

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 639.3.07; 639.3.043.13

**ОПЫТ ПЕРЕВОДА МОЛОДИ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA*)
С ЕСТЕСТВЕННОЙ ПИЩИ НА ИСКУССТВЕННЫЙ КОРМ**

© 2019 г. А. А. Лютиков, А. Е. Королев

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург, 199053
E-mail: tokmo@mail.ru

Поступила в редакцию 28.06.2019 г.

Приведены результаты исследований по определению оптимальной средней массы молоди судака при ее переводе с питания зоопланктоном на искусственный корм. Установлено, что судак лучше переходит на искусственную диету при средней массе 136 мг по сравнению с массой 312 и 533 мг. При этом показано преимущество использования смешанного кормления, когда в течение первых двух недель рацион включает, как живые, так и искусственные корма. Молодь, выращенная таким способом до средней массы 1,2 г, характеризуется повышенной выживаемостью — до 69%, против 49% в варианте опыта, где в качестве корма использовали только искусственные диеты, и лучшими физиологическими показателями, близкими к таковым у дикой молоди.

Ключевые слова: судак, *Sander lucioperca*, молодь, пруды, промышленные технологии, бассейны, искусственный корм.

ВВЕДЕНИЕ

Судак *Sander lucioperca* — перспективный объект аквакультуры, обладающий высоким темпом роста и прекрасными вкусовыми качествами. Тем не менее, судак остается одним из наиболее сложных культивируемых видов, технология выращивания которого до сих пор до конца не разработана. Сложность при работе с этим видом заключается в подращивании личинок и обеспечении их адекватным кормом.

До недавнего времени основным способом получения молоди судака в искусственных условиях было выращивание сеголеток в прудах на естественной кормовой базе. Однако подобный опыт показал, что уже к середине-концу июля в прудах наблюдается депрессия кормовой базы, вызванная выеданием зоопланктона и зообентоса молодью, а также массовым вылетом имаго насекомых, приходящегося на данный период. Это обуславливает замедление и остановку роста сеголеток судака (Королев, 1984). По

этой причине, начиная с августа, дальнейшее выращивание молоди оказывается малоэффективным. Средняя масса сеголеток судака, как правило, не превышает 3–5 г. Результаты выращивания оказываются неустойчивыми, как по показателям роста, так и по выживаемости рыб. В связи с этим, начиная с 90-х годов прошлого столетия, в рыболовной практике стали применять промышленные способы выращивания молоди судака с использованием установок замкнутого водоснабжения (УЗВ). Большое внимание уделяется разработке интенсивных методов культивирования судака, в том числе и с применением искусственных кормов.

Мировой опыт выращивания ранней молоди судака по промышленной технологии в бассейнах и лотках показывает, что при использовании исключительно искусственного корма в первые 21–25 сут. после начала питания личинок, отмечается их повышенная смертность, достигающая 100% (Бабурин, 1961; Михеев и др., 1970; Beyerle, 1975; Antalfi, 1979; Ruuhijärvi et al.,

1991; Schlumberger, Proteau, 1991; Ruuhijärvi, Huvinen, 1996; Михайлова, 2001; Королев, 2005). Вероятно, это обусловлено тем, что состав кормов, используемых при кормлении личинок, не соответствует их физиологическим потребностям. С начала 2000-х годов сведения о стартовых искусственных кормах для судака, которые можно было бы использовать без естественной пищи, в отечественной и западной литературе не встречались. Более того, высказывалось предположение, что пищеварительные возможности ранних личинок этого вида ограничены и не позволяют утилизировать искусственные диеты (Mani-Ponset et al., 1994; Nyina-Wamwiza et al., 2005).

Стартовые искусственные корма для судака не разработаны и по настоящее время, а раннюю молодь выращивают на живых кормах, иногда с добавлением искусственных. Поэтому существующие в мировой рыбоводной практике технологии культивирования молоди судака осуществляются комбинированным способом, включающего два этапа. На первом этапе выращивание проводят в прудах на естественной кормовой базе или в индустриальных условиях с применением живых кормов до средней массы судака 0,4–1,0 г. При указанных навесках молодь минует все критические этапы и дальнейшая ее смертность при использовании искусственных кормов минимальна и соответствует естественной. На втором этапе подращенную молодь переводят на искусственный корм в индустриальных условиях с подогревом воды. Момент перевода судака с естественной пищи на искусственную является наиболее важным при комбинированном способе культивирования этого вида.

Как известно, использование фито- и зоопланктона с начала питания способствует улучшению выживаемости и роста личинок рыб, однако значительно повышает трудоемкость и стоимость рыбоводного процесса. В связи с этим оптимизация выращивания судака в индустриальных условиях направлена на сокращение периода применения живого корма и на наиболее ранний перевод личинок на искусственные диеты (Kowalska

et al., 2006; Hamza et al., 2007; Kestemont et al., 2007; Steinfeldt et al., 2010; Хрусталеv, Дельмухаметов, 2010; Дельмухаметов, 2012; Дельмухаметов и др., 2013; Лютиков и др., 2018). Несмотря на проведенные в этом направлении исследования, вопрос определения минимальной оптимальной средней массы молоди судака при переводе с живых на искусственные корма остается открытым.

Целью настоящих исследований было определение средней массы судака, наиболее подходящей для его отлучения от естественной пищи и последующего перевода на искусственные диеты. Для осуществления данной цели были поставлены задачи подрастить молодь судака в прудах на зоопланктоне до массы 100–500 мг для дальнейшего выращивания по индустриальной технологии с использованием искусственных кормов, а также разработать полноценные высокобелковые искусственные диеты для отлучения подращенных судаков. Результаты этих исследований представлены в настоящей работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по разработке элементов комбинированной технологии получения ранней молоди судака с использованием живых и искусственных кормов проводились в мае-июле 2018 г. на базе крестьянского прудового рыбоводного питомника К. А. Аверченкова (пос. Приладожское, Ленинградская обл.) и рыбоводного хозяйства ООО «Форват» (оз. Суходольское, Ленинградская обл.) при естественном температурном режиме воды.

