

**АКВАКУЛЬТУРА
AQUACULTURE**

Научная статья

УДК 639.3.043.2:597.552.511-135

DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-933-945

EDN: KNBJXZ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОМБИКОРМОВ
НА РЫБОВОДНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
МОЛОДИ КЕТЫ**

А.Н. Баштовой, К.Г. Павел, Т.Н. Слуцкая, Г.Н. Тимчишина, Е.В. Якуш*
Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Проведен сравнительный анализ рыбоводно-биологических показателей молоди кеты, выращенной на производственно-экспериментальном комбикорме, разработанном ТИНРО, и комбикорме «Aller Aqua» в холодноводных условиях лососевого рыбоводного завода. Установлено, что при одинаковой выживаемости при использовании комбикорма ТИНРО скорость роста рыб ниже, а кормовой коэффициент выше. Показано, что ткани кеты при использовании экспериментального корма ТИНРО содержат больше белков, минеральных веществ и менее обводнены, что может свидетельствовать о более высокой жизнестойкости молоди. Получены данные о влиянии низких температур воды на рыбоводно-биологические показатели молоди.

Ключевые слова: аквакультура, молодь кеты, комбикорма, температура воды, рыбоводные и биохимические показатели

Для цитирования: Баштовой А.Н., Павел К.Г., Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Якуш Е.В. Сравнительные исследования влияния комбикормов на рыбоводные и биохимические показатели молоди кеты // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 4. — С. 933–945. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-933-945. EDN: KNBJXZ.

* Баштовой Александр Николаевич, кандидат технических наук, заведующий сектором, a.n.bashtovoy@mail.ru, ORCID 0000-0003-1398-3547; Павел Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, ведущий специалист, kg.pavel@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1476-9577; Слуцкая Татьяна Ноевна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, tatyana.slutskaaya@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-3228-3047; Тимчишина Галина Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, galina.timchishina@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-8889-8657; Якуш Евгений Валентинович, кандидат химических наук, первый заместитель руководителя филиала, evyakush@mail.ru, ORCID 0000-0001-7837-5943.

© Баштовой А.Н., Павел К.Г., Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Якуш Е.В., 2022

Original article

Comparative studies of effect of compound feeds on fish-breeding and biochemical properties of juvenile chum salmon

Alexander N. Bashtovoy*, **Konstantin G. Pavel****, **Tatyana N. Slutskaya*****,
Galina N. Timchishina****, and **Evgeny V. Yakush*******

*, **, ***, ****, ***** Pacific branch of VNIRO (TINRO),
Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., head of sector, a.n.bashtovoy@mail.ru, ORCID 0000-0003-1398-3547

** Ph.D., leading specialist, kg.pavel@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1476-9577

*** D.Tech., professor, principal researcher, tatyana.slutskaya@tinro-center.ru,
ORCID 0000-0002-3228-3047

**** Ph.D., leading researcher, galina.timchishina@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-8889-8657

***** Ph.D., first deputy head of the branch, evyakush@mail.ru, ORCID 0000-0001-7837-5943

Abstract. Effectiveness of starter fodders is examined for the low-temperature rearing pools in the salmon fish hatchery Savushkina (Severo-Kurilsk). In May 2022, the experimental compound feed developed in TINRO was compared with the control fodder Aller Aqua (made in Denmark) when feeding of chum salmon fry. Both fodders complied with the veterinary and sanitary requirements of the Euro-Asian Economic Union in terms of quality and safety. The following fish breeding indices were determined for the experimental/control fodders after 47 days of testing: feeding ratio 0.670/0.467; mean daily gain 1.255/1.547 %; mean final weight 0.630/0.735 g; absolute weight growth 0.287/0.392 g; mortality (survival) 0.50 (99.50)/0.48 (99.52) %. Increasing of the water and minerals content and noticeable decreasing of the protein and fat content were detected in tissues of the control samples of fry by comparative biochemical analysis before and after the testing, whereas the content of protein and minerals had increased in tissues of the experimental samples. Thus, suitability and effectiveness of the experimental starter fodder for rearing of juvenile chum salmon in the low-temperature environment is proven by combination of several indices. To intensify the weight gain of juveniles, the experiments will be continued to adjust the composition of mixed feed for juvenile chum salmon in the cold-water conditions, with a principal restriction of the growth intensifiers (hormones) use. The starter compound feed developed in TINRO is recommended for using in rearing of chum salmon fry.

Keywords: aquaculture, juvenile chum salmon, compound feed, fish breeding, biochemical test

For citation: Bashtovoy A.N., Pavel K.G., Slutskaya T.N., Timchishina G.N., Yakush E.V. Comparative studies on influence of compound feeds on fish-breeding and biochemical properties of juvenile chum salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 4, pp. 933–945. (In Russ). DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-933-945. EDN: KNBXJZ.

Введение

В Российской Федерации успешно развивается промышленное заводское разведение тихоокеанских лососей, основой которого является подращивание молоди (в основном кеты) в определенных условиях, одним из которых является обеспечение рыборазводных заводов физиологически полноценными кормами, которые соответствуют пищевым потребностям рыб и способствуют ускорению их роста, развития и повышению жизнестойкости. Несмотря на то что имеется ряд работ, посвященных биологическим основам кормления рыб, в том числе молоди тихоокеанских лососей [Гамыгин, 1987; Валова, 1999; Пономарев и др., 2010; Остроумова, 2012; Грозеску, 2016; Марковцев и др., 2016], не существует единого технологического подхода к составу, способам получения, а также обеспечению безопасности и эффективности стартовых комбикормов. Дополнительно к этому проявляется влияние и различных факторов биотехники выращивания: технического оснащения, освещенности, качества и температуры воды. Поскольку рыборазводные заводы Дальнего Востока находятся в разных климатических зонах, можно полагать, что при подращивании молоди лососей это может влиять на их рыбоводно-биологические показатели.

