

# КОМБИКОРМА С ХЛОРЕЛЛОЙ, ГУМИНОВЫМИ И ФУЛЬВОВЫМИ КИСЛОТАМИ ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

**Резюме.** В исследовании при производстве комбикорма для радужной форели применялись хлорелла в виде порошка и комплекс гуминовых и фульвовых кислот. Результаты продемонстрировали положительное влияние данных компонентов на рыбоводно-биологические показатели, а именно живую массу, оплату корма продукцией и экономическую эффективность. Так, рыба опытной группы превосходила контроль по биомассе на 34,78%. На 1 кг прироста массы тела особи контрольной группы затрачивали корма больше, чем аналоги опытной группы, в связи с этим стоимость прироста 1 кг биомассы была меньше, чем в группе контроля, несмотря на более высокую стоимость корма.

**Ключевые слова:** экструдированный комбикорм, радужная форель, хлорелла, гуминовые кислоты, фульвовые кислоты, аквакультура, кормление, садковое хозяйство, Ладожское озеро.

## COMPOUND FEED WITH CHLORELLA, HUMIC AND FULVIC ACIDS FOR RAINBOW TROUT

**Abstract.** The effects of supplementation of compound feed for rainbow trout with chlorella powder and a mixture of humic and fulvic acids were studied; the resulted improvements in live bodyweight, average daily weight gains, feed conversion ratio (FCR), and profitability of production were found. Total bodyweight produced in the treatment fed this new feed was higher by 34.78% in compare to control treatment. Despite higher cost of the new feed the cost of 1 kg of bodyweight produced in the experimental treatment was lower in compare to control due to better FCR.

**Key words:** extruded compound feed, rainbow trout, chlorella, humic acids, fulvic acids, aquaculture, nutrition, tank fishery, Lake Ladoga.

### ВВЕДЕНИЕ

В разных странах затраты на корма при интенсивном коммерческом способе выращивания форели составляют 50–60% от всех производственных затрат. В связи с этим перед рыбоводами стоит задача по обеспечению наилучшего кормового коэффициента, чтобы получить высокий экономический эффект [4]. Наряду с необходимыми питательными веществами — белками, жирами и углеводами, в комбикормах для объектов аквакультуры используют витамины и минеральные добавки, а также компоненты, которые улучшают пищеварение и повышают усвояемость питательных веществ [7].

Одним из таких компонентов является одноклеточная зеленая водоросль хлорелла, относящаяся к классу *Chlorophyta* (хлорофиты). Ее клетки имеют сферическую форму диаметром от 2 до 10 мкм, без жгутиков. Хлорелла содержит зеленые фотосинтезируемые пигменты а-

и b-хлорофиллы, которые входят в состав хлоропластов [6]. Она широко применяется в аквакультуре: в виде суспензии добавляется в водоемы прудовых хозяйств или наносится на поверхность гранул экструдированного комбикорма [1]. Стоит отметить, что ввод в состав отечественных комбикормов компонентов из водорослей дает возможность отказаться от импортных кормов, снизить себестоимость их производства и производства ценных видов рыб [3].

Другим, представляющим научный интерес, компонентом является пробиотик на основе гуминовых и фульвовых кислот, способствующих улучшению пищеварения у рыб и поддержке их здоровья. Это органические вещества, распределенные в почве, природной воде и отложениях, образующихся на дне озер в результате разложения растительных остатков. Данные отложения представляют собой сложную смесь алифатических цепей, которые состоят

УДК 639.312; 639.3.043.2

Научная статья

DOI 10.25741/2413-287X-2023-10-3-207

Ю.А. КУЧИХИН<sup>1,2</sup>✉,  
Е.А. РАЗМОЧАЕВ<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Институт биотехнологий  
и рыбного хозяйства  
МГУТУ им. К.Г. Разумовского

<sup>2</sup> ООО «АгроАльянсРазвития»