При проведении нереста судака, получении икры и ее дальнейшей инкубации применялись методические рекомендации, разработанные ранее в ГосНИОРХ (Терешенков, Королев, 1997). В нересте участвовало 19 самок и 23 самца судака из маточного стада ООО «Форват», которые были равномерно размещены в 4-х пластиковых бассейнах размером 2 м × 2 м × 0,6 м каждый, с установленными искусственными гнездами.

Бассейны были разделены перегородками на 4 секции (нерестовых гнезда) площадью по 1 м². На каждое гнездо высаживалось от 1 до 2 самок и 2–4 самца. Гормональная стимуляция производителей не проводилась. Наличие икры на нерестовых гнездах в бассейнах проверяли ежедневно в утренние часы. Общее количество икры судака, полученное в ходы выполнения исследований, составило 3,8 млн. шт. Икру инкубировали в модифицированной моросильной камере Войнаровича (Королев, Терешенков, 1995).

После вылупления и перехода на горизонтальный плав часть предличинок была выпущена в три пруда рыбопитомника. Зарыбление прудов предличинками осуществлялось дважды в разные сроки и совпадало с началом перехода судаков на внешнее питание. Для перевозки предличинок в пруды использовали полиэтиленовые мешки с водой с добавлением кислорода. Всего было перевезено и выпущено 294 тыс. экз. предличинок средней массой 0,4 мг. В пруд № 8 (7 га) было посажено 224 тыс. экз., в пруд № 7 (2,7 га) — 70 тыс. экз., в пруд № 10 (7 га) — 140,0 тыс. экз. Плотность посадки составила, соответственно, 28, 26 и 20 тыс. экз./га.

Максимальная глубина прудов не превышает 2,4 м, средняя — 1,2 м. Благодаря малым глубинам пруды быстро прогреваются в весенний период. Максимальная температура воды в прудах за прошлые годы наблюдений не превышала 25,3 °С.

Гидрохимический режим прудов соответствовал требованиям, предъявляемым при выращивании молоди судака. Сумма ионов в воде находилась в пределах 30–60 мг/дм³; жесткость — 1–2 ммоль/дм³; рН — 6,6–9,2; концентрация Са²⁺ составляла 5–7 мг/дм³; Fe (общ.) — 0,06–0,08 мг/дм³; Si — 0,1–0,3 мг/дм³, СО₂ — 0,6–7,2 мг/дм³, О₂ — 6,2–13,1 мг/дм³ (84–120% насыщения). Вода характеризовалась низким содержанием азота и фосфора: N-NH₄⁺ — 0,06–0,41 мг/дм³, N-NO₂⁻ — до 0,001 мг/дм³, N-NO₃⁻ — до 0,08 мг/дм³, P-PO₄³⁻ — до 0,015 мг/дм³, P (общ.) —

0,005–0,031 мг/дм³, перманганатная окисляемость составляла 7,8 мг О₂/дм³. По содержанию органического вещества пруды относятся к мезотрофному типу водоемов.

Летом 2018 г. в пруды были внесены органические удобрения, что определило высокий уровень развития кормовых организмов, характеризующий пруды по этому показателю, как весьма высококормные водоемы с биомассой зоопланктона более 10 г/м³ (по классификации Пидгайко и др., 1968). Основу видового состава в прудах Приладожского прудового рыбопитомника (от 13.06.2018 г.) составили представители коловраток (*Rotatoria*) — численностью 644 экз./м³ и биомассой 0,69 г/м³, ветвистоусые рачки (*Cladocera*) — 911 экз./м³ и 16,87 г/м³ и веслоногие рачки (*Copepoda*) — 943 экз./м³ и 16,01 г/м³, соответственно.

Молодь судака в прудах облавливали мальковым неводом длиной 25 м с шагом ячеи в крыльях — 10–12 мм и кутком в мотне из газа № 8.

Первый отлов подращенных личинок проводили 13 июня в пруду № 7, где было поймано 1137 экз. судака со средней индивидуальной массой 136,4±3,2 мг и длиной 22,6±0,2 мм. На рыболовное хозяйство ООО «Форват» судака перевозили в двух полиэтиленовых пакетах, заполненных прудовой водой с добавлением кислорода. Перевозка занимала около 80 мин, температура воздуха в это время находилась в пределах 18–20 °С, температура воды — 19,5 °С. Часть молоди была травмирована еще при облове, что негативно отразилось на результатах перевозки. Смертность в процессе транспортировки составила 132 экз. или 11,6%. После выравнивания температуры воды в пакетах с таковой на рыболовном хозяйстве (15,6 °С), молодь судака была высажена в три экспериментальных бассейна (варианты опыта №№ 1–3). Начальная плотность посадки личинок составляла 335 экз./бассейн или 6,7 экз./л.

Второй облов проводился в более поздние сроки — 2 июля, с целью получения более крупной молоди. В пруду № 8 было выловлено 528 экз. судака средней массой

311,5±32,6 мг и длиной 26,5±1,0 мм; в пруду № 10, соответственно, 98 экз. средней массой 538,0±16,6 мг и длиной 34,8±0,2 мм. Перевозка молоди осуществлялась аналогично первому разу. Температура воды в прудах и бассейнах на рыбноводном хозяйстве была практически одинаковой и составляла 16,0 и 16,7 °С, соответственно. Молодь из второй партии рассадили в два бассейна. Плотность посадки судака массой 311,5 мг составила 10,6 экз./л (вариант опыта № 4), массой 538,0 мг — 2 экз./л (вариант опыта № 5).

Молодь судака в промышленных условиях рыбноводного хозяйства выращивали в круглых бассейнах черного цвета объемом 65 л с объемом воды 50 л до средней массы 1,2–1,3 г. Вода закачивалась в бассейны насосами из озера. Проточность воды в бассейнах поддерживали на уровне 0,05 л/с.

