакультуре активно используются различные пробиотические и иммуномодулирующие препараты [12–20]. Особенно популярны препараты на основе *Bacillus subtilis*, которые используются при выращивании карпов, осетровых и лососевых рыб [3; 5; 6; 8; 9; 11].

Отличительной чертой кишечной микрофлоры рыб является высокое содержание патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, служащих источником различных инфекционных заболеваний. Среди микробиоты кишечника встречаются все микроскопические обитатели воды, поэтому вопрос обогащения рациона пробиотическими добавками долго оставался спорным ввиду подобной открытой системы. Тем не менее сейчас это направление активно развивается и показывает себя перспективным и эффективным способом улучшения состояния аквакультуры.

Как правило, большая часть микрофлоры рыб представлена анаэробами: бифидобактериями, лактобактериями и бактероидами (часто до 90%), а также энтерококками и аэробами (кишечной палочкой), некоторые разновидности которых участвуют в колонизации слизистой кишечника, поддерживая резистентность к условно-патогенным микроорганизмам.

Подавляющее большинство возбудителей бактериозов — условно-патогенные микроорганизмы, которые вызывают болезни при ухудшении условий выращивания и ослаблении иммунитета хозяина. Высокие плотности посадки способствуют распространению высококонтагиозных инфекционных болезней. Частое применение антибиотиков приводит к возникновению новых, устойчивых к используемым препаратам штаммов бактерий. Поэтому все более возрастает потребность в препаратах, которые поддерживают оптимальный баланс между организмом хозяина и его микробиотой при воздействии негативных факторов внешней среды. Этим требованиям в полной мере удовлетворяют пробиотики, которые способны оптимизировать кишечные микробиоценозы, подавлять рост и развитие патогенной и условно-патогенной микрофлоры, повышать обменные процессы и защитные реакции организма, активизируя клеточный и гуморальный иммунитет. Их основное преимущество — физиологичность. Они способствуют максимальному использованию биологического потенциала организма [10].

Пробиотик «ЛикваФид» производства ООО «БИОТРОФ» (Санкт-Петербург) представляет собой комплекс дополнительного питания для нормализации ми-

кrobiоценоза желудочно-кишечного тракта, содержащий в качестве действующих веществ живые культуры бактерий *Bacillus megaterium* не менее $1,0 \times 10^8$ КОЕ/г и *Bacillus subtilis* не менее $1,0 \times 10^8$ КОЕ/г. Капсулированная форма была получена на капсуляторе ООО «МЗТА». При использовании капсулированной формы в одной капсуле содержится $1,2 \times 10^5$ КОЕ *Bacillus megaterium* и $1,2 \times 10^5$ КОЕ *Bacillus subtilis*, при этом количество капсул рассчитывают исходя из ихтиомассы рыбы.

Штамм *B. subtilis* способен к синтезу бактериоцинов, органических кислот, антибиотических веществ, стимулирует иммунную систему кишечника путем увеличения уровней цитокинов и хемокинов, обладает широкой ферментативной активностью и принимает участие в процессах метаболизма различных питательных субстратов. Штамм *B. megaterium* характеризуется выраженной пробиотической активностью: стимулирует рост нормальной кишечной микрофлоры (бактерий родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*), синтезирует противомикробные вещества за счет выделения рибосомально и нерибосомально синтезируемых пептидов и непептидных веществ, активных в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также вирусов и грибов, усиливает неспецифическую и специфическую резистентность за счет активации макрофагов, Т- и В-лимфоцитов, выделяет ферменты (амилазы, липазы, протеазы, пектиназы и целлюлазы). Данные ферменты, кроме улучшения функции переваривания корма, разрушают аллергенные вещества, содержащиеся в нем.

Исследование воздействия препарата «ЛикваФид» при выращивании лососевых представляет большой интерес с точки зрения практического применения, а также научного обоснования воздействия пробиотиков на организм рыб. Первые опыты по применению препарата оказались достаточно успешны [9]. Поэтому было предложено вводить пробиотик в капсулированной форме. Предполагается, что внесение препарата в виде микрокапсул позволит усилить его положительное воздействие на иммунную систему, увеличить сохранность и повысить темпы роста.

Цель исследования: изучение влияния капсулированного пробиотика «ЛикваФид» на скорость роста и массонакопление пресноводной формы арктического гольца — ладожской палии в холодноводном бассейновом хозяйстве.

Материал и методика исследования

Предварительные исследования воздействия препарата «ЛикваФид» были проведены на годовиках арктического гольца в начале 2024 года. При этом были обнаружены достоверные отличия морфобиологических признаков, связанные с более высоким темпом роста подопытных рыб. Сравнение показателей массы тела по критерию Стьюдента свидетельствует, что различия между подопытными группами и контролем по массе тела достоверны при $p \leq 0,05$. Абсолютный прирост в подопытной группе, получавшей «ЛикваФид», составил 42,4 г, скорость роста — 55,8%.