Целью настоящей работы является оценка эффективности применения стартовых комбикормов производства ТИНРО при подращивании молоди кеты в условиях низкой температуры воды на лососевом рыбоводном заводе (ЛРЗ) «Савушкина» (г. Северо-Курильск).

Материалы и методы

Исследования проводились в выростных бассейнах в период с 7 мая по 22 июня 2022 г.

Объектом исследований являлась молодь кеты, выращенная на разных кормах. Использовали комбикорм ТИНРО (экспериментальный), изготовленный по ТУ 10.91.10-388-35313404-2021, и смесь комбикормов «Aller Aqua futura ex gr» и «Aller Aqua infa ex gr» (контрольный). Эксперимент проводили на кете *Oncorhynchus keta* после поднятия личинок «на плав».

Комбикорм ТИНРО включает в себя следующие компоненты: мука рыбная, мука пшеничная, сухое молоко, дрожжи кормовые, масло растительное, премикс, витамины. Компоненты комбикорма Aller Aqua: рыбная и крилевая мука, пшеничный глютен, пшеница и пшеничная клейковина, рыбный жир, витамины, премиксы и минералы, иммуностимулятор.

Кормление личинок начинали при резорбции желточного мешка на 30–50 %.

Личинок кеты после поднятия «на плав» рассаживали в три выростных бассейна, водоподачу осуществляли из руслового потока р. Савушкина с применением оксигенации.

В варианте с экспериментальным кормом общее количество личинок на начало кормления в двух бассейнах составляло 938,1 тыс. шт., в контрольном — 469,1 тыс. шт.

Суточный рацион кормления рассчитывали с учетом 2 % отхода (до 190 шт./сут) за период подращивания. Отход молоди фиксировали ежедневно перед утренним кормлением.

Для поддержания необходимого содержания кислорода в воде (80–95 %) [Тарасюк, Тарасюк, 2010] с 7 мая уровень воды в бассейнах был установлен на отметке 45 см, скорость водообмена составила 180 л/мин, плотность посадки 17,4 тыс. шт./м³.

С 11 мая уровень воды в бассейнах установлен на отметке 90 см, скорость водообмена составила 200–220 л/мин, плотность посадки 8,7 тыс. шт./м³.

При проведении экспериментальных работ по кормлению молоди кеты ежедневно (утром, днем, вечером) измеряли температуру воды и содержание кислорода.

Перед началом работ проведено контрольное взвешивание по 100 экз. личинок кеты из использованных для эксперимента партий.

Для биохимического анализа молодь (50–100 шт.) замораживали при температуре не выше минус 18 °С до кормления и после завершения кормления экспериментальным и контрольным комбикормами.

Морфометрические анализы делали один раз в 5 дней, используя 100 шт. мальков кеты (табл. 1).

Кормовой коэффициент определяли путем деления количества вносимого корма за весь период подращивания на прирост молоди с учетом ее отхода [Щербина, Гамыгин, 2006] по формуле

$$KK = \frac{\sum \text{корма_за_период}}{(W_n - W_0) + W_0 \text{ отхода}}$$

где W_n — конечная масса молоди, г; W_0 — начальная масса молоди, г; $W_0 \text{ отхода}$ — масса отхода за период, высчитывается по начальной средней массе, г.

Среднесуточный прирост (удельная скорость роста), выраженный в процентах к средней массе за расчетный период, показывает изменение массы рыб за каждые сутки периода кормления [Щербина, Гамыгин, 2006]. Для этого в формулу вводят его продолжительность (n) в сутках:

$$C = \frac{2(W_n - W_0)}{n(W_n + W_0)} \cdot 100.$$

Таблица 1

Схема проведения рыбоводно-биологических испытаний комбикормов для молоди кеты

Table 1

Scheme of fish-breeding and biological tests of compound feeds for chum juveniles

Объект и условия проведения экспериментов		
Комбикорм	Экспериментальный	Контрольный (смесь кормов)
Объект исследования	Молодь кеты	
Средняя начальная масса, г	0,343	
Плотность посадки, шт./м ³ , – начальная – конечная	17400 8700	
Условия содержания молоди: – водообмен, л/мин – начальный – конечный – размер емкостей, см – количество емкостей для каждого варианта опыта	Проточный 180 200–220 150 x 2000 x 90	
Нормы кормления	2	
Способ кормления	1	
Условия выращивания (кормления): – температура воды, °С – содержание кислорода в воде, % – периодичность контроля	Рассчитываются в зависимости от массы тела рыб и температуры воды [Щербина, Гамыгин, 2006]	
Периодичность контроля биологических показателей: – масса тела – отход	Ручной	
Рыбоводные показатели, по которым будет проведена оценка воздействия	1,2–8,3 Не менее 80 Ежедневно	
Дополнительные исследования	1 раз в 2–5 дней Ежедневно	
	Выживаемость (отход), коэффициент изменения массы, среднесуточный прирост, абсолютный прирост, кормовой коэффициент	
	Определение химического состава тканей тела рыб на содержание воды, белка, липидов, минеральных веществ по стандартным методам	

Коэффициент изменения массы (абсолютная скорость прироста массы, г %/сут) рассчитывают по формуле [Щербина, Гамыгин, 2006]:

$$C = \frac{W_n - W_0}{n} \cdot 100.$$

В образцах комбикормов и тканей молоди кеты (рыба целиком) определяли массовую долю воды [ГОСТ Р 54951-2012], липидов [ГОСТ 13496.15-97] и минеральных веществ [ГОСТ 32933-2014]. Содержание общего азота (N_{общ}) — по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec 2300» (Foss, Швеция) [ГОСТ 13496.4-93].