Оценка химического состава воды, поступающей в экспериментальные бассейны, показала, что все основные гидрохимические показатели соответствовали принятым для объектов рыбохозяйственного значения нормативам качества воды (Приказ..., 2016). Показатель активной реакции воды (рН) был близок к нейтральному — 7,1, содержание в воде растворенного кислорода O_2 составляло 8,4±0,3 мг/дм³, CO_2 — 2,9±0,8 мг/дм³, аммонийного азота — 0,33±0,05 мгN/дм³, нитритов <0,010 мгN/

дм³, нитратов — 0,46±0,08 мгNO₃⁻/дм³, железа — 0,05±0,01 мгFe/дм³, фосфатов — <0,010 мгP/дм³, кальция — 3,6±0,4 мг/дм³, магния — 2,1±0,4 мг/дм³, гидрокарбонатных ионов — 14,8±2,4 мг HCO₃⁻/дм³, сульфатов — 6,6±0,9 мг/дм³, хлоридов — 5,8 (<10,0) мг/дм³, натрия и калия — 4,8±1,0 мг/дм³. Сумма ионов в воде имела показатель 38,5±11,6 мг/дм³, сухой остаток — 45 (<50) мг/дм³, жесткость — 0,350±0,051 ммоль/дм³, щелочность — 0,242±0,038 ммоль/дм³, взвешенные вещества — 4,7 (<5,0) мг/дм³.

Перевод прудовой молоди на искусственные корма проводили при естественном температурном режиме воды. Минимальная температура воды в бассейнах наблюдалась в начале опытного выращивания и составляла 15,0 °С, максимальная — 22,0 °С, в конце (рис. 1). Средняя температура воды за период исследования составила 18,5±0,2 °С.

Молодь кормили вручную каждый час с 8:00 ч до 21:00 ч. Живые и искусственные корма давали с избытком. В качестве живого корма применялись науплии артемии (*Artemia* spp.), в качестве искусственного — экспериментальный корм рецептуры ГосНИОРХ (Остроумова и др., 2018). Основными компонентами экспериментального корма были: рыбная и мясная мука, продукты микробиологического синтеза, пшеничная мука, рыбий

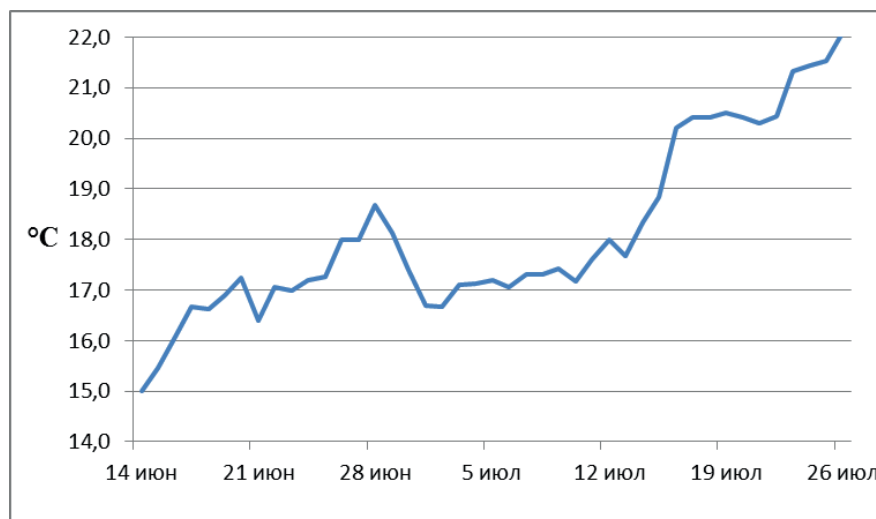


Рисунок 1. Динамика изменения среднесуточной температуры воды в экспериментальных бассейнах.

жир, соевые фосфолипиды и биологически активные добавки. Пищевая ценность кормов составляла: белок 55%, жир 13%, углеводы 12%. Гранулы изготавливали методом экструзии с последующим дроблением до необходимого размера. Размеры гранул искусственного корма увеличивали по мере роста рыб с 0,5 до 1,0 мм. Суточная норма кормления сухими кормами составляла в начале опыта от 36,4 до 75,9% от массы выращиваемой молоди, в конце опыта, соответственно, — от 21,1 до 27,8%. Бассейны чистились от фекалий и остатков непотребленного корма, один раз в сутки после последнего кормления.

Из-за недостатка в научной литературе информации по переводу подрошенной в прудах разноразмерной молоди судака на искусственные диеты, мы применяли схему, успешно реализованную при смене рационов сиговых рыб с живого (науплии артемии) на искусственные корма (Лютиков, 2016). Разработанная схема перевода (табл. 1) для молоди, отловленной на первом этапе (мас-

са 136,4 мг) была использована в эксперименте с 14 июня по 3 июля. После 3 июля живой корм был полностью выведен из рациона судака.

Для более крупной молоди массой 312 и 538 мг перевод на искусственные диеты был начат 2 июля. Молодь кормили искусственным кормом каждый час за исключением 12, 16 и 20 часов, когда скармливали науплии артемии. Прекращение подачи живого корма было осуществлено 9 июля — через 7 дней с начала эксперимента.

Этапность развития судака оценивали в соответствии с работой Крыжановского с соавторами (1953). Биохимические показатели молоди определяли по стандартным методикам (Инструкция..., 1984), содержание витамина С в теле рыб — методом титрования экстракта витамина в соляной кислоте реактивом Тильманса (Князева, 1979). Для биохимического анализа использовали совокупные пробы рыб общей массой не менее 60 г.

Таблица 1. Схема кормления молоди в вариантах № № 1–3 с 14.06. по 03.07.18 г.

Время суток, ч	Вариант опыта		
	1	2	3
8:00	Искусственный корм	Искусственный корм	Искусственный корм
9:00			Науплии артемии
10:00		-	
11:00		Искусственный корм	
12:00		Науплии артемии	Науплии артемии
13:00		-	-
14:00		Искусственный корм	Искусственный корм
15:00		Науплии артемии	Науплии артемии
16:00		-	-
17:00		Искусственный корм	Искусственный корм
18:00		Науплии артемии	Науплии артемии
19:00		-	-
20:00		Искусственный корм	Искусственный корм
21:00		Искусственный корм	Науплии артемии

Примечание. «—» — молодь не кормили. С 04.07. во всех вариантах опыта только искусственный корм.