Исследования по применению капсулированной формы препарата «ЛикваФид» начались в октябре 2024 года на рыбноводном предприятии ИП Романов (Ленинградская область, п. Лопухинка). Это бассейновое холодноводное хозяйство, где температура воды в течение года составляет от 4 до 12 °С при содержании кислорода не ниже 9,0 мг/л. В качестве объекта исследований выбрана ладожская палия.

Рыб содержали в бассейнах выростного цеха. Годовиков кормили полноценным продукционным кормом для рыб фирмы АКІМА (Россия, Кабардино-Балкария), размером гранул 1,5–2,0 мм. Условия выращивания в течение эксперимента отличались стабильностью: температура воды составляла 4–7 °С, содержание кислорода 9,0–12,0 мг/л.

Первый курс кормления проведен с 22.10.2024 по 09.11.2024, второй курс кормления — с 06.12.2024 по 26.12.2024. Препарат «ЛикваФид» вносили перорально в капсулированной форме. Итого проведено последовательно два курса профилактического кормления, перерыв между которыми составил 26 дней.

В начале и в конце экспериментальных работ была проведена бонитировка палии по стандартной методике, принятой для лососевых рыб. Для анестезии использовали эфирное масло гвоздики. Это позволило провести взвешивание и промеры, не травмируя рыб. В последующем результаты морфобиологических исследований были подвергнуты статистической обработке с определением по каждому показателю средней арифметической с ошибкой и достоверности различий по критерию Стьюдента.

В процессе бонитировок сотрудниками ООО «БИОТРОФ» был проведен отбор проб для исследования микрофлоры. При каждом обследовании отбирали по 5 экз. рыб из каждой группы. Изучение микрофлоры было проведено посредством метода qPCR (ПЦР в реальном времени), который используется для количественного анализа содержания конкретного микроорганизма, группы микроорганизмов или общего числа всех бактерий в пробах.

Для выявления периода и места растворения капсул с пробиотиком, а также равномерности кормления стада производились отлов и вскрытие рыб каждый день в течение первых пяти дней с начала опыта. Было установлено наличие капсул в желудке 90% обследованных рыб, что является отличным показателем. При этом раскрытие капсул наблюдали в задней трети желудка, а также в кишечнике, что существенно важно для максимального эффекта действия пробиотических препаратов.

Результаты

Предварительная бонитировка особей перед проведением экспериментальной работы и началом первого курса кормления была проведена 21.10.2024. При этом средняя масса годовиков палии составляла 25,5 г.

Таблица 1

Морфобиологические показатели годовиков ладожской палии перед началом первого курса кормления, 25 экз.

Table 1

Morphological and biological parameters of Ladoga's paliyearlings before the beginning of the first feeding course, 25 specimens.

Показатели	Max	min	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	σ	Cv, %
Масса, г	36,4	14,6	25,4±0,78	5,5	21,6
Длина туловища L, см	15,2	11,5	13,1±0,18	0,87	6,6
Длина по Смиту L _s , см	16,1	12,5	14,1±0,18	0,93	6,6
Высота в области спинного плавника H, см	4,0	2,0	2,7±0,08	0,43	15,9
Обхват тела O, см	8,7	5,0	6,8±0,15	0,77	11,3

Окончание таблицы 1

Показатели	Max	min	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	σ	Cv, %
Коэффициент упитанности по Фультону	1,3	0,7	1,1±0,02	0,10	9,0
Индекс прогонистости	6,2	4,0	5,0±0,08	0,40	8,0
Индекс обхвата	2,5	1,8	2,0±0,02	0,12	6,0

Максимальный коэффициент вариации перед началом эксперимента был по массе тела, обхвату тела и высоте в области спинного плавника, составлял не более 21,6%.

Бонитировка особей контрольной и подопытных групп после первого курса кормления была проведена 06.12.2024. Абсолютный прирост в контроле за это время составил 4,2 г, относительный прирост — 16,6%, относительный прирост (скорость роста) по Броуди — 14,9%. Возрастает изменчивость признаков: так, по массе тела она достигала 26,6% по сравнению с началом эксперимента (табл. 2).

У рыб опытной группы абсолютный прирост составил, 10,7 г, что более чем в 2 раза больше, чем у контрольной. Относительный прирост — 41,5%, относительный прирост (скорость роста) по Броуди — 34,4%. Однако изменчивость по массе тела здесь ниже — 19,6%. Кроме того, надо отметить, что в экспериментальной группе коэффициенты вариаций ниже по всем морфобиологическим признакам.

