Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 75, № 1. С. 230–236.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА, ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.371.5 **DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-75-22** **EDN: SHQOKR**

Модуляция кишечной микробиоты и рыбоводно-биологические показатели радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при применении пробиотика «Целлобактерин+» в условиях установок замкнутого водоснабжения

Рашид Лайт Мохаммед Рашид[1], Владимир Сергеевич Турицин[2]
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия
[1] laythrashid91@gmail.com
[2] Turicin_spb@mail.ru

Аннотация. В условиях интенсивной аквакультуры, особенно при выращивании ценных видов, таких как радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*), возрастает необходимость в использовании эффективных и безопасных методов для поддержания здоровья рыб и повышения продуктивности. Пробиотики представляют собой перспективную альтернативу антибиотикам для модуляции кишечной микробиоты, стимуляции иммунитета и улучшения рыбоводно-биологических показателей. В данном исследовании оценивалось влияние отечественного пробиотического препарата «Целлобактерин+» на основе штамма Enterococcus faecium на рост, выживаемость, кормовые затраты и состав кишечной микробиоты радужной форели, выращиваемой в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ). Включение пробиотика в корм в дозировке 1,0 г/кг способствовало достоверному увеличению средней массы рыб на 15,7 %, улучшению кормового коэффициента на 12,5 % и повышению выживаемости до 98 %. Микробиологический анализ показал увеличение численности молочнокислых бактерий и подавление роста условно-патогенных энтеробактерий, что свидетельствует о положительной модуляции кишечного микробиоценоза. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность и перспективность использования препарата «Целлобактерин+» в индустриальном форелеводстве.

Ключевые слова: радужная форель, *Oncorhynchus mykiss*, аквакультура, пробиотики, Enterococcus faecium, Целлобактерин+, микробиота кишечника, рыбоводно-биологические показатели, установки замкнутого водоснабжения

Для цитирования: Рашид Р. Л. М., Турицин В. С. Модуляция кишечной микробиоты и рыбоводно-биологические показатели радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при применении пробиотика «Целлобактерин+» в условиях установок замкнутого водоснабжения // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 75, № 1. С. 230–236.

© Рашид Р. Л. М., Турицин В. С., 2026

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 75, no. 1. P. 230–236.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Modulation of intestinal microbiota and fish-biological indicators of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with the use of the probiotic «Celobacterin+» in recirculating aquaculture systems

Layth M. R. Rashid[1], Vladimir S. Turitsin[2]
St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia
[1] laythrashid91@gmail.com
[2] Turicin_spb@mail.ru

Abstract. In intensive aquaculture, especially in the cultivation of valuable species such as rainbow trout (Oncorhynchus mykiss), there is a growing need for effective and safe methods to maintain fish health and increase productivity. Probiotics are a promising alternative to antibiotics for modulating the intestinal microbiota, stimulating immunity, and improving fish-biological performance. This study evaluated the effect of the domestic probiotic preparation "Celobacterin+" based on the Enterococcus faecium strain on the growth, survival, feed conversion ratio, and intestinal microbiota composition of rainbow trout reared in a recirculating aquaculture system (RAS). The inclusion of the probiotic in the feed at a dosage of 1.0 g/kg contributed to a significant increase in the average weight of fish by 15.7 %, an improvement in the feed conversion ratio by 12.5 %, and an increase in survival to 98 %. Microbiological analysis showed an increase in the number of lactic acid bacteria and the suppression of the growth of opportunistic enterobacteria, which indicates a positive modulation of the intestinal microbiocenosis. The results obtained confirm the high efficiency and prospects of using the preparation "Celobacterin+" in industrial trout farming.

Keywords: rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, aquaculture, probiotics, Enterococcus faecium, Celobacterin+, intestinal microbiota, fish-biological indicators, recirculating aquaculture systems

For citation: Rashid L. M. R., Turitsin V. S. Modulation of intestinal microbiota and fish-biological indicators of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with the use of the probiotic «Celobacterin+» in recirculating aquaculture systems. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2026;75(1):230–236. (In Russ.).

Введение

Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) является одним из ключевых объектов мировой аквакультуры благодаря своим высоким темпам роста, качеству мяса и адаптивности [1]. Однако интенсификация форелеводства, особенно в установках с замкнутым водоснабжением (УЗВ), сопряжена с рядом стрессовых факторов (высокая плотность посадки, накопление метаболитов), которые могут приводить к ослаблению иммунитета и вспышкам заболеваний [2]. Традиционный подход, основанный на применении антибиотиков, ведет к появлению антибиотикорезистентных штаммов бактерий и накоплению вредных веществ в продукции [3].

