

DOI 10.25741/2413-287X-2023-09-3-204

УДК 639.3.043.2

# БЕЛКОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ В СТАРТОВЫХ КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ФОРЕЛИ

**Р. АРТЕМОВ, М. АРНАУТОВ, В. ГЕРШУНСКАЯ**, кандидаты тех. наук, **Ю. НОВОСЕЛОВА**,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ВНИРО)  
E-mail: artemov@vniro.ru

*С учетом физиологической потребности радужной форели смоделированы рецепты комбикормов с заменой до 25% рыбной муки на концентрат личинки черной львинки. Согласно результатам рыбоводно-биологических испытаний частичная замена в комбикорме рыбной муки на белковый концентрат Гермеция оказала положительное влияние на ростовые показатели и выживаемость ранней молоди форели и не отразилась на химическом составе мышечной ткани.*

Ключевые слова: муха черная львинка, белковый концентрат, стартовые комбикорма, молодь форели.

*Diets with the replacement of up to 25% of fish meal with black soldier fly larvae concentrate are designed in accordance with the physiological requirements of rainbow trout. According to the results of feeding trial, the partial replacement of fish meal with the protein concentrate *Hermetia* had a positive effect on the growth and survival rates of early trout juveniles and did not affect the chemical composition of muscle tissue.*

Keywords: black soldier fly, protein concentrate, starter feed, trout fry.

## ВВЕДЕНИЕ

Успешное развитие индустриальной аквакультуры во многом связано с применением комбикормов, сбалансированных по всем питательным и биологически активным веществам, а также специализированных для отдельных видов рыб и технологий выращивания. Увеличению производства комбикормов для аквакультуры в России препятствует ряд факторов, и на первом месте — недостаток качественных кормовых компонентов, прежде всего высокопротеиновой рыбной муки [1]. Хорошей альтернативой ей может стать белковая мука из насекомых. Она практически не имеет антипитательных факторов, богата незаменимыми аминокислотами, в частности лизином, метионином и лейцином, а состав жирных кислот возможно модифицировать, выбирая подходящие субстраты для выращивания насекомых [3].

Особый интерес среди всего многообразия насекомых, используемых для питания животных и рыб, привлекают личинки и куколки мухи *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae), которую еще называют черная львинка. В комбикормах используется преимущественно мука или концентрат из личинок черной львинки в виде мелкоизмельченной высушенной биомассы [4]. Согласно многочисленным исследованиям данная мука имеет аминокислотный состав сходный с усредненным аминокислотным составом рыбной муки. Как потенциальный источник белка и эссенциальных аминокислот, липидов, специфических жирных кислот и даже функциональных молекул мука из личинок черной львинки хорошо заре-

комендовала себя в качестве альтернативы рыбной муки в производственных кормах для объектов аквакультуры. Частичная замена рыбной муки мукой из личинок черной львинки была успешно протестирована на различных видах рыб, включая радужную форель [4; 6; 8].

Однако до сих пор не изучена возможность использования муки черной львинки в стартовых кормах для личинок и ранней молоди форели, отличающейся потребностями в нутриентах, несовершенным развитием пищеварительной и ферментной систем от более крупной рыбы, на которой уже проведены рыбоводные испытания как в нашей стране, так и за рубежом. В связи с этим целью настоящего исследования стала разработка рецептов стартовых комбикормов с содержанием сухого концентрата из личинки черной львинки для ранней молоди радужной форели, выращиваемой в условиях УЗВ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Стартовые комбикорма вырабатывали на опытно-производственной линии Amandus Kahl в условиях цеха по производству экструдированных кормов Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ). Рыбную муку в рецептах опытных комбикормов заменяли белковым концентратом Гермеция в количестве 15%, 20 и 25% и присваивали им соответствующие шифры — КФС 15, КФС 20 и КФС 25. В качестве контроля служили: аналогичный им по рецепту комбикорм КФС 0,

Таблица 1. Химический состав стартовых комбикормов

Шифр комбикорма	Содержание, %						Валовая энергия, МДж/кг
	влаги	сырого протеина	сырого жира	БЭВ	сырой золы	сырой клетчатки	
Контроль	6,53 ± 0,03	57,09 ± 0,21	14,51 ± 0,05	11,23 ± 0,02	10,10 ± 0,06	0,54 ± 0,01	21,4
КФС 0	6,60 ± 0,02	55,66 ± 0,25	14,83 ± 0,06	13,07 ± 0,01	9,39 ± 0,10	0,45 ± 0,03	21,5
КФС 15	5,70 ± 0,01	54,61 ± 0,14	13,61 ± 0,06	15,15 ± 0,01	9,95 ± 0,07	0,98 ± 0,04	21,1
КФС 20	6,20 ± 0,03	54,75 ± 0,19	13,16 ± 0,11	15,07 ± 0,02	9,71 ± 0,04	1,11 ± 0,04	20,9
КФС 25	5,38 ± 0,02	54,93 ± 0,08	13,59 ± 0,09	15,29 ± 0,03	9,55 ± 0,01	1,26 ± 0,03	21,2