Экстракцию липидов проводили по методу Блайя и Дайера [Bligh, Dyer, 1959], массовую долю липидов определяли гравиметрически.

Для определения состава жирных кислот в комбикормах липиды конвертировали в метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) по известной методике [Cargreau, Dubacq, 1978], затем очищали методом препаративной тонкослойной хроматографии на стеклянных пластинках с силикагелем (Merck Co. Ltd, Германия, 5 мкм) с использованием системы растворителей бензол : гексан — 7 : 3 в качестве элюента. Газожидкостную хроматографию МЭЖК проводили на хроматографе GC-14B (Shimadzu, Япония) с использованием капиллярной колонки SupelcowaxTM 10 (30,0 м x 0,32 мм, толщина пленки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °С, температуре инжектора и детектора 240 °С. В качестве газа-носителя

применяли гелий со скоростью потока 1 мл/мин и делителем потока 1/60. Идентификацию проводили с использованием индексов удерживания ECL [Christie, 1988].

Содержание отдельных классов липидов определяли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на аналитических пластинах «Sorbfil» (ПТСХ-АФ-А-УФ) с использованием системы растворителей гексан : диэтиловый эфир : уксусная кислота — 70 : 30 : 2 (по объему). Хроматограммы проявляли опрыскиванием 10 %-ным спиртовым раствором фосфорно-молибденовой кислоты с последующим нагреванием при 110 °С. Для определения количества отдельных классов липидов отсканированные изображения проявленных хроматограмм обрабатывали с помощью пакета программного обеспечения ImageJ v.1.47 [Laggai et al., 2013].

Общую токсичность определяли по ГОСТ 31674-2012. Перекисное число (ПЧ) жира в комбикормах — по методике, основанной на взаимодействии перекисей, содержащихся в жире, с йодидом калия в присутствии уксусной кислоты с выделением йода, с последующим титрованием раствором тиосульфата натрия [ГОСТ 7636-85; ГОСТ Р 53024-2008; Лазаревский, 1955].

Кислотное число (КЧ) жира в комбикормах устанавливали по известному методу [ГОСТ 7636-85; Лазаревский, 1955].

Содержание токсичных металлов и элементов в образцах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы «Nippon Jarrell Ach» модель AA-885 [ГОСТ 26927-86, 26929-94, 26930-86, 26932-86, 26933-86, 30178-96, 30538-97]. В качестве атомизатора использовали однощелевую горелку и пламя ацетилен-воздух.

Результаты исследований обрабатывали статистическими методами [Урбах, 1963, 1975; Кенуй, 1979]. Достоверность данных достигали планированием экспериментов, необходимых и достаточных для достижения точности результатов ($P = 0,90-0,95$), при доверительном интервале $\Delta \pm 3-10$ % среднеарифметических значений.

Результаты и их обсуждение

Важным показателем качества искусственных кормов является их химический состав, который позволяет судить о потенциальной биологической ценности рационов. Особое внимание уделяется содержанию в них белка, липидов, углеводов, минеральных компонентов.

Сравнительные исследования показывают (табл. 2), что в производственно-экспериментальном и контрольном комбикормах заявленное и фактическое содержание основных макронутриентов в целом совпадает. Экспериментальный и контрольный комбикорма значительно различаются, особенно по доле белков и углеводов, количество последних почти в три раза выше в образце, изготовленном в ТИНРО.

Химический состав комбикормов, %

Таблица 2

Table 2

Chemical composition of compound feeds, %

Показатель	Комбикорм					
	ТИНРО		Контроль («Aller Aqua»)			
			futura		infa	
	Заявлено	Фактически	Заявлено	Фактически	Заявлено	Фактически
Вода	5,5	5,9	5,0	5,8	5,0	5,3
Белок	40,0	39,3	60,0	60,1	64,0	63,9
Липиды	9,5	9,4	15,0	16,0	8,0	8,3
Минеральные вещества	12,5	12,2	12,6	12,1	12,1	12,0
Углеводы	32,5	33,2	7,4	6,0	10,9	10,5

По литературным данным известно, что с понижением температуры воды интенсивность энергетического обмена у рыб опережает пластический [Эколого-физио-

логические основы..., 1986; Склярв, 2008]; при этом увеличивается их потребность в жире и уменьшается — в белке [Козлов и др., 2004].

Липиды искусственных кормов являются важным источником энергии для рыб, поэтому при оценке состава таких кормов необходимо обращать внимание на содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) ω -3 и ω -6, влияющих на рост и физиологическое состояние молоди лососей. Основными источниками ПНЖК ω -3 (особенно эйкозапентаеновой и докозагексаеновой) в лососевых комбикормах являются такие компоненты, как рыбная мука и рыбный жир, а ω -6 (особенно линолевой) — растительные масла [Сидоров, 1983].

