ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КОРМОГРАН СЕЛЕН-3» НА РЫБОВОДНЫЕ, МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

© 2023 г. А.В. Жигин^{1,2}, М.В. Сытова¹,
Ю.И. Есавкин², С.А. Грикшас², А.С. Петров³

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Россия, г. Москва, 105187

2 – Российский государственный аграрный университет –
московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), Россия, г. Москва, 127550

3 – Всероссийский государственный центр качества
и стандартизации лекарственных средств для животных
и кормов (ВГНКИ), Россия, г. Москва, 123022

E-mail: azhigin@gmail.com

Поступила в редакцию 20.03.2023 г.

Проведено экспериментальное выращивание радужной форели при использовании селенсодержащей кормовой добавки «Кормогран Селен-3». По ряду морфометрических показателей не отмечено существенных достоверных различий между опытной и контрольной группами, однако установлена интенсификация жирового обмена у форели опытной группы, что замедлило процесс накопления особями внутривисцерального жира. Это повлекло некоторое отставание в процессе общего массонакопления и некоторого снижения рыбоводно-биологических показателей. При этом не отмечено снижение скорости линейного роста и общего развития рыб. Основное накопление селена происходило в печени, где его содержание увеличилось в 613,9 раза (с 1112 до 15363 мкг/кг). При этом содержание данного элемента в белых мышцах возросло в 5,2 раза, а в красных – в 2 раза, что указывает на возможность прижизненного обогащения мышечной ткани радужной форели селеном. Анализ качества товарной рыбы и её пищевой ценности показал преимущества опытной партии по сравнению с контролем по выходу съедобных частей, органолептической оценке копченой продукции, которая одновременно может быть отнесена к функциональному продукту, как источнику селена.

Ключевые слова: кормление рыб, *Oncorhynchus mykiss aguabonita* Jordan, радужная форель, селен, селенсодержащая кормовая добавка, функциональное питание.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Росрыболовства в 2022 г. впервые за всю историю отечественной аквакультуры объём выращивания лососевых рыб превысил аналогичный показатель выращивания карповых рыб, достигнув 154 тыс. т, против 146,8 тыс. т (Аквакультура остается драйвером ..., 2023). При этом рост объёмов производства лососевых рыб происходил на фоне остро стоящих проблем с обеспечением

индустриальной аквакультуры специализированными комбикормами отечественного производства. Важными составляющими в таких комбикормах являются различные кормовые добавки, позволяющие повысить качество и эффективность используемых кормов. Одной из таких добавок является «Кормогран Селен-3», используемый для предупреждения дефицита селена в рационах цыплят-бройлеров (Кормогран, 2022).

Известно, что селен – незаменимый микроэлемент, который содержится во всех тканях живых организмов и является необходимым фактором для нормализации жизненных процессов. Селен участвует в работе иммунной, антиоксидантной и детоксикационной систем организма, ингибирует образование перекисей в составе ферментов пероксидазы и глутатионпероксидазы, прерывает цепь свободнорадикального окисления и нейтрализует свободные радикалы в момент их возникновения. Данный элемент является антагонистом ртути, кадмия, свинца, мышьяка, таллия, теллура, ванадия и защищает клетки от их токсического воздействия. Он также относится к геропротекторам – веществам, замедляющим старение организма (Селен – незаменимый микроэлемент ..., 2021).

Таким образом, селен входит в число элементов, необходимых для поддержания жизнедеятельности живых организмов, в том числе и сельскохозяйственных животных. В этой связи представляет интерес использование селеносодержащих добавок и при кормлении рыб, поскольку в их организм селен в основном поступает с пищей.

Имеются данные, что потребность в селене у рыб находится в диапазоне от 0,15 до 0,50 мг/кг корма (Watanabe et al., 1997; Сергеева, 1998), а оптимальное его количество в рационе лососевых рыб, способствующее увеличению активности фермента глутатионпероксидазы, не превышает 0,38 мг/кг корма.

Признаки недостатка селена в рационе рыб не выявлены. Клиническими признаками глубокого алиментарного дефицита селена является беломышечная миодистрофия. Можно предположить, что наблюдаемые у рыб явления, обусловленные питанием недоброкачественными кормами (анемия, дегени-

рация печени и скелетных мышц и др.), могут быть связаны с недостаточностью селена.

Установлено, что в водоёмах-охладителях при повышении температуры воды происходят ацидолические сдвиги кислотно-щелочного равновесия крови у рыб, значительно увеличивается интенсивность протекания реакций карбоксилирования, с более выраженной активностью процессов биосинтеза липидов по сравнению с белками, которое приводит к интенсивному жиронакоплению. Интенсивное жиронакопление при выращивании рыб на тёплых водах приводит к ухудшению их физиологического состояния и качественных показателей товарной продукции. Одним из способов снижения вредного влияния аккумулялируемых в организме липидов могут служить добавки в корма биологически активных веществ, антиоксидантов, содержащих в составе токоферол и селен.

Есть данные, что под влиянием селенита натрия улучшалась утилизация белково-витаминного комплекса и фосфатидов. Активизировался пластический обмен у рыб, что проявляется в повышении белка в сыворотке крови, а также в лучшем использовании белка корма. Кроме того, селенит, будучи компонентом физиологической антиоксидантной системы, может неспецифически повысить адаптацию рыб к неблагоприятному действию недостаточно сбалансированного рациона и увеличить эффект кормления (снижение кормового коэффициента) (Левина, 2017). В частности использование комплексного селеносодержащего препарата «Эс-векс» в концентрации 1,0 мл/кг корма на сеголетках радужной форели свидетельствует о снижении вредного влияния аккумулялируемых в организме липидов (Есавкин и др., 2007). Данная кор-

мовая добавка не оказывала заметного влияния на рыбоводно-биологические и иммунофизиологические показатели, однако её применение позволило снизить интенсивность жиронакопления и гибель молоди. Также добавление селена в рацион способствовало улучшению показателей красной крови, белкового и жирового обмена молоди карпа (Галатдинова и др. 2015; Хаирова, 2018).

