

**Комплексное использование спирулины  
(*Arthrospira platensis*), гуминовых и фульвовых кислот  
в составе комбикорма для радужной форели  
(*Oncorhynchus mykiss*)**

**The complex use of spirulina (*Arthrospira platensis*), humic  
and fulvic acids in the compound feed for rainbow  
trout (*Oncorhynchus mykiss*)**

Аспирант Ю.А. Кучихин,  
МГУТУ им. К.Г. Разумовского, институт биотехнологий и рыбного хозяйства,  
KuchihinYA@melkom.ru  
директор Е.А. Размочаев  
ООО «АгроАльянсРазвития», НТЦ разработки и внедрения новых технологий кормле-  
ния, RazmochaevEA@melkom.ru

Graduate student Yu.A. Kuchikhin,  
MGUTU named after K.G. Razumovsky, Institute of Biotechnology and Fisheries,  
KuchihinYA@melkom.ru  
Director E.A. Razmochaev  
Agroalliance Development LLC, NTC for the development and implementation  
of new feeding technologies, RazmochaevEA@melkom.ru

*Аннотация.* Комплексное использование спирулины, гуминовых и фульвовых кислот в составе комбикорма для форели позволило увеличить темп роста трехлеток радужной форели, оказать положительное влияние на физиологическое состояние рыб, улучшив потребительские свойства, и в целом повысить экономический эффект от применения комбикорма при выращивании форели.

*Abstract.* The complex use of spirulina, humic and fulvic acids in the composition of trout feed has allowed to increase the growth rate of three-year-old rainbow trout, to have a positive effect on the physiological state of fish, improving consumer properties, and in general to increase the economic effect of the use of compound feed in trout cultivation.

*Ключевые слова:* радужная форель, спирулина, гуминовые кислоты, фульвовые кислоты, аквакультура, кормление, садковое хозяйство, Ладожское озеро

*Keywords:* rainbow trout, spirulina, humic acids, fulvic acids, aquaculture, feeding, cage farming, Lake Ladoga

В разных странах производственные затраты на выращивание форели, связанные с кормлением при интенсивном коммерческом росте, составляют 50–60 % всех производственных затрат. Поэтому необходимо, чтобы кормление рыб дало высокий экономический эффект. [3]. В настоящее время в связи с высокой интенсификацией товарной аквакультуры увеличиваются издержки на производство товарной рыбы, и, как следствие ее стоимость для потребителя. При реализации технологии выращивания форели наиболее дорогостоящим является кормление полноценными комбикормами, затраты на которые, порой превышают 50 % от всех производственных расходов. В связи с этим комбикормовые предприятия вынуждены осуществлять поиск доступных высокоэффективных компонентов для производства



комбикормов, позволяющих обеспечить организм рыбы необходимыми питательными и биологически-активными веществами. Такими компонентами являются спирулина, гуминовые и фульвовые кислоты.

Перспективным компонентом в составе кормов для рыб является спирулина, в сухом веществе которой содержится до 70 % протеина и необходимые для организма рыб микроэлементы – калий, магний, железо. В последние годы в связи с проблемой обеспечения производства кормов для аквакультуры рыбной мукой наблюдается высокий интерес к выскобелковым компонентам растительного происхождения. Проведены исследования по применению спирулины в кормлении раков (Пономев А.К., 2003), молоди трепанга [6]. Однако работы по использованию сухой биомассы спирулины в кормлении ценных видов рыб единичны.

Дополнительными источниками аминокислот и микроэлементов в кормах для аквакультуры являются гуминовые и фульвовые кислоты. Кроме того, выращивание рыбы в промышленных условиях предполагает наличие высоких плотностей посадки, что способствует развитию патогенной микрофлоры, вызывающей развитие заболеваний. Органические кислоты в составе используемой добавки обладают ингибирующими свойствами против патогенных бактерий, включая *E. coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens*, бактерий рода *Pseiidomonas* и *Streptococcus*, и, следовательно, могут использоваться в качестве альтернативы антибиотикам [7].

Цель исследования - оценка эффективности скармливания комплексной добавки сухой биомассы спирулины и комплекса гуминовых и фульвовых кислот трехлеткам радужной форели в условиях садкового выращивания в акватории Ладожского озера.