Таблица 2

Морфобиологические показатели годовиков после первого курса кормления

Table 2

Morphological and biological parameters earlings of the control group after the first course of feeding

Показатели	Max	Min	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	σ	Cv, %
Контроль (n = 25)					
Масса, г	46,0	16,7	29,6±1,58	7,90	26,6
Длина туловища L, см	16,0	12,5	14,2±0,23	1,17	8,2
Длина по Смитсу Ls, см	17,9	13,5	15,3±0,23	1,18	7,7
Высота в области спинного плавника H, см	4,2	3,1	3,5±0,06	0,29	8,3
Обхват тела O, см	8,2	6,5	7,3±0,11	0,52	7,1
Коэффициент упитанности по Фультону	1,3	1,0	1,1±0,01	0,06	5,4
Индекс прогонистости	5,2	3,9	4,3±0,04	0,22	5,1
Индекс обхвата	2,3	1,9	2,0±0,02	0,10	5,0
Опыт (n = 25)					
Масса, г	49,0	23,0	36,1±0,86	4,33	19,6
Длина туловища L, см	16,8	13,0	14,9±0,17	0,89	5,9
Длина по Смитсу Ls, см	17,4	13,2	15,8±0,21	1,06	6,7
Высота в области спинного плавника H, см	4,2	3,3	3,8±0,05	0,27	7,3
Обхват тела O, см	8,6	6,8	7,8±0,10	0,53	6,8
Коэффициент упитанности по Фультону	1,2	0,9	1,1±0,01	0,05	4,5
Индекс прогонистости	4,5	3,8	4,2±0,02	0,12	2,8
Индекс обхвата	2,2	1,9	2,0±0,01	0,05	4,5

Вторая бонитировка палии контрольной и подопытной групп была проведена 26.12.2024. Морфобиологическая характеристика форели подопытных и контрольной групп представлена в таблице 3. Абсолютный прирост в контрольной группе за время эксперимента составил 6,6 г при относительной скорости роста 25,5% и скорости роста по Броуди 22,6%.

Таблица 3

Морфобиологические показатели годовиков в конце эксперимента

Table 3

Morphological and biological parameters at the end of the experiment

Показатели	Max	Min	$\bar{x}_{cp} \pm m_{cp}$	σ	Cv, %
Контроль (n = 25)					
Масса, г	44,9	21,0	32,0±1,45	7,20	24,0
Длина туловища L, см	15,3	11,2	14,9±0,23	1,17	8,3
Длина по Смитсу Ls, см	16,3	12,2	15,8±0,14	0,70	4,4
Высота в области спинного плавника H, см	4,2	3,1	3,6±0,05	0,27	7,5
Обхват тела O, см	8,7	6,4	7,6±0,12	0,62	8,1
Коэффициент упитанности по Фультону	1,5	1,0	1,1±0,02	0,08	6,6
Индекс прогонистости	4,5	3,7	4,0±0,04	0,21	5,2
Индекс обхвата	2,1	1,8	1,9±0,01	0,07	3,6
Опыт (n = 25)					
Масса, г	56,3	30,6	42,1±1,47	7,4	17,5
Длина туловища L, см	17,6	14,0	15,6±0,18	0,90	5,7
Длина по Смитсу Ls, см	18,8	15,1	16,6±0,18	0,90	5,4
Высота в области спинного плавника H, см	4,4	3,3	3,9±0,06	0,32	8,2
Обхват тела O, см	9,2	7,5	8,3±0,10	0,51	6,1
Коэффициент упитанности по Фультону	1,4	0,9	1,1±0,02	0,08	6,3
Индекс прогонистости	4,9	3,7	4,2±0,05	0,27	6,4
Индекс обхвата	2,2	1,8	1,9±0,01	0,08	4,2

В экспериментальной группе, получавшей «ЛикваФид», абсолютный прирост составил 16,7 г, что в 2,5 раза выше, чем в контроле. При этом в данной группе относительная скорость роста по Броуди достигла 49,1%, что в 2,1 раза выше таковой в контроле. Относительная скорость роста в контроле за весь период составила 25,5%, а в опыте за весь период 65%, то есть в 2,5 раза выше.