Накопление селена в тканях рыб происходит не равномерно, при этом разные авторы указывают на различные результаты таких исследований. Н.А. Пудовкин с соавторами (2013; 2016) установили, что у пресноводных рыб самая высокая концентрация селена отмечена в печени, кроме того, накопление селена интенсивно происходило в жабрных лепестках и гонадах, а менее – в тканях кишечника и скелетных мышцах, при фоновых показателях микроэлемента в воде прудов от $0,079 \pm 0,005$ до $0,095 \pm 0,006$ мкг/мл. Показано, что концентрация селена в организме хищных рыб выше, чем у всеядных, а при обогащении рациона селенсодержащими препаратами количество микроэлемента в организме дозозависимо повышается.

По другим данным при скармливании селена в составе ДАФС-25 при увеличении дозы препарата и введении его в рацион карпа содержание селена увеличивалось в следующей последовательности: жабры, печень, мышцы и чешуя (Хаирова, 2018).

Вместе с тем следует учитывать, что превышение допустимых концентраций селена в рационе рыб (более 3,0 мг/кг корма) в течение длительного времени оказывает токсическое действие, которое проявляется в снижении аппетита, усвояемости пищи, скорости роста, аккумуляции гликогена в печени (Lovell, 1996).

В целом анализ и обобщение имеющихся данных отечественных и зарубежных исследований показывают положительное влияние включения селена в состав комбикормов на физиологические и рыбоводно-биологические показатели выращивания рыбы. Однако исследования практического использования селена в технологиях аквакультуры всё ещё фрагментарны, неоднозначны и не всегда дают целостную картину получаемого эффекта (Левина, 2017; Хаирова, 2018 и др.).

Помимо положительного влияния селена на рост и развитие выращиваемых рыб и в итоге на рыбопродуктивность, можно выделить ещё один важный аспект – возможность прижизненного обогащения их мяса, способствуя решению проблемы селенодефицита у населения.

Водные биологические ресурсы и объекты аквакультуры являются уникальным и безопасным сырьём для получения продуктов, которые позволят решить в стране актуальную проблему здорового питания. Наиболее эффективным и экономически доступным способом обеспечения населения селеном является дополнительное обогащение им продуктов питания массового потребления, в частности выращиваемой рыбы. Этим и определяется актуальность проводимых исследований.

В этой связи авторами в 2020 г. в аквариальном комплексе ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» уже проводились предварительные исследования по прижизненному обогащению выращиваемой рыбы селеном и получению рыбопродукции, отвечающей требованиям продукта функционального питания с применением кормовой добавки «Эсвекс» в условиях установки с замкнутым водоиспользованием (УЗВ) (Жигин и др., 2021). Его результаты по-

казали перспективность выбранного направления и были продолжены в 2021 г. при экспериментальном выращивании форели с использованием другой селенсодержащей кормовой добавки «Кормогран Селен-3».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта исследования использованы годовики радужной золотой форели *Oncorhynchus mykiss aguabonita* Jordan, завезённые из садкового хозяйства КРХ «Велисто», расположенного на водоёме-охладителе Смоленской АЭС, выращенные из икры собственного стада производителей. Эта форель отличается яркой золотистой окраской и ускоренным ростом (Голод и др., 2008).

В целях изучения влияния добавки в корма селенсодержащего препарата «Кормогран Селен-3» на организм годовиков форели и их товарные качества, в условиях модельной установки с замкнутым водоиспользованием аквариальной кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в течение 41 сут. проведено экспериментальное выращивание по представленной ниже схеме (табл. 1).

Была поставлена задача, изучить особенности роста массы тела рыб, отдельных частей и органов, основные морфометрические и рыбоводные показатели с последующей оценкой накопления селена, товарных и пищевых качеств выращенной рыбопродукции.

В качестве основного рациона (ОР) для кормления рыбы использовали специализированный производственный комбикорм «РОСТ Т – Salmo 1940» французской компании Le Goussant, содержащий 40% протеина и 25% жира. Кормление осуществляли по нормам, рекомендованным изготовителем. Раздача корма осуществлялась вручную 2 раза в сутки.

С учётом полученных ранее результатов опытное выращивание осуществлялось только в одном варианте в аналогичном бассейне, где к основному рациону дополнительно вводили добавку «Кормогран Селен-3» в количестве 0,5 мг/кг корма. Добавку вносили в корм широко практикуемым ихтиопатологами методом протравливания (Головина и др., 2003), равномерно распыляя полученную суспензию (раствор) на корм и давая ему просохнуть. Корма с добавкой готовили по необходимости, порционно.

«РОСТ Т – Salmo 1940» – среднеэнергетический корм для товарного выращивания лососевых рыб в условиях УЗВ. Рекомендуется для оптимальных и близких к оптимальным условиям выращивания (табл. 2). В состав комбикорма входят: рыбная мука, пшеничные отруби, соевый шрот, рапсовое масло, кукурузная клейковина, пшеница, рыбий жир, рапсовый шрот, переработанный животный белок из птицы, неочищенное пальмовое масло, гороховый протеин, гидролизированный животный белок, продукты крови (ЕВРОСНАБ Россия, 2023).

Таблица 1. Схема проведения опыта

Вариант	Кол-во, шт.	Средняя исходная масса рыбы, г	Плотность посадки,		Корм
			шт./м ³	кг/м ³	
1 (опыт)	27	55,0	75	4,1	РОСТ Т – Salmo 1940 + 0,5 мг/кг Se
2 (контроль)	27	60,0	75	4,5	РОСТ Т – Salmo 1940

Таблица 2. Экструдированный полнорационный корм для рыб «РОСТ Т – Salmo 1940»

Компоненты	Содержание, %
Сырой протеин	40,0
Сырой жир	25,0
Клетчатка	1,5
Зола	5,9
Кальций	1,07
Фосфор	0,87
Натрий	0,37
Минерально-витаминная добавка с ферментами (Витамины: А, Дз, Е (альфа токоферол), С. Антиоксиданты (Е310, Е 321). Ферменты (фитаза ЕС 3. 1.3.26 – 4a1641 (i), Микроэлементы – цинк, железо, марганец, медь, йод. Красители – астаксантин Е 161)	25,29

В процессе исследований регулярно осуществлялся контроль за основными гидрохимическими показателями и температурой водной среды в рыбоводных ёмкостях (Привезенцев, 1985). Контроль за ростом осуществлялся 1 раз в 15 дней путём вылова и взвешивания всех рыб.