Эффективность использования энергии рациона на рост молоди лососей зависит от соотношения в нем сумм ПНЖК ω -3 и ω -6 ($\sum\omega$ -3/ $\sum\omega$ -6), которое рекомендуется устанавливать в определенных пределах и учитывать при разработке липидных добавок в искусственные диеты. По литературным данным соотношение $\sum\omega$ -3/ $\sum\omega$ -6 кислот в отечественных кормах, разработанных для молоди тихоокеанских лососей, составляет 2,2–2,4 [Пономарев, Пономарева, 2003; Баштовой и др., 2017]. Анализируемый показатель в комбикорме ТИНРО — 1,44, «Aller Aqua» — 2,38.

Известно, что насыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты могут синтезироваться в организме рыб, источником же полиненасыщенных кислот является только корм [Остроумова, 2012], причем для эффективного роста важно, чтобы сумма ПНЖК линоленового ряда (ω -3) превосходила сумму линолевого (ω -6) [Кальченко и др., 2009]. Согласно полученным результатам (табл. 3) в обоих вариантах кормов это условие соблюдается, однако сумма ЭПК и ДГК несколько ниже в экспериментальном корме.

Таблица 3

Состав жирных кислот липидов комбикормов, % от суммы жирных кислот

Table 3

Composition of fatty acids in lipids from compound feeds, % of total fatty acids

Жирные кислоты	Комбикорм	
	ТИНРО (эксперимент)	«Aller Aqua» (контроль)
Насыщенные	24,9	27,0
Мононенасыщенные	38,8	36,4
Полиненасыщенные (ПНЖК)	34,7	34,1
Сумма ω -3	18,9	22,4
Сумма ω -6	13,1	9,4
Сумма ЭПК и ДГК	14,9	18,0
ω -3/ ω -6	1,44	2,38

Триглицериды содержат больше насыщенных ЖК и являются энергетическим источником для рыб. Фосфолипиды содержат полиненасыщенные ЖК, являются структурными липидами и участвуют в адаптационных процессах рыб. Источником энергии у рыб являются в основном насыщенные и мононенасыщенные ЖК [Кальченко, 2010; Махутова, Гладышев, 2020].

Как следует из данных табл. 4, качественный и количественный состав липидов комбикормов ТИНРО и «Aller Aqua» характеризуется высоким содержанием триацилглицеридов и фосфолипидов, причем в контрольном корме используются преимущественно фосфолипиды криля*.

* Фосфолипиды для быстрого роста и здоровья мальков: [Электронный ресурс]. URL: https://www.magazine.fish/news/akvakultura/fosfolipidy_dlya_bystrogo_rosta_i_zdorovya_malkov/ (Дата обращения 28.10.2020); A good start is the key to success in fry production: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aller-aqua.com/press/articles/granulates> (Дата обращения 07.10.2022).

Таблица 4

Фракционный состав липидов кормов, % от общего содержания липидов

Table 4

Fractional composition of lipids from compound feeds, % of total lipid content

Класс липидов	Комбикорм	
	ТИНРО (эксперимент)	«Aller Aqua» (контроль)
Эфиры стеринов	3,7	8,5
Триацилглицериды	65,2	57,1
Свободные жирные кислоты	6,8	15,1
Стерины	8,3	9,5
Фосфолипиды	16,0	9,8

По показателям безопасности, представленным в табл. 5, оба варианта комбикормов соответствуют регламентируемым значениям [ГОСТ 2116-2000; Единые ветеринарные требования..., 2022*].

Таблица 5

Показатели безопасности комбикормов

Table 5

Safety indices for compound feeds

Показатель	ТИНРО	Контроль («Aller Aqua»)	Единые ветеринарные требования, гл. 34, 35
Кислотное число, мг КОН/1 г жира	8,77	7,20	30,0*
Перекиси, % J ₂	0,06	0,03	0,10
Общая токсичность	Нетоксично	Нетоксично	Не допускается*
Токсич. элементы, не более, мг/кг:			
Cd	0,009	0,098	1,0
As	0,081	0,912	2,0
Pb	0,204	0,195	5,0
Hg	0,076	0,067	0,5

* ТР ТС «О безопасности кормов и кормовых добавок»**.

Таким образом, есть основания полагать, что оба варианта кормов, несмотря на некоторые отмеченные различия, будут эффективны при кормлении молоди лососевых.

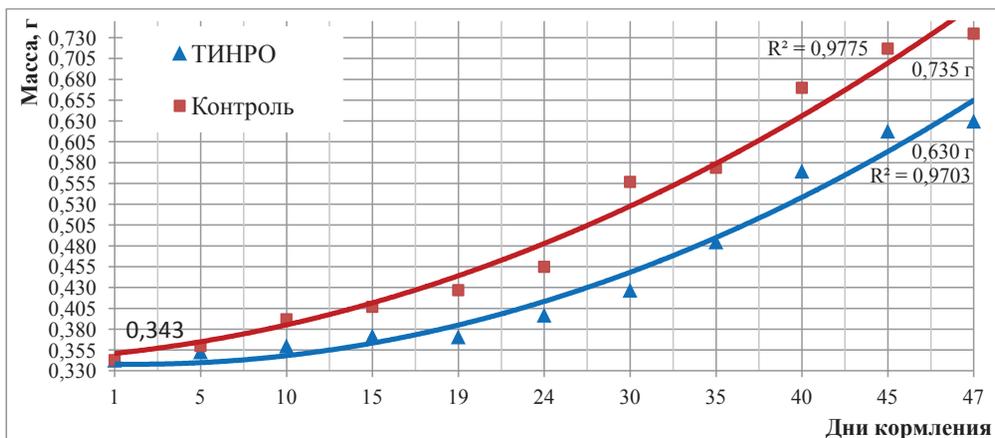
На экспериментальном комбикорме молодь стабильно набирала массу, но при этом средняя масса тела рыб в контроле была выше (см. рисунок). К концу подращивания масса кеты в эксперименте и контроле составляла соответственно 0,630 и 0,735 г.