✉ KuchihinYA@melkom.ru

✉ RazmochaevEA@melkom.ru

Поступила в редакцию:  
15.09.2023

Одобрена после рецензирования:  
20.09.2023

Принята в публикацию:  
21.09.2023

Research article

DOI 10.25741/2413-287X-2023-10-3-207

YURI A. KUCHIKHIN<sup>1,2</sup>✉,  
EVGENY A. RAZMOCHAEV<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Moscow State Technical University  
named after K.G. Razumovsky

<sup>2</sup> Agroalliance development LLC

✉ KuchihinYA@melkom.ru

✉ RazmochaevEA@melkom.ru

Received by editor office:  
15.09.2023

Accepted in revised:  
20.09.2023

Accepted for publication:  
21.09.2023

в основном из фенольных и карбоновых кислот, из других функциональных групп, но также могут включать сахара и пептиды [5]. Как показано другими исследователями, гуминовые кислоты возможно использовать в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственной птицы [2]. Благодаря ингибирующему действию против патогенных бактерий, таких как *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, рода *Pseiidomonas* и *Streptococcus*, эти кислоты можно рассматривать в качестве альтернативы антибиотикам [8]. Данное обстоятельство следует учитывать и при промышленных условиях выращивания рыб, когда из-за высокой плотности их посадки происходит рост патогенной микрофлоры, оседающей на жабрах и в кишечнике.

**Таблица 1. Питательность порошковой хлореллы, %**

Показатель	Значение
Влажность	7,0
Сырой протеин	54,0
Сырой жир	8,2
Сырая зола	8,0
Сырая клетчатка	1,8

Цель данного исследования — оценка эффективности использования и экономической эффективности ввода в комбикорма для трехлеток радужной форели при садковом выращивании порошка сушеной хлореллы и комплекса гуминовых и фульвовых кислот.

**Таблица 2. Питательность комбикормов, %**

Показатель	Контрольная группа 1.1К	Опытная группа 1.2ХФ
Влажность	6,44	6,51
Сырой протеин	44,00	44,00
Сырой жир	23,00	23,00
Сырая клетчатка	1,29	1,18
Сырая зола	5,34	5,54
Лизин	3,23	3,18
Метионин	0,82	0,82
Треонин	1,80	1,80
Аргинин	2,2	2,18
Изолейцин	1,50	1,49
Валин	2,29	2,26
Гистидин	1,27	1,28
Ca	1,30	1,39
P	1,10	1,12

**Таблица 3. Нормы кормления, % от массы рыб**

Масса рыб, г	Температура воды, °С								
	2–3	3–6	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	16–18	18–20
1000–1250	0,19	0,41	0,61	0,82	1,08	1,34	1,69	1,68	0,60
1250–1500	0,18	0,39	0,57	0,78	1,04	1,32	1,65	1,64	0,55
1500–1750	0,17	0,37	0,55	0,76	1,00	1,29	1,60	1,60	0,50
1750–2000	0,16	0,35	0,53	0,74	0,98	1,26	1,58	1,57	0,45
2000–2250	0,15	0,34	0,52	0,72	0,96	1,23	1,55	1,54	0,40
2500+	0,14	0,33	0,51	0,71	0,93	1,19	1,52	1,51	0,35

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в ООО «Ладожская форель» (Республика Карелия, г. Питкяранта). Использовались корма марки Aquagex производства ОАО «Мелькомбинат» (г. Тверь). Начался эксперимент 30 мая 2023 г., закончился 30 августа 2023 г. подведением итогов.

Для опыта были отобраны 10 000 особей радужной форели *Oncorhynchus mykiss* (вид определен по Мягкову Н. А. «Атлас-определитель рыб»), которых разместили в садках по 5000 шт. со средним весом  $1200 \pm 70$  г. Определяли его путем взвешивания 20 особей в пяти повторах на платформенных весах ВСП-5КС с погрешностью измерений  $\pm 10$  г. Погрешность на воду и слизь составляла 2%. Группы по среднему весу достоверно не различались по шкале Стьюдента. Подсчет и перенос особей осуществлялся вручную. Плотность посадки рыб не превышала 12 особей на  $1 \text{ м}^3$ . После переноса контрольной группе присвоили шифр 1.1К, опытной — 1.2ХФ.