Анализ микрофлоры фекальных проб рыб, проведенный методом количественной ПЦР, выявил значимые изменения в составе микробных сообществ в группе, получавшей капсулированный пробиотик «ЛикваФид», по сравнению с контрольной. В контрольной группе (среднее значение по трем пробам) наблюдалось относительно низкое содержание ключевых представителей нормальной микрофлоры. Среднее количество *Bacteroides* spp. составило $6,0 \times 10^8$ геномов/г, что указывает на умеренную активность этих бактерий, важных для ферментации углеводов и усвоения питательных веществ. *Bifidobacterium* spp., известные своими пробиотическими свойствами, в контрольной группе присутствовали в количестве $5,0 \times 10^6$ геномов/г, что также говорит о необходимости улучшения их популяции. *Lactobacillus* spp., производящие молочную кислоту и создающие барьер против патогенов, были обнаружены в количестве $1,2 \times 10^7$ геном/г.

Важно заметить, что в контрольной группе присутствовали *Blautia* spp. бактерии, малоизученные в микробиомах рыб, но широко известные своим участием в синтезе короткоцепочечных жирных кислот в кишечнике млекопитающих, в количестве $6,7 \times 10^9$ геномов/г, что в целом говорит о хорошей работе пищеварения у данной группы, однако наблюдается необходимость улучшения баланса микрофлоры.

На фоне этого контрольная группа также характеризовалась наличием условно-патогенных бактерий, таких как *Acinetobacter* spp. ($8,3 \times 10^6$ геном/г) и *Enterobacter* spp. ($1,0 \times 10^6$ геномов/г), а также ($4,3 \times 10^5$ геномов/г) и *Citrobacter* spp. ($2,0 \times 10^5$ геномов/г). Наличие этих видов бактерий указывает на дисбаланс микробиоты. Также было выявлено наличие патогенов, в частности *Proteus vulgaris mirabilis* ($2,0 \times 10^5$ геномов/г).

В группе, получавшей пробиотик, наблюдается заметное увеличение числа ключевых представителей нормальной микрофлоры кишечника рыб. Среднее значение *Bacteroides* spp. достигло $3,4 \times 10^9$ геномов/г, что в 5,7 раза больше, чем в контрольной группе, и может косвенно свидетельствовать об улучшении ферментативных процессов в кишечнике. Содержание *Bifidobacterium* spp. увеличилось в 5,4 раза ($2,7 \times 10^7$ геномов/г), кроме того, результаты *Lactobacillus* spp. также демонстрируют существенный рост до $3,4 \times 10^7$ геномов/г, что в 2,8 раза больше, чем в контрольной группе. Важно отметить, что наблюдаемый рост некоторых условно-патогенных бактерий (*Acinetobacter* spp. до $5,7 \times 10^7$ геномов/г и *Enterobacter* spp. до $6,0 \times 10^6$ геномов/г) сопряжен с еще более значительным увеличением представителей нормальной микрофлоры и поэтому не является существенным для эффективности препарата фактором. Отсутствие *Proteus vulgaris mirabilis*, патогенного микроорганизма, в группе, получавшей «ЛикваФид», указывает на улучшение общего состояния микробиоценоза.

При этом стоит отметить, что в обеих группах не было детектировано присутствие таких патогенных бактерий, как *Clostridium mdifficile*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. и *Staphylococcus aureus*.

Обсуждение

Уровень изменчивости к концу эксперимента в контрольной и экспериментальной группах претерпел некоторые изменения. В контрольной группе коэффициент вариаций по массе тела увеличился с 21,6 до 24,0%, а в подопытной группе снизился с 21,6 до 17,5% от первого этапа эксперимента к его окончанию. Это свидетельствует о более равномерном темпе роста в подопытной группе. Следовательно, опыт применения пробиотических препаратов для рыб, так же как и для теплокровных животных, показывает результаты в части равномерности роста. В этой связи распространение практики применения капсулированных пробиотиков для аквакультуры имеет особое значение для обеспечения равномерности роста стада рыб и, как следствие, обеспечения лучших финансовых показателей отрасли аквакультуры.

Были обнаружены достоверные отличия морфобиологических признаков, связанных с более высоким темпом роста подопытных рыб.

После первого этапа эксперимента сравнение показателей массы тела по критерию Стьюдента свидетельствует о том, что различия между опытом и контролем достоверны при $p \leq 0,01$. Длина туловища в подопытной группе до-

стверно выше при $p \leq 0,05$. Высота в области спинного плавника достоверно выше при $p \leq 0,001$. Обхват туловища в подопытной группе достоверно выше при $p \leq 0,01$.

По длине по Смиту, коэффициенту упитанности по Фультону, индексу прогонистости и индексу обхвата достоверных отличий не выявлено.

После второго этапа эксперимента сравнение показателей массы тела по критерию Стьюдента свидетельствует о том, что различия между опытом и контролем достоверны при $p \leq 0,001$. Длина туловища в подопытной группе достоверно выше при $p \leq 0,05$. Длина по Смиту в подопытной группе достоверно выше при $p \leq 0,01$. Высота в области спинного плавника в группе, получавшей капсулированный «ЛикваФид», достоверно выше, чем в контроле, при $p \leq 0,001$. Обхват тела в подопытной группе достоверно выше при $p \leq 0,001$ по сравнению с контролем.