Поскольку начальная температура в бассейнах была ниже, чем при проведении экспериментов в 2016–2019 гг. на территории Приморского края (ЛРЗ «Вербное») [Баштовой и др., 2021], где подращивание молоди продолжается в среднем 40 сут, имело смысл сравнить рыбоводные показатели экспериментальных кормов с учетом этого фактора, так как работы по подращиванию молоди кеты на комбикорме ТИНРО в холодноводных районах Сахалинской области проводились впервые.

Данные табл. 6 показывают, что при использовании одинаковых по составу кормов низкая температура в среде обитания оказывает заметное влияние на рост и жизнедеятельность объектов наблюдения, что выражается в более низких показателях прироста и конечной массы.

* Единые ветеринарные требования, предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору). Утверждены Решением комиссии Таможенного союза от 18 июня 2010 г., № 317 (с изменениями от 23.05.2022).

** Технический регламент Таможенного союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» (проект, 2-я редакция) (ТР 201_/00_/ТС). М., Минск, Астана, 2012: [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200083875> (Дата обращения: 19.07.2022).



Изменение массы молоди кеты при кормлении на ЛРЗ «Савушкина»
Weight growth of chum juveniles during rearing at the salmon hatchery Savushkina

Таблица 6

Рыбоводно-биологические показатели при испытании комбикормов на ЛРЗ «Савушкина» и ЛРЗ «Вербное»

Table 6

Fish-breeding and biological indices when testing of compound feeds at the salmon hatcheries Savushkina and Verboynoie

Показатель	ЛРЗ «Савушкина»	ЛРЗ «Вербное»*
Период подращивания, сут	40	40
Температура воды, °С	1,2–6,3	4,5–6,5
Средняя начальная масса, г	0,343	0,370
Средняя конечная масса, г	0,570	0,630
Абсолютный прирост, г	0,23	0,27
Среднесуточный прирост, %	1,24	1,44
Отход молоди, %	0,382	0,750
Кормовой коэффициент, г корма/г прироста	0,65	0,72

* ЛРЗ «Вербное», 2018–2019 гг. Данные из работы А.Н. Баштового с соавторами [2021].

Результаты, представленные в табл. 7, показывают, что такие важные показатели, как среднесуточный прирост, а также средняя конечная масса, в экспериментальном варианте (ТИНРО) несколько ниже, чем в контрольном («Aller Aqua»). В то же время данные по отходу рыб при выращивании на обоих вариантах кормов сопоставимы и составляли 0,499 и 0,477 %.

Таблица 7

Рыбоводно-биологические показатели при испытании комбикормов на ЛРЗ «Савушкина»

Table 7

Fish-breeding and biological indices when testing of compound feeds at the salmon hatchery Savushkina

Показатель	Комбикорм	
	ТИНРО (эксперимент)	«Aller Aqua» (контроль)
Период подращивания, сут	47	47
Температура воды, °С	1,2–8,3	1,2–8,3
Средняя конечная масса, г	0,630	0,735
Отход молоди, %	0,499	0,477
Абсолютный прирост, г	0,287	0,392
Среднесуточный прирост, %	1,255	1,547
Кормовой коэффициент, г корма/г прироста	0,670	0,467

В ходе исследований проведено сравнение химического состава молоди кеты до и после кормления (табл. 8). Ткани молоди, для кормления которой использовался экспериментальный корм, содержат более высокое количество белка и меньше воды, чем контрольные образцы. Возможно, у кеты, выращенной на импортном корме, из-за более высокой скорости роста, возможно — за счет наличия стимуляторов в корме, меньше содержание белков в тканях. Воды в тканях мальков в контрольном варианте существенно больше, чем в тканях экспериментальной молоди. При этом заметно выше минерализация тканей экспериментальных образцов, что может указывать на укрепление скелета молоди. Таким образом, наращивание массы у контрольных образцов, судя по данным табл. 8, происходит не за счет белковой или минеральной составляющей, а за счет повышения степени обводненности мышечной ткани.

Таблица 8

Химический состав тканей молоди кеты до и после кормления на ЛРЗ «Савушкина», %

Table 8

Chemical composition for tissues of juvenile chum salmon before and after the testing of fodders at the salmon hatchery Savushkina, %

Показатель	До кормления	После кормления	
	Исходная молодь	ТИНРО (эксперимент)	«Aller Aqua» (контроль)
Вода	82,68	83,51	86,27
Белок	12,81	12,76	10,26
Липиды	4,18	2,85	2,95
Минеральные вещества	0,32	0,87	0,52

Согласно данным литературы, посвященной биологическим вопросам выращивания рыб в искусственных условиях, химический состав тканей конечного продукта, а именно — молоди, имеет существенное значение при обосновании процессов воспроизводства тихоокеанских лососей. Так, известно, что жизнестойкость выпускаемой молоди напрямую зависит от количества белков и минеральных веществ в их тканях [Остроумова, 2012; Грозеску, 2016].