но без замены рыбной муки, и коммерческий корм Иницио Плюс европейского производителя «БиоМар». Рецепты балансировали с помощью компьютерной программы «Оптим Эксперт» с учетом аналитических данных о питательной и кормовой ценности компонентов. Химический состав комбикормов анализировали стандартными методами. Аминокислотный состав белков определяли с помощью автоматического аминокислотного анализатора Aracus (MembraPure) методом постколоночной дериватизации нингидрином с фотометрическим детектированием на 440 и 570 нм. Жирнокислотный состав липидов анализировали на хроматографе «Кристалл 5000.2» (серия «Хроматэк») с применением капиллярной колонки CR-FAME 100 м × 0,25 мм × 0,2 мкм.

Личинок форели со средней начальной массой 0,7 г рассаживали по 2700 шт. в прямоугольные бассейны объемом 0,4 м<sup>3</sup>. В период исследования температура воды в рыбоводных емкостях составляла в среднем 15,5°C, содержание растворенного в ней кислорода — 9,3 мг О<sub>2</sub>/л. Расход воды был на уровне 17,1 л/мин при полном водообмене за 23 мин. Корм задавали вручную с периодичностью 10 раз в сутки, его суточные нормы составляли 5% от массы личинок рыб. Эксперимент проводили в двух повторностях в течение 30 суток.

Темпы роста устанавливали на основании результатов контрольных обловов и взвешивания 100 экземпляров из каждого варианта [5]. Абсолютный прирост вычисляли по разности между начальной и конечной массой рыб. Удельную скорость роста ( $C_w$ , %) рассчитывали по формуле:

$$C_w = \frac{\ln M_t - \ln M_0}{t} \cdot 100\%,$$

где  $M_0$ ,  $M_t$  — средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г;  $t$  — количество суток.

Выживаемость выражали в процентах от общего количества наблюдаемых рыб. Кормовые затраты (кормовой коэффициент) определяли путем вычисления отношения количества затраченного корма на прирост молоди с учетом ее отхода за весь период выращивания [7].

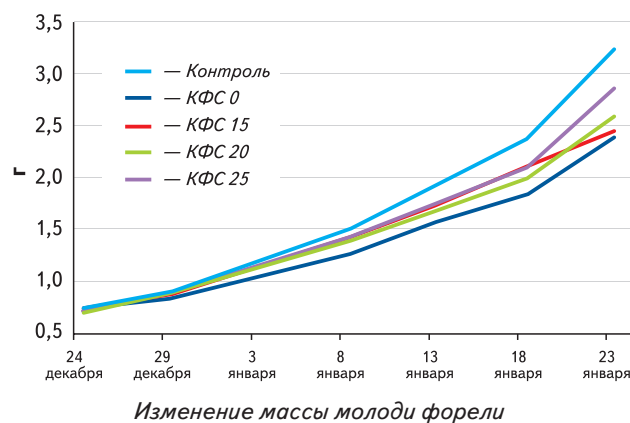
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В белковом концентрате содержалось 57,5% сырого протеина, 9,53% сырого жира, 8,71% хитина. Среди незаме-

нимых аминокислот преобладали лейцин (4,07%), валин (3,35%), гистидин (2,77%); содержание лизина (3,65%) и аргинина (2,86%) было несколько ниже, чем в рыбной муке (5,06 и 4,44%, соответственно). Отличительной характеристикой жирнокислотного состава концентрата является преобладание насыщенной лауриновой кислоты.

Химический состав опытных и контрольных кормов представлен в таблице 1. Опытные корма достоверно не различались между собой по всем показателям, кроме сырой клетчатки, уровень которой возрастал по мере увеличения содержания в рецепте белкового концентрата Германии. В контрольном корме по сравнению с опытными было больше сырого протеина и меньше безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ).

По аминокислотному составу белков и жирнокислотному составу липидов существенных различий не выявлено, за исключением количества насыщенных жирных кислот. Если в корме без белкового концентрата оно находилось на уровне 26%, то по мере повышения его дозировки содержание насыщенных жирных кислот за счет лауриновой кислоты в черной львинке увеличивалось с 30 до 33%.



На рисунке показано изменение индивидуальной массы молоди форели. Более интенсивный рост наблюдается у форели, получавшей корм европейского производителя и комбикорм с содержанием 25% концентрата Германии взамен рыбной муки. Медленнее росли рыбы на корме без замены рыбной муки. Обобщенные результаты рыбоводно-биологических испытаний стартовых комбикормов с добавлением белкового концентрата на молоди радужной форели приведены в таблице 2.