Индекс прогонистости в опыте достоверно выше при $p \leq 0,01$, что связано, вероятно, с большей длиной тела рыб в данной группе. По коэффициенту упитанности по Фультону и индексу обхвата достоверных отличий не выявлено.

Анализ микрофлоры кишечника рыб показал, что капсулированный пробиотик «ЛикваФид» способен эффективно поддерживать восстановление и оптимизацию состава микробиоты, обеспечивая рост популяции представителей нормальной микрофлоры.

Заключение

Анализ результатов экспериментальной работы показал увеличение массы тела и скорости роста в подопытных группах. По завершении экспериментальной работы абсолютный прирост в опыте составил 16,6 г, что в 2,5 раза выше, чем в контроле. Относительная скорость роста по Броуди в эксперименте составила 49,1%, что в 2,1 раза выше, чем в контроле. Относительная скорость роста, отражающая прирост живой массы, в опыте достигла 65%, что в 2,5 раза выше, чем в контроле. При этом максимальные показатели практически по всем значимым морфобиологическим признакам выявлены у рыб, получавших пробиотик «ЛикваФид» в капсулированной форме, производимый по технологии и на оборудовании ООО «МЗТА». Масса тела, высота в области спинного плавника и обхват туловища в экспериментальной группе достоверно выше, чем в контроле, при $p \leq 0,001$. Длина тела по Смиту и индекс прогонистости достоверно выше при $p \leq 0,01$, а длина тела — при $p \leq 0,05$.

Исследовательская работа подтверждает благоприятное воздействие данных препаратов на процессы пищеварения рыб. Штаммы *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium*, входящие в состав микрокапсулированного пробиотика «ЛикваФид» (производитель ООО «БИОТРОФ»), за счет своей пробиотической активности стимулируют рост нормальной кишечной микрофлоры. Улучшение всасываемости питательных веществ в желудочно-кишечном тракте, угнетение развития патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, стимуляция иммунной системы способствуют более активному росту лососевых рыб.

Библиографический список

1. Айткалиева, А.А. Сравнительная оценка морфофункционального состояния рыбопосадочного материала и товарной радужной форели при использовании кормов с

- добавлением препарата пробиотического действия / А.А. Айткалиева, Ш.А. Альписов, А.С. Ибажанова // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. — 2020. — № 1. — С. 131–137. — DOI 10.24143/2073-5529-2020-1-131-137.
2. Борисовская, А.А. Разнообразие палии *Salvelinus alpinus* ФСГЦР Ропша по данным анализа митохондриальной ДНК / А.А. Борисовская, О.В. Апаликова, В.М. Голод, В.Ю. Паньков // Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (Ростов-на-Дону, 11–12 декабря 2018 года). — Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2018. — С. 28–32. — EDN KLVPHZ.
3. Головин, П.П. Испытание в аквакультуре биологически активных препаратов, повышающих иммунофизиологический статус рыб / П.П. Головин, Н.А. Головина, Н.Н. Романова, О.В. Корабельникова // Рыбное хозяйство. — 2008. — № 4. — С. 63–66. — eLIBRARY ID 11761727.
4. Голод, В.М. Арктический голец (*Salvelinus alpinus* L.) — перспективный объект для аквакультуры севера России / В.М. Голод, В.Я. Никандров, А.А. Павлисов [и др.] // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 3 (31). — С. 137–143. — DOI 10.25283/2223-4594-2018-3-137-143.
5. Жандалгарова, А.Д. Новые пробиотические препараты, иммобилизованные на биопленке, и перспективы их использования в современном осетроводстве / А.Д. Жандалгарова, А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску // 64-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 90-летию юбилею со дня образования Астраханского государственного технического университета: материалы конференции (Астрахань, 20–25 мая 2020 года). — Астрахань: АГТУ, 2020. — С. 235. — EDN GKFFCH.
6. Жандалгарова, А.Д. Использование пробиотических препаратов с иммуномодулирующим действием для осетровых рыб при садковом выращивании / А.Д. Жандалгарова, А.Д. Поляков, А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Самара, 2018. — Т. 20, № 2 (82). — С. 107–111. — eLIBRARY ID 35289338.
7. Нечаева, Т.А. Применение биокомплекса Мультибактерин ОМЕГА-10 в рыбоводстве / Т.А. Нечаева // Вопросы нормативно-правового урегулирования в ветеринарии. — 2011. — № 3. — С. 58–61. — eLIBRARY ID 16973133.
8. Нечаева, Т.А. Применение пробиотика Ветом 1.1 при выращивании молоди в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) / Т.А. Нечаева // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. — 2014. — № 1. — С. 65–69. — eLIBRARY ID 21251421.
9. Нечаева, Т.А. Сравнительная характеристика влияния пробиотиков «Ветом 2» и «ЛикваФид» при выращивании радужной форели в ИП Романов (Ленинградская область) / Т.А. Нечаева, Л.А. Ильина, В.А. Назаров [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2023. — № 11 (214). — С. 743–755. — DOI 10.33920/sel-09-2311-04.
10. Нечаева, Т.А. Применение пробиотиков в форелевых хозяйствах Северо-Запада России / Т.А. Нечаева, С.В. Щепеткина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2021. — № 10. — С. 62–75. — DOI 10.33920/sel-09-2110-06.
11. Нечаева, Т.А. Результаты применения биокомплекса Мультибактерин ФГУП «Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства» / Т.А. Нечаева, С.В. Щепеткина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. — 2017. — С. 140–144. — eLIBRARY ID 30708060.
12. Abdel Tavwab, M. Turmeric powder, *Curcuma longa* L., in common carp, *Cyprinus carpio* L., diets: growth rates, innate immunity and resistance to pathogenic *Aeromonas hydrophila* infection / M. Abdel Tavwab, F.E. Abbass // World Aquacult Soc. — 2017. — № 48 (2). — P. 303–312. — DOI 10.1111/jwas.12349.
13. Bruce, T.J. Review of immune system components, cytokines and immunostimulants in cultured fish species / T.J. Bruce, M.L. Brown // OHAS. — 2017. — № 7 (3). — P. 267–288. — DOI 10.4236/ojas.73021.