Несмотря на то что стартовые корма фирмы «Aller Aqua» используются в широких масштабах во многих хозяйствах как за рубежом, так и у нас в стране, имеются некоторые, пока немногочисленные, сведения о неоднозначном их влиянии на объекты разведения. Так, у большей части (70 %) исследованной молоди кеты (корм «Aller Aqua») отмечены признаки липоидной дегенерации печени тяжелой степени, а также развитие патологических изменений в желудке и кишечнике [Марковцев и др., 2016]. Сходные результаты получены при экспериментальном кормлении форели, которое привело к патологическому увеличению размеров, изменению цвета и формы печени, а также повышению в ее составе насыщенных липидов [Остроумова, 2009]. Возможной причиной этого может являться состав корма, который содержит не только заявленные добавки (например, комплексные соединения магния, цинка, меди) и высокие концентрации витаминов, каротиноидов, антиоксидантов, а также иммуностимуляторы*. Этим можно объяснить установленную заметную разницу в химическом составе мальков; также это показывает необходимость проведения специальных исследований, позволяющих определить сравнительную жизнестойкость молоди в зависимости от количественного содержания в ней воды, белков, липидов, минеральных веществ.

* Лечебно-профилактические корма. Борьба с болезнями рыб с помощью лечебно-профилактических кормов: [Электронный ресурс]. URL: www.aquafeed.ru/statie/o_kormah/94 (Дата обращения 20.07.2022).

Заключение

Установлено, что по показателям качества и безопасности производственно-экспериментальный комбикорм ТИНРО и комбикорма «Aller Aqua» (контроль) соответствуют регламентируемым значениям Единых ветеринарных (ветеринарно-санитарных) требований.

В ходе проведения рыбоводно-биологических испытаний производственно-экспериментальной партии комбикорма ТИНРО, в сравнении с контрольным комбикормом, применяемым на ЛРЗ «Савушкина», проведена оценка эффективности комбикормов при выращивании молоди кеты.

Определены основные рыбоводные показатели (эксперимент/контроль) после кормления в течение 47 сут:

- кормовой коэффициент — 0,670/0,467;
- среднесуточный прирост, % — 1,255/1,547;
- абсолютный прирост, г — 0,287/0,392;
- отход (выживаемость), % — 0,499 (99,501)/0,477 (99,523).

Проведен сравнительный биохимический анализ тканей молоди кеты (рыба целиком) до и после кормления, который показал в контрольном образце увеличение доли воды и минеральных веществ при заметном снижении доли белка и жира. В то же время в экспериментальных образцах установлено более высокое содержание белка и минеральных веществ.

Таким образом, на основании анализа комплекса рыбоводных и биохимических показателей можно заключить, что производственно-экспериментальный комбикорм, разработанный в ТИНРО, пригоден для подращивания молоди кеты в условиях низкой температуры воды 1,2–8,3 °С.

В настоящее время в ТИНРО ведутся работы по корректировке рецептуры экспериментальных образцов комбикорма для кормления молоди кеты в холодноводных условиях. При этом основополагающим является отсутствие в разрабатываемых комбикормах стимуляторов роста (гормонов). Полученные данные позволят сделать вывод о перспективности применения стартовых комбикормов, разработанных в ТИНРО, для подращивания молоди кеты.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают свою признательность руководству и персоналу ЛРЗ «Савушкина» за возможность проведения экспериментальных работ, оказанную помощь и полезные предложения при подготовке и проведении работ, а также коллективу Аналитической научно-испытательной лаборатории отдела безопасности и технологии переработки сырья и разработок (ТИНРО).

The authors are grateful to management and staff of the salmon hatchery Savushkina for providing opportunity for the experiment, their kind assistance, and useful suggestions in the work, as well as to the team of the Analytical scientific-testing laboratory of TINRO who made some analyses important for the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Основанием для проведения научно-исследовательской работы является договор № 113-21 от 11 октября 2021 г. между Тихоокеанским филиалом ВНИРО (ТИНРО) и ООО «Азимут».

The study was funded by contract No. 113-21 on October 11, 2021 between TINRO and Azimut LLC.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Библиографические ссылки на все

использованные в работе данные других авторов оформлены в соответствии с правилами данного издания.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for the use of animals have been complied with. Bibliographic references to all data of other authors used in the work are formatted in accordance with the rules of this publication.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Авторам в равной мере принадлежит участие в постановке цели, планировании и организации работы, получении экспериментальных данных, их обработке и анализе, составлении макета статьи, формулировании выводов.

The authors were equally involved in the study targeting, planning and organizing, in the experimental data collecting, processing and analyzing, as well as in writing the manuscript formulating conclusions.

Список литературы

Баштовой А.Н., Тимчишина Г.Н., Ярочкин А.П. и др. Результаты испытаний стартовых комбикормов для промышленного выращивания лососевых рыб (кеты) // Рыб. хоз-во. — 2021. — № 6. — С. 91–96.

Баштовой А.Н., Ярочкин А.П., Валова В.Н. и др. Сравнительная оценка стартовых традиционных и ферментированных комбикормов для молоди тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 191. — С. 223–234. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-223-234.

Валова В.Н. Характеристика физиологического состояния молоди тихоокеанских лососей при выращивании на искусственных кормах : дис. ... канд. биол. наук. — М. : ВНИИПРХ, 1999. — 170 с.

Гамыгин Е.А. Корма и кормление рыб : ОИ / ЦНИИТЭИРХ. — 1987. — Вып. 1. — 82 с.

Грозеску Ю.Н. Инновационные методы повышения эффективности кормления осетровых рыб на основе использования в рационах нетрадиционного кормового сырья и биологически активных препаратов : дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук. — Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2016. — 307 с.