Физиологическую оценку проводили на молоди возрастом 66 сут., выращенной комбинированным способом до массы 1,2–1,3 г. Коэффициент упитанности по Фульто-ну рассчитывали как отношение массы к длине тела рыбы до конца чешуйчатого покрова, возведенной в куб.

Мазки крови окрашивали по способу Паппенгейма — применение красителя-фиксатора Май-Грюнвальд с последующим докрашиванием азур-эозином по Романовскому (Инструкция..., 1984). Число незрелых эритроцитов определяли на мазках под микроскопом при подсчете 200 клеток красной крови с вычислением процента встретившихся незрелых форм. Лейкоцитарную формулу определяли при подсчете 200 лейкоцитов с вычислением процента различных форм клеток белой крови (лимфоциты, полиморфноядерные лейкоциты, моноциты). О количестве лейкоцитов судили по числу лейкоцитарных клеток на мазках крови, обнаруженных при подсчете 500 эритроцитов (Житенева и др., 2012).

Статистический анализ полученных данных проводили по общепринятой методике (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика подрошенной в прудах молоди судака

Молодь, выловленная из пруда 13 июня (возраст 30 сут.), находилась на мальковом этапе развития и имела среднюю массу 136,4 мг, длину 22,6 мм. Судак этого размера становится похож на взрослую рыбу, хвост укорачивается и по длине близок к длине туловища. Плавники обособлены, в них сформированы лучи, плавательный пузырь наполнен газом, желудок сформирован. На теле появляются зачатки чешуи, а поверхность туловища покрывается пигментными клетками.

Судак, отловленный из прудов 2 июля, был крупнее — 312 и 533 мг, и выращивался в прудах 28 и 37 сут., соответственно. От выловленной 13 июня молоди он

отличался более крупной чешуей и развитой сетью пигментных клеток, как на поверхности туловища, так и в перитонеуме. Поведение рыб большей навески после пересадки из прудов в бассейны было сходно с поведением молоди, привезенной ранее — рыбы держались стаями у дна, совершая броски на предложенный корм. Аналогичное поведение молоди судака на данном этапе развития отмечал ранее Крыжановский с соавторами (1953).

Результаты перевода судака с естественной пищи на искусственный корм

Опыт с молодью судака массой 136,4 мг

В первую неделю перевода с естественной пищи на искусственную диету, судак, в рационе которого присутствовали науплии артемии и искусственный корм (варианты опыта № 2 и № 3), питался исключительно живым кормом. Факта потребления искусственного корма в этот период нами отмечено не было — при внесении в бассейн гранул судаки их игнорировали, гранулы опускались на дно и позже удалялись при чистке.

Молодь, которой давали только искусственные диеты (вариант опыта № 1), в начале опыта также игнорировала гранулы корма. Первые попытки потребления искусственного корма были отмечены только на 5-е сутки, что негативно отразилось на росте рыб (рис. 2).

Как видно из рисунка 2, рост молоди на искусственном корме (вариант опыта № 1) в первую неделю был крайне низок и составил всего 3,6% от начальной массы. В последующие две недели темп роста судака значительно увеличился, чему способствовали как адаптация молоди к искусственному корму, так и повышение температуры воды с 15 до 17 °С. За 14 дней масса судака увеличилась в 2,8 раза, а на 21-е сутки — в 3,5 раза.

Напротив, мальки судака, потреблявшие смешанную диету (варианты опыта № 2 и 3), в начале эксперимента быстро набирали массу, что достигалось ими за счет избыточного потребления науплий артемии. В первые две недели выращивания в индус-

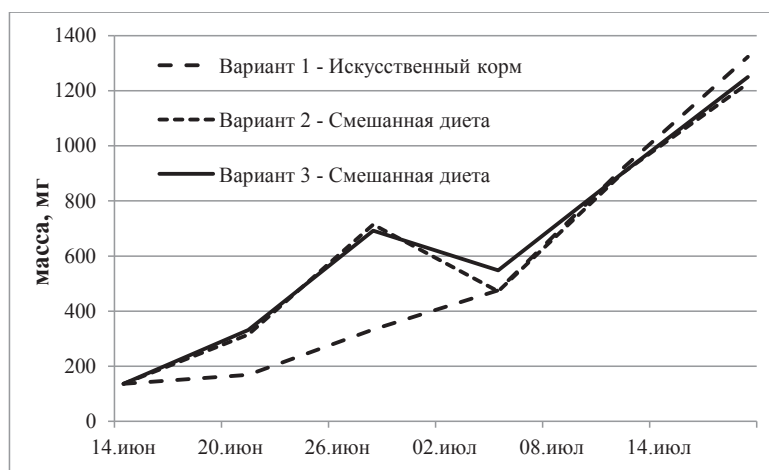


Рисунок 2. График роста молоди судака в вариантах опыта №№ 1–3.

стриальных условиях эта молодь увеличила массу более чем в 5 раз. Однако в дальнейшем ее рост прекратился, что можно объяснить несоответствием предлагаемого корма потребностям подросших до 600–700 мг рыб. Науплии артемии на данном этапе стали очень мелким кормом, не покрывающим энергетические потребности молоди, а к искусственному корму в присутствии живой пищи рыбы еще не адаптировались. За последующую неделю (с 28 июня по 5 июля) судаки в вариантах опыта № 2 и 3 потеряли в массе в среднем 25%.

Начиная с 5 июля (4 неделя с начала опыта) вся молодь в эксперименте успешно перешла на активное потребление искусственного корма, что положительно отразилось на результатах выращивания. За период с 5 по 19 июля во всех вариантах опыта средняя масса рыб превысила 1,2 г (1,23–1,32 г) при среднем показателе среднесуточного прироста — 7,2%.