По завершении выращивания из каждого бассейна отбирали по 10 особей для проведения морфометрических и морфофизиологических исследований (Правдин, 1966; Шварц и др., 1968). Рыбоводно-биологические показатели определяли путём взвешивания всех выращенных особей (Власов и др., 2005). Скорость роста рыб определяли по величине общепродукционного коэффициента массонакопления K_m (Щербина, Гамыгин, 2006) и относительной скорости роста (Хрусталева и др., 2016). При определении массы органов и живой массы рыб использовали электронные весы.

Изучение накопления селена в печени и мясе рыб при введении в рацион препарата «Кормогран Селен-3» в конце выращивания проводили по общепринятой методике (Методические указ-

зания МУК 4.1.033–95) в специализированной аккредитованной лаборатории.

Переработку форели (горячее копчение) проводили на кафедре технологии хранения и переработки продуктов животноводства РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева (по 5 экз. из каждой группы). Все экспериментальные образцы (тушки форели) поместили в индивидуальные ёмкости, и залили приготовленным солевым раствором (тузлуком). Время выдержки в тузлуке составило 4 ч при температуре 8°C. После завершения этого процесса, тушки форели разложили на решётку и поместили в термокамеру. Процесс копчения продолжался 1 ч, при температуре 80°C. После остывания все тушки взвесили для расчёта выхода и потерь готовой продукции от термической обработки, отделили мясо рыбы от костей и сняли кожу, после чего осуществили дегустационную оценку всех образцов копчёной форели.

Органолептическую оценку копчёной рыбы проводили по 9-балльной шкале (ГОСТ 7445–2015 «Рыба горячего копчения. Технические условия»). Были определены такие показатели, как цвет,

внешний вид, запах, вкус, консистенция, сочность. После чего была подсчитана средняя оценка баллов для всех исследуемых образцов.

Статистическую обработку данных проводили общепринятыми методами (Лакин, 1980), посредством компьютерной программы Microsoft Excel 2007. Статистическую значимость различий средних определяли по t-критерию Стьюдента для независимых выборок по компьютерной программе «Биостат».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Абиотические факторы водной среды оказывают существенное влияние на жизнедеятельность форели, и в первую очередь температура воды, которая в период экспериментальных исследований колебалась от 10,1 до 17,8°C. Содержание кислорода не опускалось ниже 39% насыщения (табл. 3).

Представленные данные гидрохимических показателей свидетельствуют о том, что экспериментальная установка

в целом позволяла поддерживать технологические параметры среды, которые необходимы для форели, однако в период исследований отмечены отдельные отклонения от технологических нормативов, как в опытном, так и контрольном вариантах (табл. 4).

Результаты выращивания форели показали, что использование кормовой добавки «Кормогран Селен-3» привело к некоторому снижению скорости массонакопления, а отсюда и других рыбопродуктивных биологических показателей (табл. 5). Данное обстоятельство вполне объяснимо, так как хорошо известно, что селен усиливает жировой обмен, снижая накопление полостного жира. Именно это обстоятельство и сказывается на скорости общего увеличения массы особей. Однако значительное накопление внутривисцерального жира с точки зрения качества рыбопродукции является отрицательным показателем, ухудшающим качество, диетические свойства и физиологическое состояние рыб.

Таблица 3. Температурный и кислородный режимы

Показатель	Температура воды, °С		Растворённый кислород (O ₂)			
			мг/л		% насыщения	
Вариант	1	2	1	2	1	2
Период 05.04 – 22.04.2021						
X ± Sx	14,1 ± 0,6	13,6 ± 0,5	7,3 ± 0,6	7,3 ± 0,5	70,3 ± 4,8	70,1 ± 4,2
Lim	10,5–17,8	10,7–16,3	3,9–11,3	3,8–10,4	41,0–100,0	39,0–95,0
Cv, %	16,7	15,1	31,2	27,1	26,4	23,4
Период 23.04 – 16.05.2021						
X ± Sx	13,0 ± 0,5	12,6 ± 0,4	7,1 ± 0,2	6,8 ± 0,2	67,6 ± 1,9	64,8 ± 4,0
Lim	10,4–17,5	10,1–15,7	5,9–8,4	5,7–7,9	57,0–78,0	55,0–75,0
Cv, %	16,3	13,9	13,6	11,9	11,2	10,4
Весь период выращивания 05.04 – 16.05.2021						
X ± Sx	13,3 ± 0,5	12,8 ± 0,4	7,2 ± 0,3	6,9 ± 0,3	68,2 ± 2,5	65,8 ± 2,4
Lim	10,4–17,8	10,1–16,3	3,9–11,3	3,8–10,4	41,0–100,0	39,0–95,0
Cv, %	16,8	14,2	20,3	18,5	17,0	16,5

Таблица 4. Гидрохимические показатели, мг/л

Показатель	Вариант	$\bar{X} \pm S_x$	Lim
Фосфаты P-PO ₄	1	5,0	5,0–5,0
	2	5,0	5,0–5,0
Аммоний N-NH ₄ ⁺	1	6,8±6,6	0,1–20,0
	2	3,5±3,3	0,1–10,0
Нитраты N-NO ₃ ⁻	1	8,4±3,2	0,2–20,0
	2	15,0±6,0	0,1–10,0
Нитриты N-NO ₂ ⁻	1	0,5±0,3	0,05–1,0
	2	0,7±0,3	0,05–1,0
рН, ед.	1	6,9±0,02	6,75–7,20
	2	6,9±0,02	6,75–7,20

Таблица 5. Рыбоводно-биологические показатели

Показатель	Вариант 1 (опыт)	Вариант 2 (контроль)	Вариант 1 к варианту 2, %
Средняя масса рыбы, г: исходная конечная	53,5 ± 10,6 153,5 ± 14,4	53,5 ± 10,6 178,0 ± 6,6	86,2
Количество, шт.: исходное конечное	27 27	27 27	–
Израсходовано корма, г	1900	1900	100
Ихтиомасса, г: исходная конечная	1444,5 4144,5	1444,5 4806,0	86,2
Выживаемость, %	100	100	–
Прирост ихтиомассы, г	2700,0	3361,5	80,3
Выход ихтиомассы, кг/м ³	41,5	48,1	86,3
Абсолютный прирост, г/шт.	100,0	124,5	80,3
Среднесуточный прирост, г/шт.	2,44	3,04	80,3
Среднесуточный прирост, %	2,36	2,62	90,1
Коэффициент массонакопления, Км	0,114	0,133	85,8
Расход корма, г/шт.	70,37	70,37	100
Суточный рацион, г/шт.	1,72	1,72	100
Затраты корма, кг/кг	0,71	0,57	124,6

При этом отсутствие накопления жировых отложений, задерживая рост общей массы особей, не снижает скорости их линейного роста и общего развития. Это подтверждают данные, приведенные в таблицах 6 и 7.

