

УДК 639.3.043:639.371.64

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ РАННЕЙ МОЛОДИ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA*)
И ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS*) НА ИСКУССТВЕННЫХ ДИЕТАХ

А. А. Лютиков, А. Е. Королев, И. Н. Остроумова

CULTIVATION OF THE LARVAE PIKEPERCH (*SANDER LUCIOPERCA*)
AND PERCH (*PERCA FLUVIATILIS*) ON ARTIFICIAL DIETS

A. A. Lyutikov, A. E. Korolyov, I. N. Ostroumova

Приводятся результаты культивирования окуня и судака на экспериментальных стартовых искусственных кормах с самого начала питания личинок без использования живого корма. Основными компонентами кормов являлись белок микробного происхождения, гидролизаты белка теплокровных животных, рыбная и мясная мука, пшеничная мука, фосфолипиды, премиксы, физиологически активные добавки. Пищевая ценность кормов составляла: белок 54,3-61, жир 10,3-15, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – 6,4-14,4%. Личинок выращивали в 8-литровых аппаратах Вейса при начальной плотности посадки 75-100 экз./л, окуня массой 34 мг переводили в круглый бассейн с плотностью посадки 9 экз./л. Наилучшие результаты были получены на кормах, содержащих в своем составе белок микробиологического синтеза. Выживаемость на такой диете окуня составила 28,5% (возраст 56 сут, масса 1194 мг), судака – 12,6% (возраст 34 сут, масса 154 мг). Основная доля погибшей молоди приходилась на период полного перехода на экзогенное питание. Во время выращивания судак характеризовался высокой скоростью роста – показатель среднесуточного прироста в первые три недели эксперимента находился в пределах 21,7-24, у окуня – 16,3%. Установлена высокая чувствительность личинок судака к качеству стартовой диеты – по итогам 21 сут использования корма с признаками окисления выживаемость личинок составила 2,3%. Кроме низкой выживаемости около 75% особей имели различные скелетные деформации и незаполненный газом плавательный пузырь. Полученные результаты указывают на возможность культивирования ранних личинок окуневых рыб исключительно на искусственных диетах при условии контроля качества используемых кормов.

судак, Sander lucioperca, окунь, Perca fluviatilis, личинки, искусственные корма, промышленное выращивание

This work presents the results of rearing of perch and pikeperch on artificial starter feeds from the first moment of feeding of larvae without using live food. The main components of feed were protein of microbial origin, protein hydrolysates of warm-blooded animals, fish and meat flour, wheat flour, phospholipids, premixes, physiologically active additives. The nutritional value of feeds was: protein 54.3-61.0%, fat 10.3-15.4%, nitrogen free extractives (NFE) – 6.4-14.4%. Larvae were grown in 8-liter Weiss incubatory device with an initial density of 75-100 individuals per liter, perch

weighing 34 mg was transferred to a round pool with a density of 9 individuals per liter. The best results were obtained using feed containing protein of microbiological synthesis. The perch survival rate on such diet - 28.5% (age 56 days, weight 1194 mg), the pikeperch survival rate on such diet – 12.6% (age 34 days, weight 154 mg). The main share of the dead juveniles occurred in the period of full transition to exogenous nutrition. During the rearing, pikeperch was characterized by a high growth rate - the average daily increase in the first three weeks of the experiment was in the range of 21.7-24.5% (perch – 16.3%). The high sensitivity of the pikeperch larvae to the quality of starter feeds was established - according to the results of 21 days of using feeds with signs of oxidation, the larvae survival rate was 2.3%. In addition to low survival, about 75% of individuals had various skeletal deformities and a swim bladder that was not filled with gas. The results indicate the possibility of rearing early larvae of perch fish (Percidae) exclusively on artificial diets, provided that the quality of the feed used is controlled.

pikeperch, Sander lucioperca, perch, Perca fluviatilis, larvae, artificial feed, industrial cultivation