Исследования выполнялись в условиях рыбоводного предприятия ООО «Ладожская форель» (Республика Карелия). В качестве объекта в исследованиях использовали трехлеток радужной форели средней массой 1 000 г. Выращивание рыбы проводили в садках размером 12,7 м<sup>2</sup>, установленных в акватории Ладожского озера. Плотность посадки форели составляла 12 шт/м<sup>3</sup>.

Для эксперимента было отобрано 10 000 особей радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), которые были разделены на 2 группы: опыт и контроль. Кормление рыб осуществляли вручную дважды в день. Суточный рацион рассчитывали в зависимости от биомассы и температуры воды по специальным кормовым таблицам.

Кормление рыб осуществляли с применением комбикорма торговой марки «Aquaгex» производства ОАО «Мелькомбинат», г. Тверь.

Измерения проводились с использованием оксиметра Milwaukee MW605 MAX и электронного термометра ТП700 с погрешностью измерений в 1 °С.

Перед началом эксперимента обе группы рыб кормили кормом группы контроля. Комбикорма группы опыта произведены на основе кормов группы контроля для максимальной достоверности полученных данных.

Средний вес определяли на платформенных весах ВСП-5КС с погрешностью измерений +/- 10 г. Средний вес определяли по завешиванию 20 особей в 5 повторов. В качестве погрешности на воду и слизь брали 2 %.

По изначальному регламенту были запланированы вскрытия рыб на 10, 45 и последний день проведения эксперимента. Вскрытие производили с отсечением стенки брюшной полости и жаберной крышки (по рук. Чернышева).

Показатели эффективности оценивали по изменениям роста весовых значений рыб, экономической целесообразности и сохранности поголовья. Экономическая эффективность выращивания Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) рассчитана по методике, предложенной МСХ СССР и ВАСХНИЛ (1983). Длительность эксперимента составила 90 сут. Результаты подвергали статистической обработке по Г.Ф. Лакину (1990) с применением программы Microsoft Office Excel.

В качестве комплекса гуминовых и фульвовых кислот применялась добавка Фульват, производимая компанией ООО «Судиславль-Торф». Добавка производится



из низинного торфа и содержит фульвовых кислот 10,5 % и гуминовых кислот 62,5 %. Симбиоз микроорганизмов и ферментов из низинного торфа, усиленные фульвовыми кислотами, в составе используемой добавки образует защитную пленку на слизистой внутренних органов, которая препятствует попаданию патогенов внутрь организма и усиливает действие пищеварительных ферментов. Благодаря наличию целлюлозоразлагающих ферментов добавка способствует повышению усвоения клетчатки.

Для производства комбикормов группы опыта применялись порошковая спирулина. Показатели качества спирулины приведены в табл. 1:

Таблица 1

**Показатели качества порошковой хлореллы, в %**

Показатель	Значение, %
Влажность	7
Сырой протеин	65
Сырой жир	8
Сырая зола	7,5
Сырая клетчатка	6,3

Сравнение показателей качества комбикормов для группы и опыта представлено в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнение показателей кормов контроля и опыта, в %**

Показатель качества	Контроль	Опыт
Влажность	6,44	6,53
Сырой протеин	44,00	44
Сырой жир	23,00	23
Сырая клетчатка	1,29	1,24
Сырая зола	5,34	5,42
Лизин	3,23	3,18
Метионин	0,82	0,81
Треонин	1,80	1,84
Аргинин	2,2	2,19
Изолейцин	1,50	1,49
Валин	2,29	2,26
Гистидин	1,27	1,29
Са	1,3	1,34
Р	1,1	1,12

Как видно из табл. 2 произведенные корма для кормления групп имеют незначительные отклонения по влажности, что связано с особенностями производственной линии сушки гранул после экструдера. Основные показатели комбикорма, такие как протеин и жир, одинаковы, вследствие этого энергетическая составляющая корма идентичная – улучшение ростовых характеристик не может произойти из-за более энергоемкого комбикорма. Аминокислотный профиль по большинству аминокислот незначительно выше в кормах группы контроля, однако показатели кальция и фосфора выше в корме опыта, что делает его более эффективным при финишном откорме рыб.

Кормление осуществляли дважды в день, при этом рацион в равных долях делился на вечернее и утреннее кормление.