Выживаемость судака, как и рост, зависела от состава диет подопытной молоди. На искусственном корме в варианте опыта № 1 к концу эксперимента выжило 163 экз., или 49% от начальной численности. На смешанной диете, включающей кроме искусственного корма еще и науплии артемии, в вариантах № 2 и 3 выживаемость составила 220 экз. (66%) и 231 экз. (69%) соответственно.

Опыт с молодьё судака 312 и 533 мг

При переводе с прудового зоопланктона на искусственные корма более крупной молоди с начальной массой 312 мг (вариант опыта № 4), отлов которой был произведен 2 июля, масса рыб за первую декаду увеличилась всего на 12%, а среднесуточная скорость роста составила 1,6%, несмотря на присутствие в рационе науплий артемии. Однако, после адаптации к новому корму и повышению температуры воды с 16 до 18 °С и, вероятно, снижения численности рыб в бассейне за счет высокой смертности (в первые 14 сут. погибло 193 экз. или 37%), рост молоди значительно увеличился. Каждую последующую неделю масса судака удваивалась, а скорость роста в среднем составляла 10,6%. Спустя 23 сут. с начала эксперимента молодь достигла массы 1,25 г (рис. 3), после чего опыт был завершен. Выживаемость рыб составила 29% (153 экз.).

Молодь, достигшая в прудах массы 533 мг, в первые 10 сут. выращивания в бассейне (вариант опыта № 5) также игнорировала предлагаемый искусственный корм, питаясь исключительно науплиями артемии. Ее масса за указанный период составила 762 мг, а среднесуточный прирост 4,5%. После прекращения подачи артемии не вся молодь стала потреблять искусственный корм. Около 30% судаков либо вовсе не питались, либо захватывали крупных рачков зоопланктона, посту-

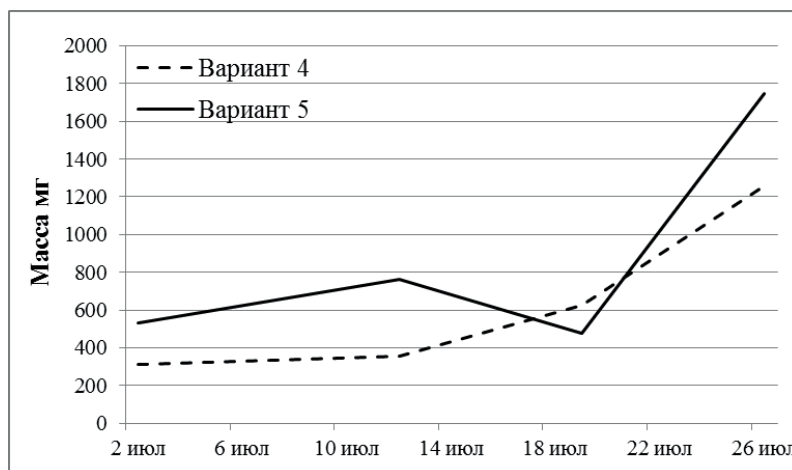


Рисунок 3. График роста молоди судака в вариантах опыта №№ 4 и 5.

пающего в бассейны в небольшом количестве с озерной водой. Через неделю выращивания судака на искусственной диете, в результате голодания, средняя индивидуальная масса рыб уменьшилась до 478 мг. В последующую неделю был отмечен пик смертности рыб (36% от начального количества), не перешедших на искусственный корм. Оставшаяся молодь перешла на питание искусственным кормом и достигла средней индивидуальной массы 1746 мг при выживаемости 64%.

Во всех вариантах опыта основная причина смертности рыб происходила по причине каннибализма, приводящего к травмированию хвостовых плавников и последующему их поражению сапролегнией.

Сводные итоговые результаты исследований по переводу молоди судака с питания прудовыми зоопланктонными организмами на искусственные корма представлены в таблице 2.

Физиологический анализ выращенной молоди судака

Качественной оценкой выращенной в искусственных условиях молоди рыб является их физиологическое состояние, определяемое на основании учета морфофизиологических, биохимических и гематологических показателей, которые представлены, соответственно, в таблицах 3, 4 и 5. Статистический анализ полученных результатов из разных вариантов эксперимента показал

отсутствие достоверных отличий, в связи с этим в таблицах 6 и 7 приведены усредненные данные химического состава тела молоди и морфологии клеток крови судаков. Все анализы проводились на судаках средней массой 1,2 г, возрастом 66 сут.

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что перевод молоди судака с естественного корма на искусственный возможен при относительно небольшой массе — около 130–140 мг и в естественном температурном режиме, который существенно ниже оптимального, равного 22°C, как было показано Закес (Zakes, 1997). Выращенная таким способом молодь характеризуется хорошей выживаемостью — 66–69% (при условии использования науплий артемии во время смены диет) и темпом роста — среднесуточный прирост более 11%. Стоит полагать, что выбранная плотность посадки, равная 6,7 экз./л, также является приемлемой для судака массой 136 мг.

Перевод на искусственные корма судака с большей массой (312 и 533 мг) дал худшие результаты, несмотря на более благоприятные температурные условия. В первом случае была повышенная смертность рыб, связанная, вероятно, с высокой плотностью посадки молоди в бассейне (10,6 экз./л), во втором — длительный период адаптации судака

Таблица 2. Итоговые показатели исследований по переводу молоди судака с естественной на искусственную пищу

Вариант опыта	Объем воды в бассейне, л	Температура воды, °С *	Количество рыб, экз. **	Количество рыб экз./л **	Выживаемость, %	Средняя масса, г **	Ср. сут. пр. за период выращивания, %	m общ., г **
1	50	$17,5 \pm 0,21$ 15,0–20,5	355	$6,7$	49	$0,136 \pm 0,003$	6,5	$48,3$
2			163	3,3		$1,32 \pm 0,05$		$215,2$
3			355	$6,7$	66	$0,136 \pm 0,003$		$48,3$
4			220	4,4		$1,23 \pm 0,09$	$270,6$	
5			231	4,6	69	$0,136 \pm 0,003$	6,5	$48,3$
			528	$10,6$	29	$0,312 \pm 0,033$	6,1	$164,7$
		$19,0 \pm 0,36$ 16,7–22,1	153	3,1		$1,25 \pm 0,08$		$192,8$
			98	$2,0$	64	$0,533 \pm 0,020$	5,2	$52,2$
			63	1,3		$1,75 \pm 0,09$		$110,3$

Примечание. * – здесь и далее – над чертой – среднее значение признака и его ошибка, под чертой – варьирование признака; ** Над чертой – начальный показатель, под чертой – конечный.