Кальченко Е.И. Оценка физиолого-биохимических показателей молоди кеты и чавычи при искусственном воспроизводстве : дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский, 2010. — 167 с.

Кальченко Е.И., Гаврюсева Т.В., Юрьева М.И. Физиолого-биохимические показатели молоди кеты при выращивании на импортных комбикормах // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2009. — Вып. 12. — С. 58–71.

Кенуй М.Г. Быстрые статистические вычисления : справочник / пер. с англ. — М. : Статистика, 1979. — 70 с.

Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л. Аквакультура : моногр. — М. : МГУТУ, 2004. — 433 с.

Лазаревский А.А. Техничко-химический контроль в рыбообработывающей промышленности : пособие для работников заводских и исслед. лабораторий. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 520 с.

Марковцев В.Г., Валова В.П., Баштовой А.Н. и др. Испытание новых рецептур кормов для молоди кеты // Бюл. № 11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2016. — С. 144–149.

Махутова О.Н., Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в физиологии и метаболизме рыб и человека: значение, потребности, источники // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. — 2020. — Т. 106, № 5. — С. 601–621. DOI: 10.31857/S0869813920050040.

Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. 2-е изд., испр. и доп. : моногр. — СПб. : ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.

Остроумова И.Н. Вызывает ли избыток углеводов в кормах жировую дегенерацию печени рыб? // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 2009. — Вып. 338. — С. 141–149.

Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Физиологические основы создания полноценных комбинированных кормов с учетом этапности развития организма лососевых и осетровых рыб // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2010. — № 1. — С. 132–139.

Пономарев С.В., Пономарева Е.Н. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в промышленных условиях : моногр. — Астрахань : АГТУ, 2003. — 186 с.

- Сидоров В.С.** Экологическая биохимия рыб: липиды : моногр. — Л. : Наука, 1983. — 240 с.
- Скляр В.Я.** Корма и кормление рыб в аквакультуре : моногр. — М. : ВНИРО, 2008. — 149 с.
- Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н.** Влияние плотности посадки и содержания кислорода на рост молоди кеты // Тр. ВНИРО. — 2010. — Т. 148. — С. 158–169.
- Урбах В.Ю.** Математическая статистика для биологов и медиков : моногр. — М. : АН СССР, 1963. — 323 с.
- Урбах В.Ю.** Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях : моногр. — М. : Медицина, 1975. — 296 с.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А.** Кормление рыб в пресноводной аквакультуре : моногр. — М. : ВНИРО, 2006. — 360 с.
- Эколого-физиологические основы повышения эффективности кормления рыб в индустриальном рыбоводстве** : сб. науч. тр. / под ред. И.Н. Остроумовой. — Л. : Промрыбвод, 1986. — 162 с.
- Bligh E.G., Dyer W.J.** A rapid method of total lipid extraction and purification // *Can. J. Biochem. Physiol.* — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917. DOI: 10.1139/o59-099.
- Carreau J.P., Dubacq J.P.** Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // *J. Chromatogr.* — 1978. — Vol. 151, Iss. 3. — P. 384–390. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)88356-9.
- Christie W.W.** Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography A reappraisal // *J. Chromatogr.* — 1988. — Vol. 447, Iss. 2. — P. 305–314. DOI: 10.1016/0021-9673(88)90040-4.
- Laggai S., Simon Y., Ransweiler T. et al.** Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH // *World J. Hepatol.* — 2013. — Vol. 5, Iss. 10. — P. 558–567. DOI: 10.4254/wjh.v5.i10.558.

References

- Bashtovoy, A.N., Timchishina, G.N., Yarochkin, A.P., Pavel, K.G., Pasechnik, P.L., and Kotsyuk, D.V.**, Test results of starting compound feeds for industrial cultivation of salmonids (Chum salmon), *Rybn. Khoz.*, 2021, no. 6, pp. 91–96.
- Bashtovoy, A.N., Yarochkin A.P., Valova, V.N., Timchishina, G.N., Pavel, K.G., Yakush, E.V., and Pavlovsky, A.M.**, Comparative evaluation of starting traditional and fermented mixed fodders for juveniles of pacific salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 223–234. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-223-234
- Valova, V.N.**, Characteristics of the physiological state of juvenile Pacific salmon when grown on artificial feed, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Moscow: VNIIPRKh, 1999.
- Gamygin, E.A.**, *Korma i kormleniye ryb* (Fish feed and feeding), Moscow: TsNIITEIRKh, 1987, vol. 1.
- Grosescu, Yu.N.**, Innovative methods to increase the feeding efficiency of sturgeon fish based on the use of unconventional feed raw materials and biologically active preparations in diets, *Doctoral (Agricultural) Dissertation*, Astrahan': AGTU, 2016.
- Kalchenko, E.I.**, Evaluation of the physiological and biochemical parameters of juvenile chum salmon and chinook during artificial reproduction, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2010.
- Kalchenko, E.I., Gavrusseva, T.V., and Yuryeva, M.I.**, Physiological and biochemical indexes of juvenile chum salmon when rearing the fishes on the imported artificial feedstuff, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2009, vol. 12, pp. 58–71.
- Kenury, M.G.**, *Bystryye statisticheskiye vychisleniya* (Fast statistical calculations), Moscow: Statistics, 1979.
- Kozlov, V.I., Nikiforov-Nikishin, A.L., and Borodin, A.L.**, *Akvakul'tura* (Aquaculture), Moscow: MGUTU, 2004.
- Lazarevsky, A.A.**, *Tekhniko-khimicheskii kontrol' v ryboobrabatyvayushchey promyshlennosti: posobiye dlya rabotnikov zavodskikh i issled. laboratoriy* (Technical and chemical control in the fish processing industry: a manual for factory workers and research. laboratories), Moscow: Pishchepromizdat, 1955.
- Markovtsev, V.G., Valova, V.P., Bashtovoy, A.N., Timchishina, G.N., Yakush, E.V., Yarochkin, A.P., and Marchenko, V.A.**, Testing new feed formulations for juvenile chum salmon, in *Byull. N 11 izucheniya Tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. no. 11 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2016, pp. 144–149.
- Makhutova, O.N. and Gladyshev, M.I.**, Essential pufa in physiology and metabolism of fish and human: functions, needs, sources, *Russian physiological journal im. I.M. Sechenov*, 2020, vol. 106, no. 5, pp. 601–621.