Средняя живая масса форели в конце эксперимента в контроле составила 178 г, что выше по сравнению с форелью в опыте на 24,5 г или на 16%, при этом по показателям длины тела, малой длины тела, длины головы, максималь-

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Таблица 6. Экстерьерные показатели форели (абсолютные значения)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Исходные данные на начало опыта (05.04.2021)			
Масса, г	53,5 ± 10,6	34,2 – 77,7	39,8
Общая длина, см	16,9 ± 0,9	15,3 – 19,0	0,8
Малая длина, см	15,5 ± 0,8	13,7 – 17,2	10,6
Длина головы, см	3,8 ± 0,2	3,2 – 4,3	12,3
Максимальная высота тела, см	3,4 ± 0,3	2,8 – 3,9	16,5
Минимальная высота тела, см	1,3 ± 0,1	1,1 – 1,6	16,7
Толщина тела, см	1,7 ± 0,1	1,4 – 2,1	17,3
Обхват тела, см	10,0 ± 0,9	8,2 – 11,8	17,1
Длина кишечника, см	7,7 ± 0,7	6,2 – 9,2	18,3
Длина желудка, см	4,9 ± 0,5	3,8 – 6,0	22,1
Коэффициент упитанности, %	1,07 ± 0,06	0,96 – 1,21	11,8
На 16.05.2021			
Вариант 1 (опыт)			
Масса, г	153,5 ± 14,4	130,1 – 179,8	16,3
Общая длина, см	22,6 ± 0,1	22,5 – 22,8	0,8
Малая длина, см	20,8 ± 0,5	19,7 – 21,6	4,7
Длина головы, см	3,5 ± 0,1	4,2 – 5,0	9,8
Максимальная высота тела, см	5,7 ± 0,07	5,6 – 5,8	2,0
Минимальная высота тела, см	2,0 ± 0,2	1,8 – 2,2	14,1
Толщина тела, см	2,5 ± 0,4	3,2 – 2,0	25,0
Длина тушки, см	17,1 ± 0,05	17,0 – 17,2	0,6
Длина кишечника, см	12,6 ± 1,07	10,5 – 13,9	14,7
Длина желудка, см	5,9 ± 1,13	3,6 – 7,0	33,5
Коэффициент упитанности, %	1,33 ± 0,1	1,14 – 1,52	14,3
Вариант 2 (контроль)			
Масса, г	178,0 ± 6,6	169,4 – 191,0	6,4
Общая длина, см	24,2 ± 0,4	23,7 – 25,0	2,8
Малая длина, см	21,6 ± 0,4	21,2 – 22,5	3,5
Длина головы, см	5,1 ± 0,3	4,6 – 5,5	9,0
Максимальная высота тела, см	5,8 ± 0,2	5,4 – 6,1	6,2
Минимальная высота тела, см	2,1 ± 0,05	2,0 – 2,2	4,8
Толщина тела, см	15,9 ± 0,2	15,5 – 16,3	2,5
Длина кишечника, см	13,6 ± 0,6	12,3 – 14,3	8,3
Длина желудка, см	6,4 ± 0,4	6,0 – 7,2	10,8
Коэффициент упитанности, %	1,25 ± 0,03	1,22 – 1,31	3,9

Таблица 7. Экстерьерные показатели форели (% к общей длине тела)

Показатель	X ± Sx	Lim	Cv, %
Исходные данные (05.04.2021)			
Малая длина тела	91,7 ± 1,1	89,5 – 94,3	2,3
Длина головы	22,5 ± 0,5	20,9 – 23,6	5,1
Максимальная высота тела	19,9 ± 0,8	18,3 – 22,3	8,7
Минимальная высота тела	7,8 ± 0,2	7,2 – 8,4	6,6
Толщина тела	10,2 ± 0,4	9,2 – 11,1	7,6
Обхват тела	59,3 ± 2,3	53,6 – 64,0	8,0
Длина кишечника	45,2 ± 2,7	39,5 – 52,6	12,0
Длина желудка	29,0 ± 1,8	24,8 – 32,6	13,0
16.05.2021			
Вариант 1 (опыт)			
Малая длина тела	91,9 ± 2,1	87,4 – 94,7	4,1
Длина головы	20,9 ± 1,1	18,7 – 22,2	9,3
Максимальная высота тела	25,4 ± 0,3*	24,9 – 25,8	1,8
Минимальная высота тела	8,4 ± 0,6	7,6 – 9,6	12,6
Толщина тела	11,0 ± 1,5	8,9 – 14,0	24,0
Длина тушки	75,7 ± 0,17*	75,4 – 76,0	0,4
Длина кишечника	56,0 ± 5,0	46,1 – 61,8	15,4
Длина желудка	25,9 ± 5,0	16,0 – 31,1	33,2
Вариант 2 (контроль)			
Малая длина тела	89,3 ± 0,5	88,3 – 90,0	1,0
Длина головы	21,0 ± 0,8	19,4 – 22,0	6,8
Максимальная высота тела	23,9 ± 0,7	22,5 – 24,9	5,3
Минимальная высота тела	8,7 ± 0,2	8,3 – 8,9	3,7
Толщина тела	12,0 ± 0,4	11,2 – 12,5	5,7
Длина тушки	64,4 ± 2,3	60,0 – 67,9	6,3
Длина кишечника	56,3 ± 3,5	49,2 – 59,9	10,8
Длина желудка	26,4 ± 1,2	25,0 – 28,8	8,0

Примечание: * – разность достоверна при P < 0,05

ной высоты тела, толщины, обхвата тела и длины тушки разность была незначительная и статистически не достоверна. Таким образом, результаты выращивания свидетельствуют о несколько большем увеличении массы форели без применения селена по сравнению с рыбами,

выращиваемыми с применением изучаемой кормовой добавки.