Таблица 3. Морфофизиологические показатели молоди судака

Вариант опыта	Длина АВ, см	C_v	Длина АД, см	C_v	Масса, г	C_v	Коэффициент упитанности (F_u), %
1	$4,8 \pm 0,06$ 4,1–5,3	6,7	$4,0 \pm 0,05$ 3,5–4,5	6,0	$1,3 \pm 0,05$ 0,9–1,9	19,5	$1,6 \pm 0,02$ 1,2–1,8
2	$4,6 \pm 0,10$ 3,8–5,5	11,3	$3,9 \pm 0,09$ 3,2–4,6	10,8	$1,2 \pm 0,09$ 0,6–2,1	36,6	$1,5 \pm 0,02$ 1,3–1,7
3	$4,6 \pm 0,10$ 3,8–5,8	10,7	$3,9 \pm 0,08$ 3,2–4,9	10,0	$1,2 \pm 0,08$ 0,6–2,4	34,6	$1,6 \pm 0,02$ 1,4–1,8

Примечание. АВ – полная длина тела рыбы, АД – длина тела от конца рыла до окончания чешуйчатого покрова, (F_u) – коэффициент упитанности по Фультону, C_v – коэффициент вариации.

Таблица 4. Химический состав тела сеголеток судака

Влажность, %	Содержание в сырой массе			
	белок, %	жир, %	зола, %	витамин С, мкг/г
78,92	16,01	3,86	2,75	48,2

Таблица 5. Морфология клеток красной и белой крови у сеголеток судака

Лимфоциты, %	Полиморфноядерные лейкоциты, %	Моноциты, %	Кол-во лейкоцитов из 500 эритроцитов, шт.	% незрелых эритроцитов из 200 шт.
$97,9 \pm 0,6$ 95–99	0	$1,8 \pm 0,6$ 1,0–3,0	$11,0 \pm 1,5$ 8–17	$7,8 \pm 1,0$ 5–11

Таблица 6. Результаты разных авторов по переводу молоди судака с естественного корма на искусственный

M ₁ , г	M ₂ , г	t °C	Выживаемость, %	Вид корма	Продолжительность выращивания, сут	Источник
0,45	2,28	20	28	Искусственный	21	Baranek et al., 2007
	2,47		58	Искусственный + Хирономиды		
0,14	1,35	15–20	66–69	Искусственный + Артемия	35	Собств.
0,31	1,26	17–22	29	Искусственный	24	
0,53	1,75		64	Искусственный	24	
0,25	0,65	20	22	Искусственный	28	Zakes, 1997
0,25	0,72	20	96	Живой зоопланктон ***	28	
0,18	0,40	22	27*	Искусственный + Хирономиды	20	Hubenova et al., 2015
	0,54		53**			

Примечание. * — в качестве прикорма использовались хирономиды в течение 2 сут., ** — 8 сут.; *** — *Daphnia magna*, *Moina branchiata*. M₁ — масса начальная, M₂ — масса конечная.

к искусственным кормам (около трех недель) и элиминацией рыб из-за истощения. Однако в обоих вариантах опыта после начала потребления корма большей частью молоди, сопровождавшегося прогревом воды до 20°C и выше, показатели смертности стабилизировались, а среднесуточный прирост превышал 11%.

Тем не менее, темп роста судака в эксперименте, в сравнении с молодь, подращиваемой в прудах на естественной пище, является невысоким, что, прежде всего, связано со сменой условий выращивания и адаптацией рыб к новым кормам. После прохождения этого критического периода, который длится от двух до трех недель в зависимости от массы молоди и температуры воды, среднесуточный прирост судака возрастает с 1,6–4,5 до 8,3–11,0%, что соответствует росту одноразмерных рыб в прудах — 9,5% (Полтавчук, 1965).

Выживаемость прудовой молоди, адаптированной к промышленным условиям, равную 67–69% (варианты опыта № 2 и 3) также можно считать хорошим результатом. Основная доля погибших рыб при этом пришлось на период привыкания к искусственным кормам — более 60% от общего

количества. Полученные нами данные согласуются с результатами западных исследователей (табл. 6).

Как видно из таблицы 6, перевод ранней молоди судака с разной средней массой с питания естественным кормом на исключительно искусственные диеты, сопровождается повышенной смертностью — 71–78%. В то же время использование естественного корма в качестве добавки к искусственным кормам увеличивает выживаемость судака до 50–70%. Для сравнения — использование только естественных кормов, особенно живых, позволяет сохранить до 96% выращиваемых рыб (Zakes, 1997).

Последующий анализ морфобиологических показателей выращенной комбинированным способом молоди судака указывает на ее сходство с одновозрастными рыбами из природных водоемов. Так, биохимический состав тела судака из эксперимента (табл. 4) сопоставим с таковым у молоди из водоемов, за исключением более высоких показателей жира (3,9%) и упитанности (1,6%), что связано с применением высококалорийных искусственных кормов, широко используемых в аквакуль-

туре, и низкой двигательной активностью рыб. Для сравнения приведем показатели биохимического состава тела и упитанности сеголеток судака из природных водоемов: влажность — 77–79%, белок — 16,3–18,8%, жир — 1,0–1,9%, зола — 1,0–4,1% (Jankowska et al., 2003; Schulz et al., 2006); упитанность сеголеток в естественных водоемах составляет 1,3% (Коваленко, 2015), в прудах — 1,6% (Полтавчук, 1965).