- Ostroumova, I.N.**, *Biologicheskiye osnovy kormleniya ryb* (Biological basis of fish feeding), St. Petersburg: GosNIORKh, 2012. 2nd ed.
- Ostroumova, I.N.**, Does the abundance of carbohydrate in the feed cause fatty liver degeneration in fish?, in *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh*, 2009, vol. 338, pp. 141–149.
- Ponomarev, S.V., Gamygin, E.A., and Canidiev, A.N.**, Physiological statement of creation of the valuable combined diets taking into consideration the stages of development of salmon and sturgeon, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2010, no. 1, pp. 132–139.
- Ponomarev, S.V. and Ponomareva, E.N.**, *Tekhnologicheskiye osnovy razvedeniya i kormleniya lososevykh ryb v industrial'nykh usloviyakh* (Technological foundations of breeding and feeding salmon fish in an industrial environment), Astrakhan: Astrakh. Gos. Tekh. Univ., 2003.
- Sidorov, V.S.**, *Ekologicheskaya biokhimiya ryb: lipidy* (Ecological biochemistry of fish: lipids), Leningrad: Nauka, 1983.
- Sklyarov, V.Ya.**, *Korma i kormleniye ryb v akvakul'ture* (Feeds and fish feeding in aquaculture), Moscow: VNIRO, 2008.
- Tarasyuk, E.V. and Tarasyuk, S.N.**, Influence of stocking density and oxygen content on growth of chum salmon juveniles, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 148, pp. 158–169.
- Urbakh, V.Yu.**, *Matematicheskaya statistika dlya biologov i medikov* (Mathematical statistics for biologists and physicians), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1963.
- Urbakh, V.Yu.**, *Statisticheskii analiz v biologicheskikh i meditsinskikh issledovaniyakh* (Statistical analysis in biological and medical research), Moscow: Medicine, 1975.
- Shcherbina, M.A. and Gamygin, E.A.**, *Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture* (Feeding fish in freshwater aquaculture), Moscow: VNIRO, 2006.
- Ekologo-fiziologicheskiye osnovy povysheniya effektivnosti kormleniya ryb v industrial'nom rybovodstve* (Ecological and physiological bases for increasing the efficiency of fish feeding in industrial fish farming), Ostroumova, I.N., ed., Leningrad: Promrybvod, 1986.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J.**, A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 1959, vol. 37, no. 8, pp. 911–917. doi 10.1139/o59-099
- Carreau, J.P. and Dubacq, J.P.**, Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts, *J. Chromatogr.*, 1978, vol. 151, no. 3, pp. 384–390. doi 10.1016/S0021-9673(00)88356-9
- Christie, W.W.**, Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography A reappraisal, *J. Chromatogr.*, 1988, vol. 447, no. 2, pp. 305–314. doi 10.1016/0021-9673(88)90040-4
- Laggai, S., Simon, Y., Ransweiler, T., Kiemer, A.K., and Kessler, S.M.**, Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH, *World J. Hepatol.*, 2013, vol. 5, no. 10, pp. 558–567. doi 10.4254/wjh.v5.i10.558
- Fosfolipidy dlya bystrogo rosta i zdorov'ya mal'kov* (Phospholipids for the rapid growth and health of fry), URL: https://www.magazine.fish/news/akvakultura/fosfolipidy_dlya_bystrogo_rosta_i_zdorovya_malkov/. Cited October 28, 2020.
- A good start is the key to success in fry production*, URL: <https://www.aller-aqua.com/press/articles/granulates>. Cited October 07, 2022.
- Yedinyye veterinarnyye trebovaniya, pred'yavlyayemye k tovaram, podlezhashchim veterinarnomu kontrolyu (nadzoru)* (Uniform veterinary requirements for goods subject to veterinary control (supervision)). Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union dated June 18, 2010, no. 317 (as amended on May 23, 2022).
- Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti kormov i kormovykh dobavok»* (Technical Regulations of the Customs Union “On the safety of feed and feed additives”) (draft, 2nd edition) (TR 201_/00_/TS). Moscow, Minsk, Astana, 2012, URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200083875>. Cited July 19, 2022.
- Lechebno-profilakticheskiye korma. Bor'ba s boleznyami ryb s pomoshch'yu lechebno-profilakticheskikh kormov* (Therapeutic and prophylactic feed. Fighting fish diseases with therapeutic and preventive feeds), URL: www.aquafeed.ru/statie/o_kormah/94. Cited July 20, 2022.

Поступила в редакцию 25.10.2022 г.

После доработки 21.11.2022 г.

Принята к публикации 21.11.2022 г.

The article was submitted 25.10.2022; approved after reviewing 21.11.2022; accepted for publication 21.11.2022