В связи с этим актуальным направлением является поиск и внедрение экологически безопасных альтернатив, способных поддерживать здоровье рыб и стабильность аквaэкосистемы. Одним из наиболее перспективных направлений является использование пробиотиков – живых микробных добавок, которые при введении в адекватных количествах приносят пользу организму хозяина [4]. Пробиотики способны модулировать состав кишечной микробиоты, подавлять развитие патогенов, стимулировать иммунную систему и улучшать процессы пищеварения [5, 6].

Среди множества пробиотических штаммов особый интерес представляют бактерии вида Enterococcus faecium. Несмотря на некоторые опасения, связанные с их потенциальной патогенностью, многие штаммы этого вида демонстрируют выраженные пробиотические свойства и успешно применяются в животноводстве [7]. Препарат «Целлобактерин+», разработанный на основе штамма E. faecalis, показал свою эффективность для сельскохозяйственных животных, однако его влияние на гидробионтов, в частности на радужную форель, оставалось неизученным. Таким образом, исследование эффективности и разработка технологии применения данного пробиотика в индустриальном форелеводстве является важной и актуальной задачей.

Целью данного исследования являлась оценка влияния пробиотика «Целлобактерин+» на рыбоводно-биологические показатели и состав кишечной микробиоты радужной форели при выращивании в УЗВ.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на базе индустриального рыбоводного комплекса, специализирующегося на выращивании радужной форели в УЗВ. Объектом исследования служила молодь радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) средней массой 25±2 г.

Для проведения эксперимента были сформированы четыре группы рыб (n=100 в каждой) по принципу аналогов: одна контрольная (К) и три опытные (О-1, О-2, О-3). Рыбы контрольной группы получали стандартный продукционный комбикорм. Рыбам опытных групп в корм вводили пробиотический препарат «Целлобактерин+» в следующих дозировках: О-1 – 0,5 г/кг корма; О-2 – 1,0 г/кг корма; О-3 – 2,0 г/кг корма.

Продолжительность эксперимента составила 60 сут. В течение всего периода поддерживались оптимальные гидрохимические и температурные условия, соответствующие нормативам для выращивания радужной форели (температура воды 15±1 °С, содержание растворенного кислорода не ниже 8 мг/л). Оценку рыбоводно-биологических показателей проводили по общепринятым методикам. В конце эксперимента определяли абсолютный и относительный прирост массы, рассчитывали кормовой коэффициент (КК) и показатель выживаемости.

Для микробиологического анализа отбирали образцы содержимого кишечника от 5 рыб из каждой группы. Посевы проводили на селективные и дифференциально-диагностические среды для количественного учета общей микробной обсемененности (ОМЧ), молочнокислых бактерий, представителей семейства Enterobacteriaceae и спорообразующих бактерий. Идентификацию выделенных культур проводили по морфологическим, тинкториальным и биохимическим свойствам. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием пакета программ Statistica 10.0. Достоверность различий между группами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p<0,05$.

Результаты и их обсуждение

В ходе эксперимента было установлено положительное влияние пробиотика «Целлобактерин+» на рыбоводно-биологические показатели радужной форели. К концу периода выращивания средняя масса рыб в опытных группах была достоверно выше, чем в контроле, что наглядно демонстрирует динамика роста (рис. 1). Данные по основным рыбоводно-биологическим показателям представлены в таблице.

Рыбоводно-биологические показатели радужной форели (M±m, n=100)

Fish farming and biological parameters of rainbow trout (M±m, n=100)

Показатель	Контроль (К)	Опытная-1 (0,5 г/кг)	Опытная-2 (1,0 г/кг)	Опытная-3 (2,0 г/кг)
Начальная масса, г	25,1±0,5	25,3±0,4	24,9±0,6	25,2±0,5
Конечная масса, г	75,4±2,1	82,1±2,5*	88,5±2,8*	85,3±2,6*
Абсолютный прирост, г	50,3	56,8	63,6	60,1
Кормовой коэффициент	1,25	1,18*	1,12*	1,15*
Выживаемость, %	96	98	99	98