До начала эксперимента было проведено вскрытие особей из обеих групп. Как показали результаты лабораторных анализов, отклонений в состоянии органов и наличия инфекций не выявлено. В этот предварительный период рыбам обеих групп скармливали корм контрольной группы.

Комбикорм для радужной форели в опытной группе, получаемый ею во время эксперимента, имел гранулы такого же размера, что и в контроле, но отличался от него содержанием хлореллы, гуминовых и фульвовых кислот. Показатели питательности хлореллы приведены в таблице 1, опытного и контрольного комбикорма — в таблице 2.

В качестве комплекса гуминовых и фульвовых кислот применялась добавка Фульват (ООО «Судиславль-Торф»). Она производится из низинного торфа и содержит 10,5% фульвовых и 62,5% гуминовых кислот. Симбиоз микроорганизмов и ферментов из низинного торфа, усиленный фульвовыми кислотами, образует защитную пленку на слизистой внутренних органов, которая препятствует попаданию патогенов внутрь организма и повышает активность пищеварительных ферментов. Благодаря наличию целлюлозоразлагающих ферментов добавка способствует улучшению усвоения клетчатки.

Эффективность использования кормов оценивали по изменению значений веса рыб, экономической целесообразности и сохранности поголовья. Экономическую эффективность выращивания радужной форели рассчитывали по методике, предложенной МСХ СССР и ВАСХНИЛ (1983). При этом учитывали себестоимость кормов: для форели контрольной группы (1.1К) она составляла 149 000 руб. за 1 т, опытной группы (1.2ХФ) — 156 000 руб.

В течение всего эксперимента рыбу кормили в соответствии с едиными кормовыми таблицами, в зависимости

от температуры воды; корректировалось оно исходя из содержания растворенного в воде кислорода. Измерения проводили с использованием оксиметра Milwaukee MW605 MAX и электронного термометра ТП700 с погрешностью измерений  $1^{\circ}\text{C}$ . В таблице 3 представлены данные о применяемых в опыте нормах кормления в зависимости от массы рыб и температуры воды.

Радужная форель получала корм дважды в день, при этом рацион в равных долях делился на вечернее и утреннее кормление. Объемы внесения корма в учетные дни приведены на рисунке 1. Изображенный на нем резкий рост потребления корма (свыше 100 кг) связан с невозможностью внесения данных в определенные дни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперимент можно условно разделить на два периода: первые 50 суток, когда значения температуры воды не превышали  $16,5^{\circ}\text{C}$ , и последующие 40 суток, когда она была выше  $16,5^{\circ}\text{C}$ . В первом условном периоде (на 45-е сутки) эффективность корма с добавлением хлореллы и Фульваты несущественно превышала таковую в контроле. Вес одной особи рыб за этот период увеличился в среднем на  $400 \pm 20$  г в контрольной группе и на  $440 \pm 20$  г в опытной. Спустя 45 дней учетного периода форель опытной группы начала потреблять больше корма, что связано с увеличением среднего веса относительно группы контроля. В конце эксперимента темпы прироста массы тела в опытной группе показали значительное увеличение по сравнению с контрольной группой — на 13,2%.

При анализе линейных значений прироста в обеих группах установлено, что до 26 июня он находился в зоне незначимости данных ( $P \leq 95\%$ ), следовательно, для этих дат прирост в опытной группе достоверно не отличался от контрольной группы. Однако в процессе эксперимента данные о выборке по шкале перешли в зону неопределенности, начиная с 15 июля ( $P \geq 95\%$ ). Под конец они достигли зоны значимости ( $P \geq 99\%$ ), поэтому о получении положительных достоверных данных можно судить по эффективности применения хлореллы в комплексе с фульвовыми и гуминовыми кислотами в кормах для радужной форели.