14. *Giri, S.S.* Effect of a bioactive substance from turmeric on growth, skin mucosal immunity and antioxidant factors in the common carp *Cyprinus carpio* / S.S. Giri, V. Sukumaran, S.K. Park // *Immunol of fish molluscs*. — 2019. — № 92. — P. 612–620. — DOI 10.1016/j.fsi.2019.06.053.
15. *Davud, M.A.O.* Useful role of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review / M.A.O. Davud, S. Koshio, M.A. Esteban // *Reverend Aquacult.* — 2018. — № 10 (4). — P. 950–974. — DOI 10.1111/raq.1220913.
16. *De Souza Silva, L.T.* Hemato-immunological and zootechnical parameters of Nile tilapia treated with Menthapiperita essential oil after infection with *Streptococcus agalactiae* / L.T. De Souza Silva, U. de Padua Pereira [et al.] // *Aquaculture*. — 2019. — № 506. — P. 205–211. — DOI 10.1016/k.Aquaculture.2019.03.035.
17. *Kaipang, C.M.A.* Nutritional effects on fish mucosa: immunostimulants, pre- and probiotics / C.M.A. Kaipang, C.C. Lazado // *Mucosal health in aquaculture*. — London: Academic Press. — 2015. — P. 211–272. — DOI 10.1016/B978-0-12-417186-2.00009-.
18. *Santos, L.* Antimicrobial resistance in aquaculture: current knowledge and alternatives to address the problem / L. Santos, F. Ramos // *Antimicrobial Agents Int. J.* — 2018. — № 52 (2). — P. 135–143. — DOI 10.1016/j.ijantimicag.2018.03.010.
19. *Hayatgeib, N.* A review of functional foods and the control of *Aeromonas* infections in freshwater fish / N. Hayatgeib, E. Moreau, S. Calvez [et al.] // *Aquacult. Int.* — 2020. — DOI 10.1007/s10499-020-005143.
20. *Hoseinifar, S.Kh.* Enhancing immune function and biological disease control through environmentally sound and sustainable approaches to fish aquaculture: herbal therapy scenarios / S.Kh. Hoseinifar, Yu.Z. Sun, Z. Zhou [et al.] // *Rev. Fish SciAquacult.* — 2020. — DOI 10.1080/23308249.2020.1731420.