Примечание. * – различия с контрольной группой достоверны при $p<0,05$

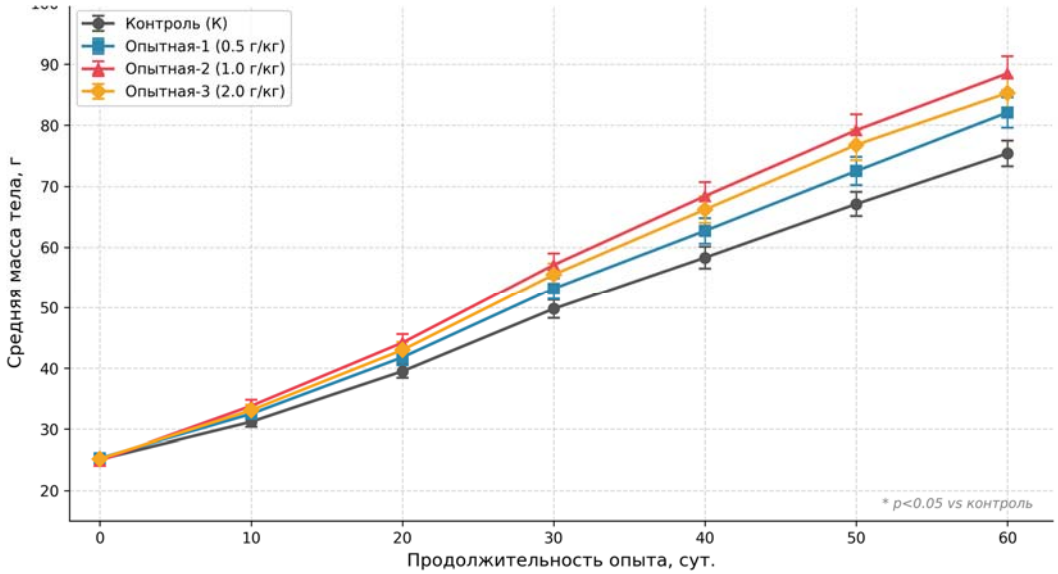

Рис. 1. Динамика роста радужной форели при использовании пробиотика «Целлобактерин+». Составлено авторами

Fig. 1. Growth dynamics of rainbow trout using the probiotic «Celobacterin+». Compiled by the authors

Наилучшие результаты по темпам роста и эффективности использования корма были зафиксированы в группе О-2, получавшей пробиотик в дозировке 1,0 г/кг корма. Средняя конечная масса в этой группе (88,5±2,8 г) превышала контрольный показатель (75,4±2,1 г) на 17,4 % ($p<0,05$). Увеличение дозировки до 2,0 г/кг (группа О-3) не привело к дальнейшему улучшению показателей, что может свидетельствовать о достижении плато эффективности.

Эффективность использования кормов также улучшилась в опытных группах. Кормовой коэффициент (КК) в контрольной группе составил 1,25, в то время как в опытных группах он был достоверно ниже, достигая минимального значения 1,12 в группе О-2 (рис. 2). Снижение кормового коэффициента указывает на лучшее усвоение питательных веществ корма, что является одним из ключевых эффектов действия пробиотиков. Эти результаты согласуются с данными других исследователей, которые также отмечали стимулирующее влияние пробиотиков на рост рыб за счет улучшения пищеварения [8, 9].

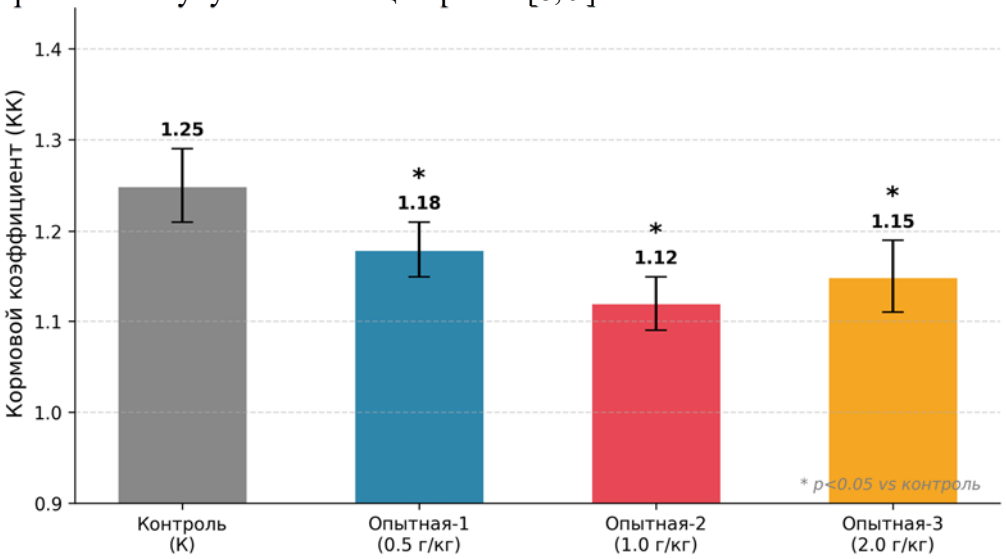

Рис. 2. Кормовой коэффициент радужной форели при использовании пробиотика «Целлобактерин+». Составлено авторами