На протяжении всего эксперимента рыбы обеих групп демонстрировали подвижность, нормальную реакцию на внешние раздражители и высокую активность по потреблению кормов. При их осмотре ухудшения экстерьерных качеств не обнаружено, плавники и кожные покровы не были нарушены. Жабры имели алый цвет без следов

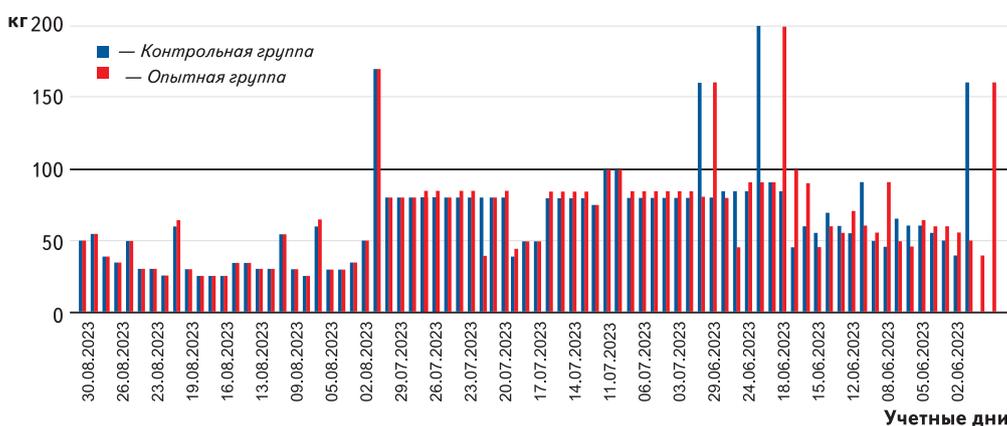


Рис. 1. Объемы внесения корма в учетные дни

гиперплазии и других патологий. Для проверки влияния кормов на организм рыб проводили их ихтиопатологическое вскрытие на 10-й, 45-й и последний день эксперимента (по рек. Щербина, Гамыгин, 2006; по рек. Складов, 2008) путем отсечения стенки брюшной полости и жаберной крышки (по рук. Чернышева) у 10 особей (по 5 экз. из каждого варианта). Элементы процесса вскрытия на конец эксперимента показаны на рисунке 2.

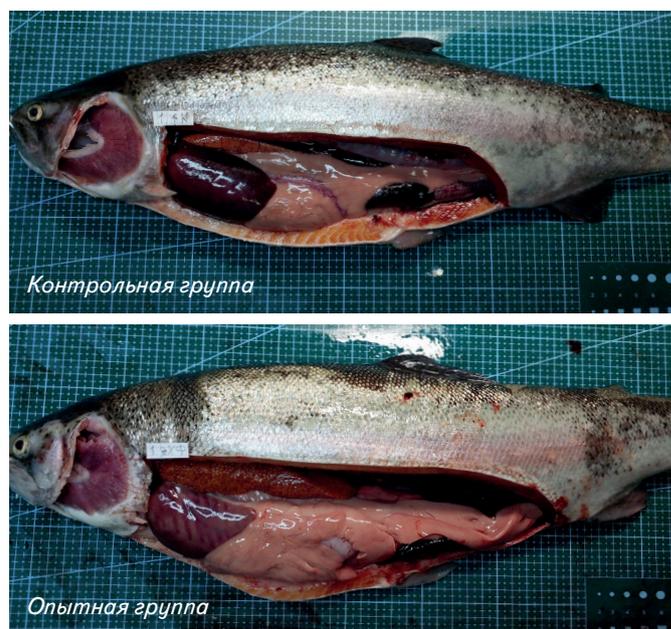


Рис. 2. Элементы исследования патологии внутренних органов

Как свидетельствуют результаты вскрытия рыб обеих групп, печень была наполнена кровью и имела нормальную цветность; нарушений функционирования желчного пузыря и желчных протоков не выявлено; ЖКТ спустя два дня после кормления был без остатков корма. Во всех образцах почек и селезенки не наблюдалось посторонних вкраплений, плотность структуры не нарушена. Обводненность почки отсутствовала во всех повторях вскрытий. По отношению

к общему весу рыбы масса органов (порки) варьировалась в нормальных весовых пределах (13,5–17% от веса рыбы с органами).