Рост рыб обусловлен изменением не только абсолютных значений различных морфологических структур, но и их соотношением, а, следовательно, и относительными показателями (табл. 7).

Полученные данные свидетельствуют о том, что существуют некоторые различия в показателях телосложения исследуемых групп форели. Выявлена общая закономерность по индексам максимальной высоты тела и длине кишечника: с увеличением массы рыбы эти показатели на 20–40% превосходят значения по сравнению с началом исследований. Причём в опытном варианте, где применяли препарат, содержащий селен, значения близки достоверной разницы. Это косвенно свидетельствует о том, что во втором варианте рыба была более упитанной за счёт накопления полостного жира. Выявлены статистически значимые превышения в опытной группе по индексам максимальной высоты тела и длине тушки по сравнению с контролем, что указывает на более высокую линейную скорость роста и развития особей при скармливании селенсодержащей кормовой добавки. Другие пластические показатели у изучаемых групп различаются не достоверно (табл. 7).

Работами многих исследователей, показано, что относительная масса (индекс) отдельных органов и тканей чётко отражает физиологическое состояние животных, в частности рыб, на различных этапах онтогенеза, и поэтому может быть использована для прогнозирования характера их созревания и роста. Определение состояния популяции посредством сравнения индексов внутренних органов получило название «метод морфофизиологических индикаторов» (Шварц и др., 1968). Широкое распространение этот метод получил при исследованиях различных популяций рыб в естественных условиях, а также при физиологической и генетической оценке прудовых рыб (Маслобойщикова, Есавкин, 2013). Абсолютные показатели интерьерера, как и экстерьер форели, из-

менялись согласно увеличению массы рыбы (табл. 8).

Установлено, что введение препарата в комбикорма для форели способствуют снижению относительной массы сердца, селезёнки, гонад, накоплению полостного жира. По двум последним показателям разность достоверна по сравнению с контролем (табл. 9).

Выращивание в искусственных условиях обычно сопровождается дифференциацией размеров и пропорций тела рыб. Морфологические исследования показывают, что относительная масса большинства показателей у опытной форели различается не достоверно (табл. 10, 11).

Исключением является относительная масса красных мышц у форели, не получавшей селен (вариант 2), по сравнению с контролем (табл. 11). Эти различия обусловлены изменением интенсивности жирового обмена в данном варианте.

Исследования по содержанию селена показали, что при введении в рацион форели препарата «Кормогран Селен-3» интенсивное накопление селена происходило в печени, где его содержание увеличилось в 613,9 раза (с 1112 до 15363 мкг/кг). При этом содержание данного элемента в белых мышцах возросло в 5,2 раза, а в красных – в 2 раза (табл. 12).

Оценивая содержание селена в белых и красных мышцах выращенной форели, и сопоставляя его с существующими «Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утверждёнными Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21..., 2021) можно констатировать, что в соответствии с

Таблица 8. Масса внутренних органов форели, г

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Исходные показатели (05.04.2021)			
Сердце	0,13 ± 0,02	0,1 – 0,2	40,0
Селезёнка	0,10 ± 0,00	0,1 – 0,1	0,0
Печень	0,63 ± 0,22	0,2 – 1,0	69,6
Плавательный пузырь	0,13 ± 0,025	0,1 – 0,2	40,0
Желудок	1,28 ± 0,30	0,7 – 2,1	51,4
Кишечник	1,45 ± 0,30	0,9 – 2,3	44,5
Внутренний жир	0,90 ± 0,10	0,05 – 0,1	28,6
Почки	0,1 ± 0,0	0,1 – 0,1	0,0
Гонады	0,1 ± 0,0	0,1 – 0,1	0,0
16.05.2021			
Вариант 1 (опыт)			
Сердце	0,22 ± 0,06	0,10 – 0,30	48,0
Селезёнка	0,20 ± 0,05	0,10 – 0,30	50,0
Печень	2,23 ± 0,30	1,70 – 2,70	22,5
Плавательный пузырь	0,27 ± 0,03	0,20 – 0,30	21,7
Желудок	3,90 ± 0,90	2,16 – 6,50	47,3
Кишечник	3,90 ± 0,40	2,7 – 4,5	21,0
Внутренний жир	2,40 ± 0,40	1,7 – 2,9	26,4
Почки	1,10 ± 0,2	0,8 – 1,5	32,0
Гонады	0,10 ± 0,0	0,1 – 0,1	0,0
Вариант 2 (контроль)			
Сердце	0,30 ± 0,06	0,2 – 0,4	33,3
Селезёнка	0,20 ± 0,05	0,1 – 0,3	50,0
Печень	3,0 ± 0,2	2,6 – 3,4	13,3
Плавательный пузырь	0,23 ± 0,08	0,10 – 0,40	65,5
Желудок	4,40 ± 1,30	2,6 – 7,0	53,2
Кишечник	4,80 ± 0,40	4,1 – 5,5	14,5
Внутренний жир	5,10 ± 0,60	4,2 – 6,2	20,3
Почки	1,50 ± 0,20	1,3 – 1,9	21,0
Гонады	0,25 ± 0,10	0,1 – 0,5	87,2