По завершению эксперимента ихтиопатологическое вскрытие проводили на 10 экземплярах (по 5 экз. из каждого варианта). Оценку состояния здоровья рыб осуществлялась клинически и патологоанатомически (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Вскрытия группы контроля



Рис. 2. Вскрытия группы опыта

Как видно из рис. 1 и 2, группе контроля и опыта присвоены номера 1.1К и 1.3СФ. Это связано с проведением нескольких экспериментов на одной садковой линии. Как показано на рис. 2, особи группы опыта набирают больше абдоминального жира, чем особи группы контроля, что будет способствовать меньшим потерям в случае перевода рыб на зимовку.

На протяжении всего эксперимента рыбы в группе контроля и опыта демонстрировали подвижность, нормальную реакцию на внешние раздражители. Реакция на раздачу корма активная, рыба реагировала на гранулы и активно потребляла их.

В ходе исследования экто- и эндопаразитов обнаружено не было. Клиническая картина инфекционных заболеваний (язвы, экссудат во внутренней полости, вкрапления в органах и тканях, очаги воспалений, кровоизлияния, анемия, блеклость печени, экзофтальмия и др.) отсутствовала.

У рыб контрольной и опытной группы экстерьерные качества не нарушены. Плавники и кожные покровы без нарушений. Жабры алого цвета без следов гиперплазии и других нарушений. Печень наполнена кровью, нарушений функционирования желчного пузыря и желчных протоков не выявлено, цветность печени в норме. ЖКТ спустя 2 дня перерыва кормления без остатков корма.

Образцы почки и селезенки во всех группах не имели посторонних вкраплений, плотность структуры не нарушена. Обводненность почки отсутствует во всех повторях вскрытий.

Во время эксперимента смертность с группы контроля составил 1,34 %, в то время как в группе опыта 1,06 % шт. Данные суммы отхода в процессе эксперимента находятся в зоне незначимости по критериям Стьюдента ( $P \geq 95\%$ ). Стоит отметить, что используемый компонент в эксперименте имеет антибактериальное ингибирующее действие (Фульват ингибирует бактериальную флору).

Стоит отметить, что цвет филе опытной группы по градиентной шкале Roche SalmoFun был на 4 пункта выше, чем в группе контроля, и находился на отметках 32-33 пункта. Такой результат при одинаковом содержании астаксантина в корме достигается в связи с наличием одноцепочечных и двуцепочечных комплексов каротиноидов в хлорелле, которые по итогу улучшили окраску филе. Кроме того, комплекс гуминовых и фульвовых кислот поспособствовал улучшению переваривания



сложноусвояемых компонентов, таких как кровяная мука и кукурузный глютен. ЖКТ у особой опытной группы находился в более здоровом состоянии, без посторонних вкраплений и воспалительных процессов.

Для определения экономической эффективности применения порошка хлореллы в комплексе с гуминовыми и фульвовыми кислотами использовался коэффициент оплаты корма, который ниже кормового коэффициента на 3-5 %. Следует отметить, что такие параметры, как вымывание корма течением и технические потери во время ручного кормления, в данном эксперименте отдельно не учитывались, так как используемый коэффициент включает данные потери. Коэффициент оплаты корма вычисляется по формуле:

$$\text{ОК} = (\text{Масса использованного корма, кг}) / (\text{Прирост биомассы, кг})$$

Исходя из темпов массонакопления по среднему весу, начальному и конечному весу в садке и использованному корму можно вывести кормовой коэффициент, который составляет: для группы контроля – 1,22 – 1,26, для группы опыта – 0,88 – 0,92 (табл. 3).

Таблица 3

**Рыбоводно-биологические показатели групп контроля и опыта**

Показатель	Контроль	Опыт
Масса начальная, г	1189±40	1210±60
Масса конечная, г	1879±110	2220±90
Абсолютный прирост, г	690	1010
Среднесуточный прирост, г	7,66	11,22
Кормовой коэффициент, ед.	1,22 – 1,26	0,88 – 0,92
Выживаемость, %	98.66	98.94
Продолжительность эксперимента, сут	90	90

Сравнение темпов роста показало значительное увеличение прироста опытной группы по сравнению с контрольной. По итогам контрольного взвешивания на финал эксперимента средний вес в опытной группе был на 32,3 % больше, чем в группе контроля, при этом изначальный средний вес в группе опыта был ниже контроля. Выживаемость в группе опыта была выше, чем в группе контроля. При анализе линейных значений прироста в опытной и контрольной группе по критерию Стьюдента прирост на все протяжении эксперимента находился в зоне значимости ( $P \geq 99\%$ ) следовательно, можно судить о получении положительных достоверных данных по эффективности применения спирулины в комплексе с фульвовыми и гуминовыми кислотами в кормах для радужной форели.