Fig. 2. Growth dynamics of rainbow trout using the probiotic «Celobacterin+». Compiled by the authors

Микробиологический анализ содержимого кишечника показал существенные изменения в структуре микробного сообщества под влиянием пробиотика (рис. 3). Во всех опытных группах наблюдалось достоверное ($p<0,05$) увеличение общей численности молочнокислых бактерий, которые являются антагонистами многих патогенных микроорганизмов. Их количество в группе О-2 достигло 7,4 lg КОЕ/г, что на 42 % выше, чем в контроле.

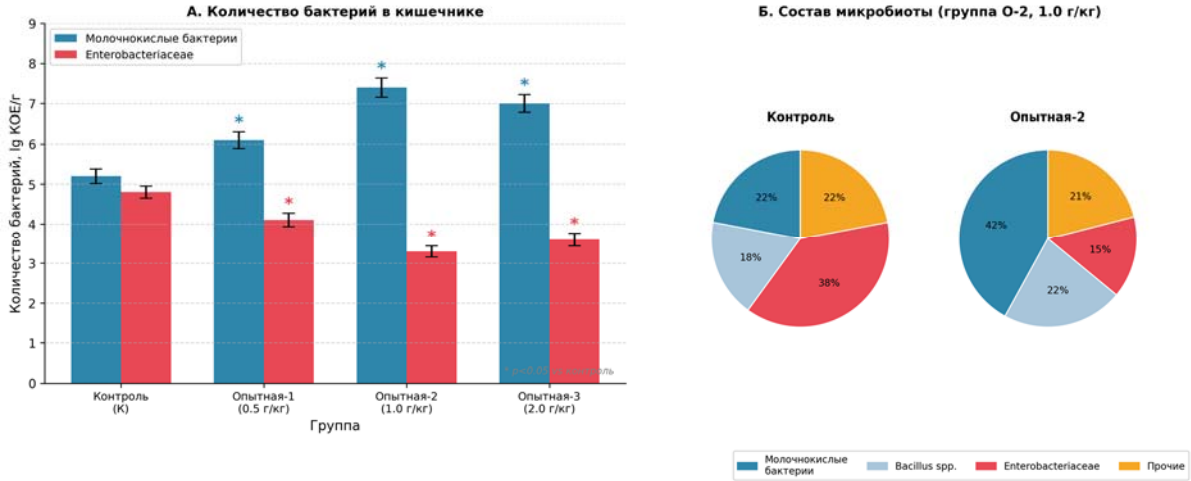

Рис. 3. Изменения состава кишечной микробиоты радужной форели под влиянием пробиотика «Целлобактерин+». Составлено авторами

Fig. 3. Changes in the composition of the intestinal microbiota of rainbow trout under the influence of the probiotic «Celobacterin+». Compiled by the authors

Одновременно было зафиксировано значительное снижение количества бактерий группы кишечной палочки (Enterobacteriaceae) до 3,3 lg КОЕ/г в группе О-2, что на 31 % ниже контрольного значения. Это свидетельствует о нормализации кишечного микробиоценоза и создании менее благоприятных условий для развития условно-патогенной флоры. Эти изменения способствуют укреплению барьерной функции кишечника и повышению общей резистентности организма рыбы к инфекциям, что косвенно подтверждается более высокими показателями выживаемости в опытных группах (98–99 % против 96 % в контроле).

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало высокую эффективность применения пробиотического препарата «Целлобактерин+» при выращивании радужной форели в условиях УЗВ. Включение пробиотика в состав корма в дозировке 1,0 г/кг позволило достоверно улучшить рыбоводно-биологические показатели: увеличить конечную массу рыб на 17,4 % и снизить кормовые затраты на 10,4 % по сравнению с контрольной группой.

Было установлено, что «Целлобактерин+» оказывает положительное модулирующее воздействие на кишечную микробиоту, способствуя увеличению популяции полезных молочнокислых бактерий и подавлению роста условно-патогенных микроорганизмов. Таким образом, препарат «Целлобактерин+» может быть рекомендован для широкого применения в индустриальном форелеводстве в качестве эффективного и безопасного средства для стимуляции роста, улучшения использования кормов и профилактики желудочно-кишечных заболеваний.

Список источников

1. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome : FAO, 2022. 266 p.