Таблица 2. Рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди радужной форели

Показатель	Шифр комбикорма				
	Контроль	КФС 0	КФС 15	КФС 20	КФС 25
Начальная масса, г	0,74 ± 0,02	0,73 ± 0,02	0,69 ± 0,01	0,69 ± 0,01	0,71 ± 0,01
Конечная масса, г	3,22 ± 0,06	2,38 ± 0,05	2,43 ± 0,04	2,56 ± 0,05	2,84 ± 0,05
Абсолютный прирост, г	2,48	1,65	1,74	1,87	2,13
Удельная скорость роста, %	4,90	3,94	4,20	4,37	4,62
Кормовые затраты	0,96	1,15	1,30	1,20	1,07
Выживаемость, %	88	95	94	95	92

Данные эксперимента свидетельствуют, что по мере увеличения уровня ввода белкового концентрата в комбикорма улучшались рыбоводные показатели выращивания форели. Высокие значения конечной массы и абсолютного прироста показала молодь форели, выращенная на комбикормах КФС 25 и европейского производителя при наименьших кормовых затратах. Минимальная конечная масса отмечена у молоди рыбы, получавшей корм без замены рыбной муки белковым концентратом.

Следует отметить, что все группы рыб отличались высокими показателями скорости роста. Она варьировала от 3,94 на корме КФС 0 до 4,90 на контрольном корме, что сопоставимо с литературными данными [2]. Кормовые затраты и контрольных, и опытных кормов соответствовали средним значениям для данной возрастной группы рыбы; наибольшие затраты на единицу прироста были при использовании КФС 15. Несмотря на лучшие ростовые показатели в контроле, выживаемость рыбы в нем была ниже по сравнению с другими группами (88% против 92–95%).

Результаты исследований позволили установить, что частичная замена в комбикорме для молоди форели рыбной муки концентратом личинки черной львинки не оказывает отрицательного влияния на рыбоводно-биологические показатели. Незначительное снижение ростовых показателей в сравнении с контролем предположительно связано с тем, что более высокий отход молоди в контрольной группе в условиях фиксированной нормы кормления способствовал получению большего количества корма каждой особью. В группах, где рыба выращивалась на комбикормах КФС, наблюдался низкий уровень смертности и более равномерный рост молоди, что свидетельствует о высоком кормовом эффекте белкового концентрата из черной львинки.

Таблица 3. Химический состав мышечной ткани молоди радужной форели

Шифр комбикорма	Содержание, %			
	влаги	белка	жира	зола
Контроль	74,67 ± 0,05	17,31 ± 0,11	6,35 ± 0,22	1,62 ± 0,05
КФС 0	74,92 ± 0,05	17,73 ± 0,11	5,64 ± 0,14	1,65 ± 0,03
КФС 15	75,05 ± 0,23	17,87 ± 0,33	4,95 ± 0,12	1,67 ± 0,04
КФС 20	74,99 ± 0,15	17,53 ± 0,14	5,52 ± 0,10	1,71 ± 0,06
КФС 25	75,10 ± 0,31	17,77 ± 0,09	5,17 ± 0,13	1,81 ± 0,04

Анализ химического состава мышечной ткани форели показал, что все группы по исследуемым показателям достоверно не различались (табл. 3).

### ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно заключить, что ввод до 25% концентрата личинки черной львинки в состав стартовых комбикормов для молоди радужной форели оказывает положительный рыбоводно-биологический эффект. Использование протеина личинок *Hermetia illucens* в рационе объектов индустриальной аквакультуры целесообразно и способствует увеличению объемов производства высококачественных отечественных комбикормов.

### Литература

1. Состояние и перспективы развития рынка комбикормов для индустриальной аквакультуры в Российской Федерации / Г. А. Волошин [и др.] // Труды ВНИРО. — 2022. — Т. 190. — С. 163–169. — DOI: 10.36038/2307-3497-2022-190-163-169.
2. Гамыгин, Е. А. Кормление лососевых рыб в индустриальной аквакультуре: автореф. дис. д-р биол. наук / Е. А. Гамыгин. — М., 1996. — 77 с.
3. Перспективность использования личинок черной львинки *Hermetia illucens* в кормах для объектов индустриальной аквакультуры / С. А. Лиман [и др.] // Достижения науки и техники АПК. — 2021. — Т. 35. — № 8. — С. 35–39. — DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_8\_35.
4. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 96 с.
5. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *Hermetia illucens* в рационе рыб / Н. А. Ушакова [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. — 2020. — № 3. — С. 293–300. — DOI: 10.31857/S0002332920030108.
6. Павлович, Г. Актуальность производства белка из биомассы личинок для товарной аквакультуры / Г. Павлович, В. Лебедев, И. Кузьмин // Комбикорма. — 2021. — № 5. — С. 12–14.
7. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — М.: ВНИРО, 2006. — 360 с.
8. Black soldier fly larvae meal as a protein source in low fish meal diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) / H. J. Fisher [et al.] // Aquaculture. — 2020. — Vol. 521. — DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.734978. ■