ВВЕДЕНИЕ

Личинки судака – *Sander lucioperca* и окуня – *Perca fluviatilis* при вылуплении характеризуются очень маленькими размерами (менее 0,5 мг), что делает их одними из наиболее сложных объектов пресноводной аквакультуры. Основные трудности, связанные с культивированием ранней молодежи указанных видов рыб, заключаются в обеспечении их адекватным кормом. Современная технология выращивания окуневых на ранних этапах личиночного развития базируется на использовании живых кормов с последующим переводом личинок на искусственные диеты, а оптимизация данной технологии заключается в сокращении периода применения дорогостоящего живого корма (хлорелла, науплии артемии и копепод, коловратки и т.д.) с минимальным негативным влиянием на рост и выживаемость молодежи. Помимо высокой стоимости живых кормов их существенным недостатком является необходимость заготовки и/или выращивания кормовых организмов, что также отражается на трудоемкости рыбоводного процесса.

Существенным вкладом в решение проблемы культивирования молодежи окуневых могла бы стать разработка стартовой искусственной диеты, которую можно было бы использовать с начала питания личинок без естественной пищи, однако работы, проводимые в этом направлении с начала 1960-х годов до настоящего времени, терпели неудачу. Например, выживаемость личинок судака, потреблявших только искусственные корма, приближалась к 0% [1-4], окуня – в диапазоне 7-26% при максимальном периоде выращивания 15 сут и конечной средней массе не более 2,6 мг [5-6]. Таким образом, как правило, личинки судака и окуня, получавшие с первых дней питания только искусственные диеты, гибли в первые 2-3 недели выращивания, что указывает на несоответствие используемых кормов потребностям ранних личинок этих видов рыб.

С начала 2000-х годов сведения по разработке стартовых искусственных кормов для окуня и судака (в том числе американского) в отечественной и западной литературе не встречались. Более того, высказывалось предположение, что пищеварительные возможности ранних личинок окуневых (на примере судака)

ограничены и не позволяют утилизировать искусственные корма [7-8]. Подобная проблема актуальна практически для всех видов рыб, за исключением лососевых, чьи личинки переходят на внешнее питание при сформированной пищеварительной системе [9]. Сложность выращивания ранней молоди рыб на искусственных диетах заключается в обеспечении личинок доступными к перевариванию и усвоению компонентами кормов, в первую очередь белковой природы [10].

Учитывая актуальность проблемы выращивания ранней молоди окуневых и отсутствие стартовых искусственных кормов для окуня и судака, целью данных исследований было определение возможности выращивания личинок этих рыб исключительно на искусственных диетах с первых дней питания без использования живых кормов. Для осуществления данной цели была поставлена задача разработки стартового корма, который позволил бы преодолеть высокую смертность личинок в критический период – первые 2-3 недели выращивания. Предварительные результаты этих работ представлены в настоящей статье.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования по выращиванию окуневых рыб на искусственных экспериментальных кормах и разработку соответствующих рецептур проводили в лаборатории аквакультуры Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ "ВНИРО" ("ГосНИОРХ" им. Л.С. Берга) и на рыбноводном хозяйстве ООО «Форват» (оз. Суходольское, Ленинградская обл.) в 2017 и 2019 гг. Основными компонентами экспериментальных кормов являлись в разных соотношениях белок микробного происхождения, гидролизаты белка теплокровных животных, рыбная и мясная мука, пшеничная мука, фосфолипиды, премиксы, физиологически активные добавки [11]. Пищевая ценность кормов составляла: белок 54,3-61,0, жир 10,3-15,4, безазотистые экстрактивные вещества – 6,4-14,4%. Гранулы изготавливали методом экструзии с последующим дроблением до необходимого размера (0,1-0,5 мм). Корма производили на предприятии ООО «Нева-Тропик» (Санкт-Петербург). Опытные корма характеризовались разным содержанием микробного белка (от 25 до 40%) и гидролизатов животного белка. Также в экспериментах с судаком применялся коммерческий корм европейского производителя Biomar larviva prowean с размером гранул 0,1 и 0,3 мм.