References

1. *Aitkalieva, A.A., Alpeisov, Sh.A., Ibazhanova, A.S.* Comparative assessment of the morpho-functional state of fish seed and commercial rainbow trout when using feed with the addition of a probiotic drug. *Bulletin of ASTU. Series: Fisheries*, 2020, no. 1, pp. 131–137 (in Russian). DOI 10.24143/2073-5529-2020-1-131-137.
2. *Borisovskaya, A.A., Apalikova, O.V., Golod, V.M., Pankov, V.Yu.* Diversity of *Salvelinus Alpinus* PSHCC Ropsha according to mitochondrial DNA analysis. *Actual issues of fisheries*, 2018, pp. 28–32 (in Russian). eLIBRARY ID 37205762.
3. *Golovin, P.P., Golovina, N.A., Romanova, N.N., Korabelnikova, O.V.* Testing in aquaculture of biologically active preparations that increase the immunophysiological status of fish. *Fisheries*, 2008, no. 4, pp. 63–66 (in Russian). eLIBRARY ID 11761727.
4. *Golod, V.M., Nikandrov, V.Ya., Pavlisov, A.A. et al.* Arctic charr (*Salvelinus Alpinus* L.) — a promising object for aquaculture in the north of Russia. *Arctic: ecology and economics*, 2018, no. 3 (31), pp. 137–143 (in Russian). DOI 10.25283/2223-4594-2018-3-137-143.
5. *Zhandalgarova, A.D., Bakhareva, A.A., Grozesku, Yu.N.* New probiotic preparations immobilized on biofilm and prospects for their use in modern sturgeon farming. In: *International Scientific Conference of the ASTU dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Astrakhan State Technical University: materials*. Astrakhan, 2020, pp. 235 (in Russian). eLIBRARY ID 43845545.
6. *Zhandalgarova, A.D., Polyakov, A.D., Bakhareva, A.A., Grozesku, Yu.N.* The use of probiotic preparations with immunomodulatory action for sturgeon fish in cage cultivation. In: *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Samara*, 2018, vol. 20, no. 2 (82), pp. 107–111 (in Russian). eLIBRARY ID 35289338.
7. *Nechaeva, T.A.* The use of the biocomplex Multibakterin OMEGA-10 in fish farming. *Issues of regulatory and legal regulation in veterinary medicine*, 2011, no. 3, pp. 58–61 (in Russian). eLIBRARY ID 16973133.

8. Nechaeva, T.A. The use of probiotic Vetom 1.1 when growing juveniles in plants with a closed water supply cycle (RAS). *Topical issues of veterinary biology*, 2014, no. 1, pp. 65–69 (in Russian). eLIBRARY ID 21251421.
9. Nechaeva, T.A., Ilyina, L.A., Nazarov, V.A. et al. Comparative characteristics of the influence of probiotics “Vetom 2” and “LikvaFid” in the cultivation of rainbow trout in IP Romanov (Leningrad region). *Fish breeding and fisheries*, 2023, no. 11 (214), pp. 743–755 (in Russian). DOI 10.33920/sel-09-2311-04.
10. Nechaeva, T.A., Shchepetkina, S.V. The use of probiotics in trout farms in the North-West of Russia. *Fish breeding and fisheries*, 2021, no. 10, pp. 62–75 (in Russian). DOI 10.33920/sel-09-2110-06.
11. Nechaeva, T.A., Shchepetkina, S.V. The results of the use of the biocomplex Multibacterin in Federal State Unitary Enterprise Federal Selection and Genetic Center for Fish Breeding. In: *Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects*, 2017, pp. 140–144 (in Russian). eLIBRARY ID 30708060.
12. Abdel Tavwab, M., Abbass, F.Ye. Turmeric powder, *Curcuma longa* L., in common carp, *Cyprinus carpio* L., diets: growth rates, innate immunity and resistance to pathogenic *Aeromonas hydrophila* infection. *World Aquacult Soc*, 2017, no. 48 (2), pp. 303–312. DOI 10.1111/jwas.1234.
13. Bryus, T.Dzh., Braun, M.L. Review of immune system components, cytokines and immunostimulants in cultured fish species. *OHAS*, 2017, no. 7 (3), pp. 267–288. DOI 10.4236/ojas.2017.73021.
14. Giri, S.S., Sukumaran, V., Park, S.K. Effect of a bioactive substance from turmeric on growth, skin mucosal immunity and antioxidant factors in the common carp *Cyprinus carpio*. *Immunol of fish mollusks*, 2019, no. 92, pp. 612–620. DOI 10.1016/j.fsi.2019.06.053.
15. Davud, M.A.O., Koshio, S., Esteban, M.A. Useful role of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reverend Aquacult*, 2018, no. 10 (4), pp. 950–974. DOI 10.1111/raq.12209.
16. De Souza Silva, L.T., de Padua Pereyra, U., de Oliveyra et al. Hemato-immunological and zootechnical parameters of Nile tilapia treated with Menthapiperita. *Aquaculture*, 2019, no. 506, pp. 205–211. DOI 10.1016/k.Aquaculture.2019.03.035.
17. Kaypang, C.M.A., Lazado, C.C. Nutritional effects on fish mucosa: immunostimulants, pre- and probiotics. *Mucosal health in aquaculture*. Academic Press, London, 2015, pp. 211–272. DOI 10.1016/B978-0-12-417186-2.00009.
18. Santos, L., Ramos, F. Ustoychivost' k protivomikrobnym preparatam v akvakul'ture: sovremennyye znaniya i al'ternativy dlya resheniya problemy. *Antimicrobial Agents Int. J.*, 2018, no. 52 (2), pp. 135–143. DOI 10.1016/j.ijantimicag.2018.03.010.
19. Khayatgeyb, N., Moro, E., Kalvez, S. et al. A review of functional foods and the control of *Aeromonas* infections in freshwater fish. *Int. Aquacult*, 2020. DOI 10.1007/s10499-020-005143.
20. Khoseynifar, S.K.H., Sun, Y.U.Z., Chzhou, Z. et al. Enhancing immune function and biological disease control through environmentally sound and sustainable approaches to fish aquaculture: herbal therapy scenarios. *Rev Fish Sci Aquacult*, 2020. DOI 10.1080/23308249.2020.1731420.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Сведения об авторах