Себестоимость корма составляет: 1.1К – 149 000 р за тонну, 1.3СФ – 153 000 р за т. Стоимость комбикормов приведена вследствие необходимости определения экономической эффективности применения комбикорма.

Исходя из стоимости корма за тонну можно вычислить стоимость набора 1 кг биомассы для каждой группы. В группе контроля стоимость набора одного килограмма биомассы составляет 159,1 р/кг, в группе опыта стоимость составляла 137,7 р/кг. Стоимость корма с внедрением порошка Хлореллы и комплекса Фульвовых и Гуминовых кислот выходит на 2,68 % выше стоимости обычного корма вследствие высокой стоимости спирулины, но поскольку итоговый прирост биомассы с данного корма выше на 46,37 % (прирост за учетный период контроля по среднему 690 г, опыта 1 010 г), то экспериментальный корм показал эффективность выше на 43,69 % чем контрольный.

Проведенное исследование позволило подтвердить эффективность применения порошковой спирулины в комплексе с гуминовыми и фульвовыми кислотами. Подводя итог можно сформулировать следующие выводы:

1. Спирулина в комплексе с Фульватом не оказывает негативного влияния на рост и развитие Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), оказывает укрепляющее воздействие на организм и способствует улучшению окраски филе.



2. Применение комбикорма с порошком хлореллы и комплекса фульвовых и гуминовых кислот эффективно вне зависимости от разброса температурного режима в нормальных пределах разведения форели.

3. Несмотря на более высокую стоимость комбикорма с хлореллой из-за высокой цены на данное сырье, стоимость массонакопления выходит ниже в связи с высокой эффективностью данного комбикорма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилова А.А., Юрина А.Н., Лабутина Н.Д. и др. 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.

2. Дмитривич, Н.П. Значение водорослей в производстве кормов для рыб и аквакультуре / Н.П. Дмитривич // 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.

3. Жиенбаева С.Т. Использование нетрадиционного сырья в комбикормах для прудовых рыб [Электронный ресурс] / С.Т. Жиенбаева, А. М. Ермуканова // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные научные исследования и разработки» (Modern Research and Development). — Нефтекамск, 2019. — С.30-37.

4. Корсаков, К.В. Использование добавки на основе гуминовых кислот / К.В. Корсаков, А.А. Васильев, С.П. Москале

5. Оsepчук Д.В. и др. Использование добавки на основе гуминовых и фульвовых кислот в кормлении птицы / Оsepчук Д.В., Лабутина Н.Д., Сборник научных трудов КНЦЗВ – 2022. – Т.11 - №2. С 34 – 37.

6. Патент RU 2776793, 26.07.2022. Способ кормления молоди трепанга // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ФГБОУ ВО "Дальрыбвтуз") / Политаева А.А.

7. Юрина Н.А., Максим Е.А. Природный кормовой ингредиент / Н.А. Юрина, Е.А. Максим // Аграрный вестник Верхневолжья. -2018. -№ 4 (25). -С. 59-64.

#### REFERENCES

1. Danilova A.A., Yurina A.N., 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.

2. 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 XIX Century. youth science.- practical conference, Pinsk, April 7, 2017 / Polesie State University; ed.: K. K. Shebeko [et al.]. - Pinsk, 2017. – Part 1. – pp. 286-288.

3. Zhiembayeva S.T. The use of unconventional raw materials in compound feeds for pond fish [Electronic resource] / S.T. Zhiembayeva, A.M. Ermukanova // Materials of the International Scientific and Technical Conference "Modern scientific research and Development" (Modern Research and Development). — Neftekamsk, 2019. — pp.30-37.

4. Korsakov, K.V. The use of additives based on humic acids / K.V. Korsakov, A.A. Vasiliev, S.P. Moskales

5. 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 - No. 2. From 34 – 37.

6. Patent RU 2776793, 26.07.2022. Method of feeding young trepang // Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Far Eastern State Technical Fisheries University (FGBOU VO "Dalrybvtuz") / Politaeva A.A.

7. 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.