Икру окуня и судака получали от производителей, выращенных в садках. Окуневые «ленты» собирали непосредственно в садках и доинкубировали в бассейне. Производителей судака высаживали в нерестовые бассейны с искусственными гнездами (рамки из проволоки, обтянутые капроновой делью), после нереста рамки с икрой переносили в моросильную камеру. Получение половых продуктов и инкубацию икры проводили при естественном температурном режиме. После вылупления, когда предличинки начинали свободно плавать, их рассаживали в 8-литровые аппараты Вейса при плотности посадки 75-100 экз./л (отсчет проводили поштучно). Для устранения ската личинок на аппаратах устанавливали фонарь из газового сита № 15, который по мере роста молоди увеличивали до № 11. Количество погибших личинок учитывали ежедневно во время чистки аппаратов. Все работы по получению икры и ее инкубации и содержанию личинок проводили в соответствии с методическими рекомендациями по выращиванию жизнестойкой молоди судака [12].

Температура воды в начале опыта с окунем составляла 12,4, с судаком – 15,6-16,9 и повышалась за счет подогрева воды в последующие трое суток до 20-21°C, содержание кислорода в воде в период исследований в разные годы варьировалось в пределах 6,8-8,7 мг/л, активная реакция воды (рН) оставалась на неизменном уровне – 6,9. Полный водообмен в аппаратах происходил за 10-12 мин – 0,011-0,013 л/с. Для исключения попадания зоопланктона в аппараты использовали фильтры механической очистки с фильтрующим элементом 20 мкм. Освещенность поддерживали на уровне 150-200 лк.

Личинок в эксперименте кормили с избытком, в первую неделю выращивания – каждые 30-40 мин, далее – каждый час. Для устранения негативных последствий образования поверхностной пленки кормов применяли струю воды по ранее предложенной методике [13].

Пробы личинок для дальнейшего морфометрического анализа фиксировали 2%-ным раствором формальдегида, фотографии делали на живом материале. Для характеристики интенсивности роста молоди рассчитывали среднюю суточную скорость роста по уравнению Винберга [14]. Статистическую обработку собранного материала проводили в соответствии с принятыми методами [15] с использованием программы Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Окунь

Активность питания окуня в начале эксперимента была очень низкой, лишь единицы потребляли предлагаемые корма, что может быть связано с низкой температурой воды в эксперименте, не превышающей 16°C. Массовый переход окуня на активное питание произошел на вторые сутки опыта (возраст личинок 3 сут) при прогреве воды выше 20°C (рис. 1А). На 4-е сутки у отдельных личинок можно было наблюдать загиб в передней части кишечника и начало заполнения газом плавательного пузыря (рис. 1Б). Масса таких личинок составляла около 2 мг.

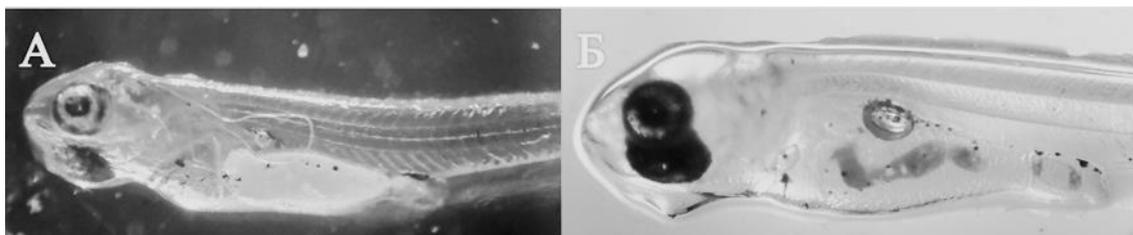


Рис. 1. Передняя часть личинок окуня, выращиваемых на искусственных кормах. А – возраст 3 сут; Б – возраст 5 сут; масса 2 мг. Начало наполнения газом плавательного пузыря