Тамара Алексеевна Нечаева — д-р с.-х. наук, профессор кафедры водных биоресурсов, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет». Россия, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2. E-mail: tamara.73@list.ru. ORCID: 0000-0003-4858-567X. SPIN: 4455-4012

Александр Александрович Прозоров — ассистент кафедры водных биоресурсов, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет». Россия, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2. E-mail: aleksandr_prozorov00@mail.ru. ORCID: 0009-0001-8630-0834.

Светлана Алексеевна Кошелева — рыбовод, ИП Романов. Россия, 188523, Ленинградская область, Ломоносовский район, п. Лопухинка. E-mail: iowa312@gmail.com. ORCID: 0009-0000-0624-9040.

Вероника Христофоровна Меликиди — канд. с.-х. наук, ведущий биотехнолог-разработчик производственной лаборатории ООО «БИОТРОФ». Россия, 196650, г. Санкт-Петербург, г. Колпино, территория Ижорский Завод, д. 45, лит. ДВ. E-mail: veronika@biotrof.ru. ORCID: 0000-0002-2883-3974. SPIN: 9799-8818

Анастасия Игоревна Голубева — биотехнолог производственной лаборатории ООО «БИОТРОФ». Россия, 196650, г. Санкт-Петербург, г. Колпино, территория Ижорский Завод, д. 45, лит. ДВ. E-mail: nastya@biotrof.ru. ORCID: 0009-0002-7081-2621.

Николай Николаевич Олихин — директор по инновационным проектам ООО «МЗТА». Россия, 602264, Владимирская область, г. Муром, Радиозаводское шоссе, д. 10. E-mail: olihin@mztpa.ru, imarm@mail.ru. ORCID: 0009-0000-9527-7106.

Information about authors

Tamara Alexeyevna Nechaeva — Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of the Sant-Petersburg State Agricultural University. Russia, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe shosse, house 2. E-mail: tamara.73@list.ru. ORCID: 0000-0003-4858-567X. SPIN: 4455-4012

Alexander Alexandrovich Prozorov — Assistant of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of the Sant-Petersburg State Agricultural University. Russia, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe shosse, house 2. E-mail: aleksandr_prozorov00@mail.ru. ORCID: 0009-0001-8630-0834.

Svetlana Alekseevna Kosheleva — fish farmer IP Romanov. 188523, Leningrad region, Lomonosov district, Lopukhinka settlement. E-mail: iowa312@gmail.com. ORCID: 0009-0000-0624-9040.

Veronika Christoforovna Melikidi — Candidate of Agricultural Sciences, leading biotechnologist of production laboratory, BIOTROPH Ltd. 196650, St. Petersburg, Kolpino, Izhorsky Zavod territory 45DV. E-mail: veronika@biotrof.ru. ORCID: 0000-0002-2883-3974. SPIN: 9799-8818

Anastasiya Igorevna Golubeva — biotechnologist of production laboratory, BIOTROPH Ltd. 196650, St. Petersburg, Kolpino, Izhorsky Zavod territory 45DV. E-mail: nastya@biotrof.ru.

Nikolay Nikolaevich Olikhin — Innovation projects director LLC «МЗТА». 602264, Murom, Vladimirskaya oblast, Radiozavodskoe shosse, 10. E-mail: olihin@mztpa.ru, imarm@mail.ru. ORCID: 0009-0000-9527-7106.

Дата поступления: 24.02.2025

Дата принятия: 15.03.2025

ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ

Телефон: +7 (495) 274-2222 (многоканальный). E-mail: podpiska@panor.ru Сайт: www.panor.ru