Однако по цвету филе радужной форели опытной группы отличалось от контрольной группы: по градиентной шкале Roche SalmoFun он был на 4 пункта выше и находился на отметках 32–33 пункта. Такой результат при одинаковом содержании астаксантина в корме достигается благодаря наличию одноцепочечных и двуцепочечных комплексов каротиноидов в хлорелле, которые в итоге улучшили окраску филе. Кроме того, комплекс гуминовых и фульвовых кислот поспособствовал повышению переваривания трудноусвояемых компонентов, таких как кровяная мука и кукурузный глютен. ЖКТ у особой опытной группы находился в более здоровом состоянии, без посторонних вкраплений и воспалительных процессов.

Также при исследованиях у рыб в обеих группах не обнаружено экто- и эндопаразитов. Клиническая картина инфекционных заболеваний (язвы, экссудат во внутренней полости, вкрапления в органах и тканях, очаги воспалений, кровоизлияния, анемия, экзофтальмия и др.) отсутствовала. Стоит отметить, что за весь период эксперимента отход в группе контроля составил 67 рыб, в опытной группе — 44 шт. Эти значения достоверно различались ( $P \geq 99\%$ ). Очевидно, меньший отход в опытной группе связан с использованием изучаемых компонентов, в том числе кормовой добавки Фульват, обладающих антибактериальным ингибирующим действием.

Экономическую эффективность применения хлореллы в комплексе с гуминовыми и фульвовыми кислотами определяли по коэффициенту оплаты корма продукцией, который ниже кормового коэффициента на 3–5%. Необходимо указать, что такие параметры, как вымывание корма течением и технические потери во время ручного кормления, в нашем эксперименте отдельно не учитывались, поскольку используемый коэффициент включает данные потери. Коэффициент оплаты корма (ОК) вычисляли по формуле:

$$OK = \frac{\text{Масса использованного корма, кг}}{\text{Прирост биомассы, кг}}$$

Исходя из темпов массонакопления, по среднему, начальному и конечному весу в садке и количеству потребленного корма были рассчитаны кормовые коэффициенты: для контрольной группы — 1,22–1,26, для опытной — 1,04–1,08.

С учетом стоимости 1 т комбикорма была вычислена стоимость набора 1 кг биомассы для рыб каждой группы: для контрольной она составила 159,1 руб./кг, для опытной — 143,5 руб./кг. Стоимость корма для форели опытной группы была на 4,69% выше таковой в контрольной группе (из-за высокой стоимости хлореллы). Но поскольку итоговый прирост биомассы в группе, где применялись хлорелла, фульвовые и гуминовые кислоты, превышал на 34,78% контрольные значения (в контроле — 690 ± 10 г,

в опытной группе — 930 ± 10 г), экспериментальный корм показал большую на 30,09% эффективность, чем контрольный.

## ВЫВОДЫ

- Хлорелла в комплексе с Фульватом не оказывает негативного влияния на рост и развитие радужной форели, обладает укрепляющим воздействием на ее организм, способствует улучшению окраски филе.
- Наибольшую эффективность комбикорм с хлореллой в виде порошка и комплексом фульвовых и гуминовых кислот демонстрирует во время коммерческого кормления при температуре воды выше 16,5°C.
- Несмотря на более высокую стоимость экспериментального комбикорма, на которую повлияла цена хлореллы, он был эффективнее, что обеспечило более низкую стоимость массонакопления.