Гематологические показатели судака (табл. 5) также имеют схожие характеристики с одноразмерной молодью, выращенной в нерестово-выростных хозяйствах (НВХ). Лейкоцитарная формула, рыб из НВХ в возрасте от 25 до 65 сут. и массой от 0,6 до 5,8 г, имеет следующие параметры: лимфоциты — $98,1 \pm 0,6\%$, моноциты — $1,6 \pm 0,2\%$, полиморфноядерные лейкоциты — $0,2 \pm 0,1\%$ (Голодец, 1954). По данным Голодец (1954), полиморфноядерные лейкоциты, которые нами обнаружены не были, встречаются в количестве около 0,05% у судака массой до 1,4 г, и увеличивали свое значение до 0,6% у молоди массой более 3,6 г. На низкое содержание или отсутствие полиморфноядерных лейкоцитов в крови более взрослого судака (массой около 1 кг) так же указывают Яржомбек с соавторами (1986) и Кузина (2009).

Судя по морфологической картине клеток красной и белой крови все показатели колебались в пределах нормы, что свидетельствует об отсутствии патологических явлений в организме сеголеток судака, выращенного комбинированным способом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог проведенным исследованиям по отлучению ранней разновозрастной молоди судака от естественного корма и переводу ее на искусственные экспериментальные корма рецептуры ГосНИОРХ, было установлено, что судак лучше переходит на искусственные корма при массе 136 мг. При этом показано преимущество использования смешанного кормления, когда в течение пер-

вых двух недель в рационе присутствуют, как живые, так и искусственные корма. Молодь, выращенная таким способом, характеризуется лучшей выживаемостью и хорошими физиологическими показателями.

Материалы по морфофизиологической, биохимической и гематологической оценке молоди убедительно показывают, что использование комбинированной (прудовой и бассейновой) технологии при культивировании судака до 1 г в условиях Северо-Запада РФ при естественной температуре воды позволяет получать физиологически полноценную молодь, не отличающуюся по большинству параметров от сверстников из естественных водоемов. Подобные результаты указывают на то, что условия для выращивания ранней молоди судака были близки к оптимальным, а используемый живой корм и разработанные искусственные диеты, соответствовали ее потребностям в период выращивания. Полученные результаты могут способствовать расширению возможностей рыбоводных хозяйств, не имеющих технических средств для подогрева воды.

Необходимо продолжить исследования по уточнению минимальной оптимальной массы молоди судака, подрощенной в прудах или в промышленных условиях с использованием живых кормов (например, науплий артемии), для успешного перевода ее в промышленные условия на искусственные корма.

ВЫВОДЫ

1. Судак, выращенный на прудовом зоопланктоне до средней массы 136 мг, может быть успешно переведен на искусственные диеты.

2. Использование живого корма (науплий артемии) при переводе молоди судака указанной навески на искусственный корм и выращивание ее до 1,2 г повышает выживаемость с 49 до 69% по сравнению с молодью, питающейся в этот период исключительно искусственным кормом.

3. Перевод молоди судака на питание искусственным кормом возможен при сред-

ней температуре 18,5 °С (15,0–20,5 °С), что существенно ниже рекомендованных оптимальных значений (20–22 °С). При этом молодь достигает средней массы 1,2 г за 35 суток.

4. Молодь судака, выращенная комбинированным способом, по большинству морфофизиологических показателей не отличается от диких рыб.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность сотрудникам лаборатории аквакультуры и воспроизводства ценных видов рыб А. К. Шумиловой и Т. А. Филатовой за помощь в проведении биохимического и гематологического анализа отобранных проб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабурина Е. А. Развитие глаз и их функции у зародышей и личинок судака (*Lucioperca lucioperca* L.) // Тр. Ин-та морфологии животных. 1961. № 33. С. 151–171.

Голодец Г. Г. Состав крови выращиваемой молоди осетра, леща и судака // Вопросы ихтиологии. 1954. Вып. 2. С. 114–119.

Дельмухаметов А. Б. Биотехника формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада судака в установках замкнутого цикла водообеспечения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград: КГТУ, 2012. 157 с.

Дельмухаметов А. Б., Пьянов Д. С., Хрусталева Е. И. Технология выращивания судака в условиях установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) // Междунар. науч. — тех. конф. «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов. Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 632–637.

Житенева А. Д., Макаров Э. В., Рудницкая О. А., Мирзоян А. В. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте): Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2012. 320 с.

Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы. М.: ВНИИПРХ, 1984. 60 с.

Князева Л. М. Рекомендации по увеличению сроков хранения гранулированного корма для молоди форели путем опрыскивания его водным раствором витамина С. Л.: ГосНИОРХ, 1979. 12 с.

Коваленко Е. О. Морфобиологическая характеристика судака (*Sander lucioperca*, L.) и его роль в экосистеме Краснодарского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Краснодар: КубГУ, 2015. 24 с.

Королев А. Е. Энергетический баланс и рационы молоди судака и пеляди при их совместном выращивании в пруду // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1984. Т. 222. С. 21–30.

Королев А. Е. Опыт применения искусственных кормов при подращивании личинок судака // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 2005. Вып. 333. С. 287–316.

Королев А. Е., Терешенков И. И. Как получить икру и личинок судака в ранние сроки // Рыбоводство и рыболовство. 1995. № 1. С. 11–12.

Крыжановский С. Г., Дислер Н. Н., Смирнова Е. Н. Эколого-морфологические закономерности развития окуневых рыб (Percoidei) // Тр. ИМЖ АН СССР. 1953. Вып. 10. С. 3–138.

Кузина Т. В. Анализ гематологических показателей судака Волго-Каспийского канала // Естественные науки. 2009. № 4. С. 96–100.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.

Лютиков А. А. К методике использования живых кормов при выращивании личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae) // Вопр. рыболовства. 2016. Т. 17. № 3. С. 324–334.