2. Martins C. I. M., Eding E. H., Verdegem M. C. J. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability // Aquacultural Engineering. 2010. Vol. 43, No. 3. P. 83–93.

3. Cabello F. C. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment // Environmental Microbiology. 2006. Vol. 8, No. 7. P. 1137–1144.

4. Fuller R. Probiotics in man and animals // Journal of Applied Bacteriology. 1989. Vol. 66, No. 5. P. 365–378.

5. Hai N. V. The use of probiotics in aquaculture // Journal of Applied Microbiology. 2015. Vol. 119, No. 4. P. 917–935.

6. Zorriehzahra M. J., Delshad S. T., Adel M. et al. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action // Veterinary Quarterly. 2016. Vol. 36, No. 4. P. 228–241.

7. Giri S. S., Sukumaran V., Oviya M. Potential of plant-based and other natural feed additives in aquaculture // Aquaculture International. 2013. Vol. 21, No. 4. P. 727–752.

8. Merrifield D. L., Dimitroglou A., Foey A. et al. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids // Aquaculture. 2010. Vol. 302, No. 1–2. P. 1–18.

9. Franz C. M., Huch M., Abriouel H. et al. Enterococci as probiotics and their implications in food safety // International Journal of Food Microbiology. 2011. Vol. 151, No. 2. P. 125–140.

10. A comprehensive review on probiotics and their use in aquaculture // Heliyon. 2024. Vol. 10, Iss. 24. e36923.

11. Mohammed E. A. H., Ahmed A. E. M., Kovács B., Pál K. The Significance of Probiotics in Aquaculture: A Review of Research Trend and Latest Scientific Findings // Antibiotics. 2025. Vol. 14, Iss. 3. P. 242.

12. JaliI S., Najim S. M. A Review Studies on Role of Lactic Acid Bacteria in Improved Growth, Enhancing Immunity and Gut Health in Fish Farming // Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 2025. Vol. 29, Iss. 1. P. 1–18.

13. Нечаева Т. А. Применение пробиотика Ветом 1.1 при выращивании молоди форели в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2014. № 4(24). С. 39–43.

14. Цицкиева К. Р., Бетляева Ф. Х., Козлов С. А. Использование пробиотика «Бацифолин А» при выращивании радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях интенсивного рыбоводства // Рыбное хозяйство. 2024. № 6. С. 11–15.

15. Adel M., Lazado C. C., Safari R., Yeganeh S., Zorriehzahra M. J. Aqualase®, a yeast-based in-feed probiotic, modulates intestinal microbiota, immunity and growth of rainbow trout Oncorhynchus mykiss // Aquaculture Research. 2017. Vol. 48, Iss. 4. P. 1835–1845.

16. Giannenas I., Karamaligas I., Margaroni M., et al. Effect of dietary incorporation of a multistrain probiotic on growth performance and health status in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Fish Physiology and Biochemistry. 2015. Vol. 41. P. 835–846.

17. Suhr M., Fichtner-Grabowski F. T., Seibel H., Bang C., et al. The microbiota knows: handling-stress and diet transform the microbial landscape in the gut content of rainbow trout in RAS // Animal Microbiome. 2023. Vol. 5, Art. 25.

18. Зуева М. С., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Современные исследования по изучению микробиома кишечника рыб // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 152–164.

19. Liu S., Chen L., Zhang S., et al. Dietary Clostridium butyricum and Alanyl-Glutamine Modulate Low-Fishmeal-Induced Growth Reduction, Intestinal Microbiota Disorders, Intestinal Inflammatory Injury // Fishes. 2025. Vol. 10, Iss. 11. P. 555.

20. Probiotics regulate the intestinal microbiome to promote growth in aquaculture // Scientific Reports. 2026. Vol. 16, Art. 35054.

Сведения об авторах

Р. Л. М. Рашид – аспирант кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура».

В. С. Турицин – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура».

Information about the authors

R. L. M. Rashid – Postgraduate student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture.

V. S. Turitsin – PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture.

Статья поступила в редакцию 28.02.2026; одобрена после рецензирования 11.03.2026; принята к публикации 17.03.2026.

The article was submitted 28.02.2026; approved after reviewing 11.03.2026; accepted for publication 17.03.2026.

© Рашид Р. Л. М., Турицин В. С., 2026.

«Модуляция кишечной микробиоты и рыбоводно-биологические показатели радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при применении пробиотика «Целлобактерин+» в условиях установок замкнутого водоснабжения» [Рашид Р. Л. М., Турицин В. С.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).