### Литература

1. Козлова, Т. В. Выращивание молоди клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell) с применением комбикормов, содержащих суспензию хлореллы и жмыхи масличных культур / Т. В. Козлова, А. И. Козлов, Н. П. Дмитриевич [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство : научно-практический журнал. — 2021. — № 9. — С. 50–63.
2. Данилова, А. А. Экспериментальное обоснование применения традиционных добавок в кормлении птицы / А. А. Данилова, Н. А. Юрина, Н. Д. Лабутина и др. // Молодежь и наука XXI века: матер. междунар. конф. — Ульяновск, 2018. — С. 33–36.
3. Дмитриевич, Н. П. Значение водорослей в производстве кормов для рыб и аквакультуре / Н. П. Дмитриевич // Научный потенциал молодежи — будущему Беларуси : материалы XI междунар. молодежн. науч.-практ. конф., Пинск, 7 апр. 2017 г. / Полес. гос. ун-т; ред.: К. К. Шебеко [и др.]. — Пинск, 2017. — Ч. 1. — С. 286–288.
4. Жиенбаева, С. Т. Использование нетрадиционного сырья в комбикормах для прудовых рыб [Электронный ресурс] / С. Т. Жиенбаева, А. М. Ермаканова // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные научные исследования и разработки» (Modern Research and Development). — Нефтекамск, 2019. — С. 30–37.
5. Корсаков, К. В. Использование добавки на основе гуминовых кислот / К. В. Корсаков, А. А. Васильев, С. П. Москале / Птицеводство. — 2018. — № 5. — С. 22–25.
6. Козлов, А. И. Выращивание молоди ценных видов рыб с использованием суспензии хлореллы: рекомендации / А. И. Козлов, Т. В. Козлова, Н. П. Дмитриевич, Е. В. Нестерук. — Гродно: ГГАУ, 2019 г. — 16 с.
7. Осепахук, Д. В. Использование добавки на основе гуминовых и фульвовых кислот в кормлении птицы / Осепахук Д. В., Лабутина Н. Д. [и др.] // Сборник научных трудов КНЦЗВ. — 2022. — Т.11 — № 2. — С. 34–37.
8. Юрина, Н. А. Природный кормовой ингредиент / Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Аграрный вестник Верхневолжья. — 2018. — № 4 (25). — С. 59–64.

### Literature

1. Growing of juvenile clarias catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) with the use of compound feeds containing a suspension of chlorella and oilcake / T. V. Kozlova, A. I. Kozlov, N. P. Dmitrovich [et al.] // Fish farming and fisheries : scientific and practical journal. — 2021. — № 9. — pp. 50–63
2. Danilova A. A., Yurina N. A., Labutina N. D. and others. Experimental substantiation of the use of traditional additives in poultry feeding / A. A. Danilova, N. A. Yurina, N. D. Labutina, etc. // Youth and science of the XXI century: mater. International Conference — Ulyanovsk, 2018. — pp. 33–36.
3. Dmitrovich, N. P. The importance of algae in the production of fish feed and aquaculture / N. P. Dmitrovich // Scientific potential of youth — the future of Belarus : materials of the XI International youth science. — practical conference, Pinsk, April 7, 2017 / Polesie State University; ed.: K. K. Shebeko [et al.]. — Pinsk, 2017. — Part 1. — pp. 286–288.
4. Zhenbayeva S. T. The use of unconventional raw materials in compound feeds for pond fish [Electronic resource] / S. T. Zhenbayeva, A. M. Ermukanova // Materials of the International Scientific and Technical Conference «Modern Research and Development» (Modern Research and Development). — Neftekamsk, 2019. — pp. 30–37.
5. Korsakov, K. V. The use of additives based on humic acids / K. V. Korsakov, A. A. Vasiliev, S. P. Moskale / Ptitsevodstvo. — 2018. — № 5. — pp. 22–25.
6. Kozlov, A. I. Rearing of juveniles of valuable fish species using chlorella suspension: recommendations / A. I. Kozlov, T. V. Kozlova, N. P. Dmitrovich, E. V. Nesteruk. — Grodno: GGAU, 2019. — 16 p.
7. Osepchuk D. V. et al. The use of additives based on humic and fulvic acids in poultry feeding / Osepchuk D. V., Labutina N. D., Collection of scientific papers of KNCZV — 2022. — Vol. 11 — № 2. — pp. 34–37.
8. Yurina N. A., Maxim E. A. Natural feed ingredient / N. A. Yurina, E. A. Maxim // Agrarian Bulletin of the Upper Volga region. — 2018. — № 4 (25). — pp. 59–64. ■