Fig. 1. The front part of perch larvae grown on artificial feed. A - age 3 days; B - age 5 days, weight 2 mg. The beginning of gas filling of the swim bladder

К концу первой недели выращивания личинки окуня, получавшие корм с 25 % микробного белка (МБ-25), начинали отставать в росте от одновозрастной молоди, потреблявшей корм с 40 % МБ (МБ-40) (табл. 1). Подобная тенденция продолжалась на всем протяжении эксперимента. К концу третьей недели выживаемость личинок, выращиваемых на корме МБ-25, составила 2,8 % (17 экз.), в

связи с чем опыт в этом варианте был завершен. На корме МБ-40 выживаемость окуня после трех недель выращивания была 35,2 % (211 экз.).

Таблица 1. Рост личинок окуня на кормах с различным содержанием бактериальной биомассы (этап I)

Table 1. Growth of perch larvae in feeds with different contents of bacterial biomass (stage I)

Корм	Возраст, сут				Среднесуточный прирост, %	Выживаемость, %
	2	9	16	23		
	Масса, мг					
МБ-40	1,13	2,6	14,1	34,4	16,3	35,2
МБ-25		1,6	10,6	26,1	14,9	2,8

Примечание. Здесь и далее МБ микробный белок.

Note: * - hereinafter МБ microbial protein.

Начиная с четвертой недели опыта, молодь из аппаратов Вейса, получавшую корм МБ-40, переместили в круглый экспериментальный бассейн объемом 65 л с фактическим объемом воды 23 л и плотностью посадки 9 экз./л, продолжая кормить тем же кормом. Фракцию корма увеличили до 0,4-0,5 мм. Температурные условия остались прежние – около 21°C. Возможно, эти факторы привели к повышению темпа роста – показатель среднесуточного прироста в последующую неделю выращивания увеличился с 12,8 до 18,7 %.

В конце июля масса окуня, выращенного с самого начала питания исключительно на искусственном корме, составляла 1194 мг при выживаемости 28,5 % (выживаемость в период бассейнового выращивания – 81,0 %) (табл. 2). Окунь к этому времени находился на мальковом этапе развития, на котором молодь имеет вид взрослой рыбы, на теле появляется чешуя, на поверхности туловища хорошо различимы характерные для данного вида вертикальные полосы.

Таблица 2. Рост личинок окуня в экспериментальных бассейнах (этап II)

Table 2. Growth of perch larvae in experimental pools (stage II)

Корм	Возраст, сут						Среднесуточный прирост, %	Выживаемость, %
	23	30	37	44	51	58		
	Масса, мг							
МБ-40	34,4	127,1	329,5	452,4	764,0	1194,0	13,1	81,0

Обсуждая предварительные результаты исследований по испытанию экспериментального стартового корма для окуня, можно заключить, что личинки этой рыбы способны к перевариванию и усвоению компонентов искусственных кормов с микробным белком уже в первые дни питания, что говорит о возможности культивирования окуня на искусственных диетах без использования живых кормов.

Судак

Как и большинство личинок рыб, судак некоторое время после вылупления существует за счет эндогенных запасов, его пищеварительная система представлена в виде трубки и не дифференцирована на отделы. Спустя 3-4 сут после вылупления молодь стала получать искусственный корм и сразу же его потреблять – практически у всех личинок в эксперименте были отмечены искусственные корма

в кишечной трубке. К этому времени у личинок произошло расширение переднего отдела кишечника.

На 14-е сутки после начала питания судак, культивируемый на искусственном корме, содержащем 37% микробного белка (МБ-37), вырос со стартовой массы 0,35-0,4 мг и длины 4,4 мм до 5,9 мг и 9,7 мм при выживаемости 73,4%. У наиболее крупных личинок (длина около 11 мм, масса – 7-8 мг) передней участок желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) имел форму петли, что соответствует началу оформления желудка как отдельного органа. Подобные морфофизиологические и функциональные изменения у личинок рыб, как правило, сопровождаются началом функционирования желудка, что достигается за счет утолщения его стенок, и увеличением количества пищеварительных желез [16-17]. Количество потребленной личинками пищи к этому времени также возросло – индекс наполнения кишечника (ИНК) равнялся $112^{0/000}$. Размерно-массовые показатели молоди, получавшей корма с гидролизатами белка теплокровных животных и коммерческий корм фирмы «Biomar», не превышали 2,2 мг и 6,2 мм. Выживаемость таких личинок к 17-м суткам исчислялась единицами, что определило прекращение исследований в этих вариантах опыта.