Лютиков А. А., Королев А. Е., Остроумова И. Н., Костюничев В. В. Опыт выращивания личинок судака с первых дней питания полностью на искусственных кормах с бактериальной биомассой // Материалы второй Всероссийской научной конференции с международным участием «Рыбохозяйственные водоемы России: фун-

даментальные и прикладные исследования». Санкт-Петербург, 2–4 апреля 2018. СПб.: Изд-во ГосНИОРХ, 2018. С. 569–576. 1 CD-ROM.

Михайлова М. В. Совершенствование технологии выращивания молоди полупроходного судака в дельте Волги // Сб. КаспНИИРХ. Астрахань. 2001. С. 157–173.

Михеев П. В., Мейснер Е. В., Михеев В. П. Садковое рыбноводное хозяйство на водохранилищах // М.: Пищ. пром., 1970. 159 с.

Остроумова И. Н., Костюничев В. В., Лютиков А. А. и др. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (Coregonidae) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов // Вопр. рыболовства. 2018. Т. 19. № 1. С. 82–98.

Пидгайко М. Л., Александров Б. М., Иоффе Ц. И. и др. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // Изв. ГосНИОРХ. 1968. Т. 67. С. 205–228.

Полтавчук М. А. Биология и разведение днепровского судака в замкнутых водоемах // Киев: Наукова думка. 1965. 259 с.

Приказ Министерства сельского хозяйства от 13.12. 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». Электронный ресурс. / ТЕХЭКС-ПЕРТ. Код доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>

Терешенков И. И., Королев А. Е. Методические рекомендации по выращиванию жизнестойкой молоди судака. Л.: Изд-во: ГосНИОРХ, 1997. 28 с.

Хрусталева Е. И., Дельмухаметов А. Б. Рыбоводно-биологические показатели судака при выращивании в искусственных условиях // Известия КГТУ. 2010. № 17. С. 15–20.

Яржомбек А. А., Лиманский В. В., Щербина Т. В. и др. Справочник по физиологии рыб. М.: Агропромиздат, 1986. 192 с.

Antalfi A. Propagation and rearing of perch in pond culture // EIFAC Techn. Pap. 1979. № 35. P. 120–125.

Baránek V., Dvořák J., Kalenda V. et al. Comparison of two weaning methods of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* from natural diet to commercial feed // The Conference Mendel Net'07. 2007. P. 45.

Beyerle G. B. Summary of attempts to raise walleye fry and fingerlings on artificial diets with suggestions on needed research and procedures to be used in future tests // Progressive Fish-Culturist. 1975. V. 37. P. 103–105.

Hamza N., M'Hetli M., Kestemont P. Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae // Fish Physiol Biochem. 2007. V. 33. P. 121–133.

Hubenova T, Zaikov A., Katsarov E., Terziyski D. Weaning of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* L.) from life food to artificial diet // Bulgarian J. of Agricultural Science. V. 21 (Supplement 1). Agricultural Academy. 2015. P. 17–20.

Jankowska B., Zakes Z., Żmijewski T., Szczepkowski M. A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter field of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.) // Eur. Food Res. Technol. 2003. V. 217. P. 401–405.

Kestemont P., Xueliang X., Hamza N. et al. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture // Aquaculture. 2007. V. 264. Iss. 1–4. P. 197–204.

Kowalska A., Zakęś Z., Demska-Zakęś K. The impact of feeding on the results of rearing larval pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), with regard to the development of the digestive tract // EJPAAU. 2006. V. 9 (2). № 05. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue2/art-05.html>

Mani-Ponset L., Diaz J. P., Schlumberger O., Connes R. Development of yolk complex, liver and anterior intestine in pikeperch larvae, *Stizostedion lucioperca* (Percidae), according to the first diet during rearing // Aquat. Living. Resour. 1994. V. 7. P. 191–202.

- Nyina-Wamwiza L., Xu X., Blanchard G., Kestemont P.* Effect of dietary protein, lipid and carbo-hydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings // *Aquacult. Res.* 2005. V. 36. P. 486–492.
- Ruuhijärvi J., Virtanen E., Salminen M., Muyunda M.* The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feed // *Larvi'91. Special Publication.* 1991. № 15. P. 154–156.
- Ruuhijärvi J., Hyvärinen P.* The status of pike-perch culture in Finland // *J. Appl. Ichtiol. Gent. Belgium.* 1996. V. 12 (3–4). P. 185–188.
- Schlumberger O., Proteau J.P.* Production de juveniles de sandre (*Stizostedion lucioperca*) // *Aqua-revue.* 1991. V. 36. P. 25–28.
- Schulz C., Günther S., Wirth M., Rennert B.* Growth performance and body composition of pike perch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets // *Aquacult. Int.* 2006. V. 14. P. 577–586.
- Steenfeldt S., Vestergaard M., Overton J.L. et al.* Development of intensive rearing of pikeperch in Denmark // *Denmark, Anonymous, Hirtshals.* (in Danish). 2010. P. 303–323.
- Zakes Z.* Effect of stock density on the survival, cannibalism and growth of summer fry of European pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) fed artificial diets in controlled conditions // *Archives of Polish Fisheries.* 1997. V. 5 (2). P. 305–311.

EXPERIENCE OF WEANING OF JUVENILE PIKEPERCH (SANDER LUCIOPERCA) FROM LIVE FOOD TO ARTIFICIAL DIET

© 2019 A. A. Lyutikov, A. E. Korolev

*Saint-Petersburg branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (Gosniorch),
Saint-Petersburg, 199053*

The work presents the results of studies to determine the optimal average weight of juvenile pikeperch in its transfer from zooplankton nutrition to artificial feed. It was found that the pikeperch better goes to an artificial diet with an average weight of 136 mg compared to a weight of 312 and 533 mg. It shows the advantage of using mixed feeding, when during the first two weeks of the diet includes both live and artificial feed. Juveniles grown in this way are characterized by increased survival – up to 69%, against 49% in the variant of the experiment, where only artificial diets were used as feed, and the best physiological indicators close to those in wild juveniles.

Keywords: pikeperch, *Sander lucioperca*, fry, ponds, industrial technologies, artificial food.