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Таблица 9. Интерьерные индексы форели (% к массе рыбы)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Исходные данные (05.04.2021)			
Сердце	0,25 ± 0,04	0,13 – 0,31	32,7
Селезёнка	0,22 ± 0,03	0,15 – 0,29	33,4
Печень	1,06 ± 0,20	0,59 – 1,54	41,1
Плавательный пузырь	0,25 ± 0,04	0,13 – 0,31	32,7
Желудок	2,30 ± 0,10	2,05 – 2,70	12,3
Кишечник	2,70 ± 0,30	2,06 – 3,53	22,2
Внутренний жир	0,18 ± 0,40	0,13 – 0,29	42,5
Почки	0,21 ± 0,04	0,33 – 1,31	38,9
Гонады	0,21 ± 0,04	0,13 – 0,29	38,9
16.05.2021			
Вариант 1 (опыт)			
Сердце	0,14 ± 0,03	0,08 – 0,17	37,1
Селезёнка	0,11 ± 0,02	0,06 – 0,16	35,6
Печень	1,45 ± 0,07	1,31 – 1,53	8,2
Плавательный пузырь	0,17 ± 0,01	0,15 – 0,20	14,5
Желудок	3,00 ± 0,70	2,23 – 4,31	38,9
Кишечник	2,90 ± 0,20	2,50 – 3,20	13,0
Внутренний жир	1,57 ± 0,14*	1,31 – 1,79	15,4
Почки	0,60 ± 0,02	0,56 – 0,66	8,2
Гонады	0,06 ± 0,01*	0,05 – 0,08	24,1
Вариант 2 (контроль)			
Сердце	0,17 ± 0,02	0,12 – 0,21	27,1
Селезёнка	0,14 ± 0,01	0,11 – 0,16	47,2
Печень	1,68 ± 0,07	1,54 – 1,78	7,5
Плавательный пузырь	0,12 ± 0,04	0,06 – 0,21	63,0
Желудок	2,50 ± 0,78	1,54 – 4,04	55,4
Кишечник	2,70 ± 0,20	2,42 – 3,17	14,7
Внутренний жир	2,83 ± 0,20	2,48 – 3,25	13,7
Почки	0,90 ± 0,10	0,81 – 1,00	14,8
Гонады	0,13 ± 0,02	0,06 – 0,17	32,9

Примечание: * – разность достоверна при $P < 0,05$

Таблица 10. Морфологическая характеристика форели (абсолютные показатели, г)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Исходные данные (05.04.2021)			
Масса рыбы, г	53,5 ± 10,6	34,2 – 77,7	39,8
Порка	48,2 ± 9,6	30,9 – 70,4	28,0
Тушка	37,2 ± 7,9	23,0 – 57,4	42,9
Голова	6,9 ± 1,2	4,4 – 9,0	34,3
Жабры	1,8 ± 0,30	1,2 – 2,5	34,2
Кожа	3,8 ± 0,8	2,5 – 6,0	43,1
Мышцы	25,7 ± 5,6	15,7 – 39,3	43,7
Белые мышцы	24,8 ± 5,4	15,3 – 38,1	43,8
Красные мышцы	0,9 ± 0,2	0,4 – 1,4	49,4
Плавники	1,20 ± 0,20	0,8 – 1,6	35,5
16.05.2021			
Вариант 1 (опыт)			
Масса рыбы, г	153,5 ± 14,4	130,1 – 179,8	16,3
Порка	135,3 ± 14,8	113,5 – 163,7	19,0
Тушка	106,1 ± 8,6	94,3 – 122,8	14,0
Голова	17,7 ± 2,1	15,1 – 21,8	20,5
Жабры	4,0 ± 0,3	3,7 – 4,5	10,9
Кожа	12,1 ± 1,7	9,0 – 15,0	24,9
Мышцы	81,5 ± 6,1	69,6 – 90,1	13,0
Белые мышцы	76,5 ± 5,8	65,5 – 84,5	13,3
Красные мышцы	5,0 ± 0,3	4,6 – 5,6	21,1
Плавники	2,5 ± 0,3	2,2 – 3,0	18,7
Вариант 2 (контроль)			
Масса рыбы, г	178,0 ± 6,6	169,4 – 191,0	6,4
Порка	150,3 ± 5,6	142,8 – 161,2	6,4
Тушка	124,5 ± 5,2	118,7 – 135,0	7,3
Голова	18,4 ± 0,8	17,3 – 20,1	8,1
Жабры	5,5 ± 0,6	4,4 – 6,5	19,2
Кожа	13,8 ± 0,7	5,1 – 9,8	27,5
Мышцы	93,3 ± 2,9	87,6 – 97,4	5,4
Белые мышцы	85,6 ± 2,7	80,5 – 90,0	5,6
Красные мышцы	7,7 ± 0,5	7,1 – 8,6	10,3
Плавники	2,7 ± 0,2	2,5 – 3,0	9,8

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Таблица 11. Морфологическая характеристика форели (относительные показатели, % к массе рыбы)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Исходные показатели (05.04.2021)			
Порка	90,0 ± 0,3	89,2 – 90,6	0,7
Тушка	69,0 ± 1,8	65,1 – 73,9	5,5
Голова	13,3 ± 0,9	11,5 – 15,8	14,9
Жабры	3,5 ± 0,12	3,2 – 3,8	7,2
Кожа	8,5 ± 0,2	7,8 – 8,9	5,1
Мышцы	47,5 ± 1,1	45,9 – 50,6	4,5
Белые мышцы	45,7 ± 1,0	44,5 – 49,0	4,8
Красные мышцы	1,7 ± 0,2	1,2 – 2,1	4,5
Плавники	2,3 ± 0,08	2,1 – 2,5	7,3
16.05.2021			
Вариант 1 (опыт)			
Порка	87,9 ± 1,6	85,5 – 91,0	3,2
Тушка	69,3 ± 1,6	67,2 – 72,5	4,0
Голова	11,5 ± 0,4	10,7 – 12,1	6,2
Жабры	2,6 ± 0,1	2,5 – 2,8	6,7
Кожа	7,8 ± 0,4	6,9 – 8,3	9,7
Мышцы	53,3 ± 1,8	48,5 – 58,4	5,8
Белые мышцы	50,0 ± 1,8	47,0 – 53,1	6,1
Красные мышцы	3,3 ± 0,13*	3,1 – 3,5	7,1
Плавники	1,6 ± 0,07	1,5 – 1,7	7,1
Вариант 2 (контроль)			
Порка	84,5 ± 1,3	82,3 – 86,8	2,7
Тушка	70,0 ± 0,8	68,4 – 70,8	1,9
Голова	10,3 ± 0,08	10,2 – 10,5	1,5
Жабры	3,2 ± 0,4	2,5 – 3,8	20,6
Кожа	7,7 ± 0,08	7,6 – 7,9	2,0
Мышцы	52,4 ± 1,1	51,0 – 54,6	3,6
Белые мышцы	48,1 ± 0,8	47,1 – 49,6	2,8
Красные мышцы	4,3 ± 0,3	3,8 – 5,0	14,1
Плавники	1,5 ± 0,03	1,5 – 1,6	3,8

Примечание: * – разность достоверна при $P < 0,05$.

Таблица 12. Содержание селена в органах и тканях форели

Элемент	Печень		Белые мышцы		Красные мышцы	
	1 (опыт)	2 (контроль)	1 (опыт)	2 (контроль)	1 (опыт)	2 (контроль)
Se, мкг/кг	15363 ± 1540	1112 ± 110	162 ± 20	31,2 ± 3,1	192 ± 20	96 ± 10

Таблица 13. Товарные качества

Показатель	Масса сырой тушки, г		Масса готовой продукции (копчение)			
	1 (опыт)	2 (контроль)	1 (опыт)		2 (контроль)	
	г	г	г	%	г	%
$X \pm S_x$	141,8±12,5	123,6±7,0	113,6±10,4	67,4±14,8	104,4±6,6	85,0±1,8
Lim	108–180	103–139	87–151	81–84	89–119	80–89
Cv, %	19,8	13,2	20,7	49,2	14,2	4,8

Таблица 14. Состав тушки готовой продукции

Показатель	Вариант опыта	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Масса, г	1	113,6 ± 10,5	87 – 151	20,7
	2	104,4 ± 6,6	89 – 119	14,2
Кожа, г %	1	17,8 ± 2,3	12,8 – 26,1	29,4
		14,1 ± 1,1	10,7 – 17,3	17,4
	2	16,1 ± 1,4	12,9 – 20,9	20,3
		15,3 ± 0,7	13,7 – 17,6	9,9
Мякоть, г %	1	88,4 ± 9,3	59,0 – 117	23,6
		77,3 ± 2,5	68,0 – 81,7	7,1
	2	82,0 ± 5,2	69,0 – 95,0	14,2
		78,6 ± 0,7	76,5 – 80,5	2,1
Кости, г %	1	5,2 ± 0,6	4,4 – 7,5	24,8
		4,6 ± 0,2	4,2 – 5,1	9,1
	2	6,3 ± 0,3	5,5 – 7,0	9,9
		6,1 ± 0,5	5,3 – 7,8	16,5

ГОСТ Р 55577–2013 выращенная в опыте рыба может быть отнесена к функциональному продукту – источнику селена, так как его содержание в 100 г мяса форели составляло 23–29% от суточной нормы взрослого человека (70 мкг для мужчин и 55 мкг для женщин).

Комплексный анализ качества товарной продукции и её пищевой ценности показал преимущество форели из опытного варианта выращивания, по сравнению с контролем (табл. 13, 14). Имеющиеся различия свидетельствуют о более высокой пищевой ценности то-

Таблица 15. Дегустационная оценка мяса (оценка по 9-балльной шкале)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Вариант 1 (опыт)			
Внешний вид	8,4 ± 0,3	7 – 9	9,3
Цвет	7,9 ± 0,4	6 – 9	13,6
Запах	8,4 ± 0,4	6 – 9	13,5
Вкус	8,1 ± 0,5	6 – 9	14,9
Консистенция	7,6 ± 0,4	6 – 9	12,9
Сочность	8,7 ± 0,2	8 – 9	5,6
Сумма баллов	49,1 ± 1,5	44 – 54*	7,8
Вариант 2 (контроль)			
Внешний вид	8,1 ± 0,3	7 – 9	11,0
Цвет	7,7 ± 0,3	7 – 9	9,8
Запах	8,0 ± 0,6	5 – 9	19,1
Вкус	7,1 ± 0,7	4 – 9	27,3
Консистенция	7,1 ± 0,3	6 – 8	12,6
Сочность	8,1 ± 0,4	7 – 9	13,1
Сумма баллов	46,2 ± 2,0	38 – 53	11,4

Примечание: * – разность достоверна при $P < 0,05$.

варной продукции при использовании препарата «Кормогран Селен-3».

Проведённая органолептическая оценка готового продукта (табл. 15) показала, что мясо радужной форели опытной группы имело более приятный вкус, сочность и нежную консистенцию. Эти различия отразились на общей средней оценке продукта. Средний балл в варианте с использованием препарата достоверно превосходит контроль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённых исследований по использованию кормовой добавки «Кормогран Селен-3» при выращивании форели в условиях УЗВ показали, что по ряду морфометрических показателей не отмечено существенных достоверных различий между опытной и контрольной группами. Вместе с тем уста-

новлено, что применение селенсодержащей добавки способствовало интенсификации жирового обмена у форели опытной группы, что замедлило процесс накопления особями внутривисцерального жира. Это повлекло некоторое отставание в процессе общего массонакопления и снижение рыбопродуктивности биологических показателей. При этом отсутствие накопления жировых отложений, задерживая рост общей массы особей, не снижает скорости их линейного роста и общего развития. Комплексный анализ качества товарной рыбы и её пищевой ценности показал преимущества опытной партии по сравнению с контролем по выходу съедобных частей, органолептической оценке копчёной продукции, которая одновременно может быть отнесена к функциональному продукту, как источнику селена.

Исследования показали, что при введении в рацион форели препарата «Кормогран Селен-3» основное накопление селена происходило в печени, где его содержание увеличилось в 613,9 раза (с 1112 до 15363 мкг/кг). При этом содержание данного элемента в белых мышцах возросло в 5,2 раза, а в красных – в 2 раза. Оценивая выращенную в опытном варианте форель, можно констатировать, что в соответствии с ГОСТ Р 55577–2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности» она может быть отнесена к функциональному продукту, как источнику селена, так как его содержание в мясе форели составляет 23–29% от суточной нормы взрослого человека в 100 г продукта (70 мкг для мужчин и 55 мкг для женщин).

Отмечая проблему интенсивного жиронакопления при выращивании рыб на тёплых водах, приводящую к ухудшению их физиологического состояния и качественных показателей товарной продукции, можно констатировать, что одним из способов снижения вредного влияния аккумулируемых в организме липидов могут служить добавки в корма биологически активных веществ, содержащих в составе селен.

Кроме того проведённые исследования показывают возможность целенаправленного прижизненного обогащения мяса рыб селеном через скармливаемые комбикорма в целях получения рыбы, отвечающей требованиям продукта функционального питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аквакультура остаётся драйвером рыбной отрасли (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://srv.fishnews.ru/news/46572> (дата обращения 13.02.2023).

Власов В.А., Привезенцев Ю.А., Завьялов А.П. Практикум по рыбоводству // М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2005. 106 с.

Галатдинова И.А., Древо Я.Б., Трушина В.А. Влияние селенсодержащего препарата ДАФС-25 на некоторые рыбоводно-биологические показатели молоди карпа // Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.П. Коробова: Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны (Саратов, 14–16 мая 2015 г.). Саратов: Научная книга, 2015. С. 21–25.

Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н. и др. Ихтиопатология. М.: Мир, 2003. 448 с.

Голод В.М., Крупкин В.З., Сахаров А.М. и др. К стратегии развития аквакультуры России // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2008. № 2. С. 3–5.

ГОСТ 7445-2015 «Рыба горячего копчения. Технические условия» (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293760/4293760799.pdf> (дата обращения 03.02.2023).

ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности (с изменением № 1). (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200107585> (дата обращения 03.02.2023).

ЕВРОСНАБ Россия (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://eurosnaab.com/categories/40/forelevyy-korm-40/70> (дата обращения 03.03.2023).

Есавкин Ю.И., Панченков Г.Т., Панов В.П., Базутко Н.П. Морфологические и физиолого-биохимические особенности радужной форели, выращиваемой на кормах с добавками селена и токоферола (препарат «Эсвекс») // Материалы и доклады международного сим-

- позиума: Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата (г. Астрахань, 16–18 апреля, 2007 г.). Астрахань: АГТУ, 2007. С. 458–460.
- Жигин А.В., Сытова М.В., Есавкин Ю.И.* Аквакультура как источник функциональных продуктов питания // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201. Вып. 4. С. 910–922.
- КОРМОГРАН* (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://kormogran.ru/> (дата обращения 20.02.2023).
- Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.
- Левина О.А.* Технологические приёмы повышения эффективности товарного осетроводства: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10. Астрахань, 2017. 136 с.
- Маслобойщикова В.В., Есавкин Ю.И.* Характеристика производителей двух форм форели и их потомства // Доклады ТСХА. Сборник статей, 2013. С. 446–448.
- Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21.* Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/> (дата обращения 11.12.2021).
- Методические указания МУК 4.1.033–95.* Химические факторы. Определение селена в продуктах питания (Электронный ресурс). Режим доступа: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/401377/ (дата обращения 10.12.2021).
- Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. М.: Изд-во Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Привезенцев Ю.А.* Использование тёплых вод для разведения рыбы. М.: Агропромиздат, 1985. 176 с.
- Пудовкин Н.А., Смутнев П.В.* Динамика накопления и распределения селена в организме некоторых видов пресноводных рыб при добавлении в корм селенсодержащего препарата // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 142–147.
- Пудовкин Н.А., Смутнев П.В., Кутепова И.Ю., Кутепов А.Ю.* Состояние окислительно-антиоксидантной системы у пресноводных рыб // Вестник ветеринарии. 2013. № 65 (2/2013). С. 53–56.
- Селен – незаменимый микроэлемент* (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://cgon.rosпотребнадзор.ru/content/ostalnoe/selen-nezamenimyj-mikroelement> (дата обращения 11.08.2021).
- Сергеева Т.Г.* Биохимия витаминов и минеральных элементов. Калининград: КГТУ, 1998. 122 с.
- Хаирова А.Р.* Содержание селена в органах и тканях карпа при введении в рацион органического селенсодержащего препарата ДАФС-25 // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2018. № 3. С. 32–35.
- Хрусталева Е.И., Курапова Т.М., Савина Л.В. и др.* Товарное лососеводство. С-Пб.: Лань, 2016. 369 с.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринская Л.Н.* Метод морфо-физиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФ АН СССР. 1968. Вып. 58. 387 с.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А.* Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 364 с.
- Lovell R.T.* Selenium in fish feeds: nutritional, environment and legal aspects // Aquacult. Meg. 1996. V. 22. № 1. P. 76–81.
- Watanabe T., Kirov V., Satoh S.* Trace minerals in fish nutrition // Aquaculture, 1997. V. 151. № 1–4. P. 185–207.

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

**THE EFFECT OF THE FEED ADDITIVE
«KORMOGRAN SELEN-3» ON FISH BREEDING,
MORPHOMETRIC INDICATORS
AND MARKETABLE QUALITIES OF RAINBOW TROUT**

A.V. Zhigin^{1,2}, M.V. Sytova¹, Y.I. Esavkin², S.A. Grikshas², A.S. Petrov³

*1 – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography ,
Russia, Moscow, 105187*

*2 – Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, 127550*

*3 – Federal State Budgetary Institution «All-Russian State Center
for Quality and Standardization of Medicines for Animals
and Feed», Russia, Moscow, 123022*

An experimental cultivation of rainbow trout was carried out using the selenium-containing feed additive «Kormogran Selen-3». According to a number of morphometric parameters, there were no significant true differences between the experimental and control groups, however, an intensification of fat metabolism in the trout of the experimental group was established, which slowed down the process of accumulation of intracavitary fat by individuals. This caused some lag in the process of total mass accumulation and some decrease in fish-breeding and biological indicators. At the same time, there was no decrease in the rate of linear growth and overall development of fish. The main accumulation of selenium occurred in the liver, where its content increased by 613,9 times (from 1112 to 15363 µg/kg). At the same time, the content of this element in white muscles increased by 5,2 times, and in red – by 2 times, which indicates the possibility of intravital enrichment of muscle tissue of rainbow trout with selenium. The analysis of the quality of commercial fish and its nutritional value showed the advantages of the experimental batch in comparison with the control of the yield of edible parts, organoleptic evaluation of smoked products, which at the same time can be attributed to a functional product as a source of selenium.

Keywords: fish feeding, *Oncorhynchus mykiss aguabonita* Jordan, rainbow trout, selenium, selenium-containing feed additive, functional nutrition.