К 23-м суткам молодь на корме МБ-37 имела длину 17,1 мм, массу 41,8 мг и выживаемость 13 %. Судак на данном этапе развития характеризовался полным расходом эндогенных запасов (исчезновением жировой капли и желточного мешка) и увеличением размеров желудка. Личинки стали более активно потреблять корм, что положительно отразилось на накормленности молоди и показателе среднесуточного прироста, которые выросли до $192^{0/000}$ и до 24,5 % соответственно.

Для последующего выращивания судак был переведен в круглые экспериментальные бассейны, в которых к 34-м суткам достиг средней массы 153,9 мг и длины 26,3 мм. К этому времени желудок дифференцировался на отделы, появились зачатки пилорических придатков. С развитием пищеварительной системы, ускорением переваримости и усвоения корма, а также ростом молоди возросло и количество потребленной пищи – в желудках можно было наблюдать до 5-7 крупок экспериментального корма. Корм молоди не меняли, увеличивая размер фракции до 0,3-0,4 мм. В период роста в новых условиях вариабельность (коэффициент вариации) длины и массы судака была низкой – 7,7 и 21 %, что может свидетельствовать о достаточно благоприятных условиях содержания рыбы, включая выбор корма и режим кормления. Выживаемость молоди к концу исследований составила 12,6 % (табл. 3).

Таблица 3. Рост личинок судака на экспериментальных кормах

Table 3. Growth of pikeperch larvae on experimental feed

Корм	Возраст, сут											
	14				23				34			
	М, мг	L, мм	ССП, %	Выж-ть, %	М, мг	L, мм	ССП, %	Выж-ть, %	М, мг	L, мм	ССП, %	Выж-ть, %
МБ-37	5,9	9,7	21,7	73,4	41,8	17,1	24,5	13,0	153,9	26,3	13,0	12,6
ГБ-40	2,2	6,2	14,1	15,0	Опыт завершен			0	-	-	-	-

Примечание. ГБ – гидролизат белка (теплокровных животных); ССП – среднесуточный прирост. Начальная масса и длина личинок равнялась 0,35-0,4 мг и 4,4 мм.
 Note: ГБ - protein hydrolyzate (warm-blooded animals); ССП - daily average gain. The initial mass and length of the larvae was 0.35-0.4 mg and 4.4 mm.

Анализ динамики смертности личинок в эксперименте показывает, что в основном молодь погибала в период полного перехода на экзогенное питание. Смертности от каннибализма во время выращивания судака в эксперименте мы не наблюдали.

Помимо хорошей выживаемости судака на корме с микробным белком по сравнению с другими испытываемыми в эксперименте искусственными кормами нами был отмечен высокий темп роста личинок в первые три недели выращивания – показатель среднесуточного прироста находился в пределах 21,7-24,5 %. На потенциальную возможность потреблять и усваивать личинками судака искусственные корма также указывают и другие авторы, в опытах которых среднесуточные приросты молоди в первые три недели кормления достигали 32 % [18, 19].

Можно предположить, что хороший ростовой потенциал судака связан с ранним становлением его пищеварительной системы. Однако, несмотря на оформление желудка как отдельного органа у личинок при массе 7-8 мг, функционирование желудочных желез начинается примерно через 10 сут [17], т.е. при массе около 40 мг. Тем не менее это существенно раньше, чем у других хищных видов рыб, например, нельмы *Stenodus leucichthys nelma*, у которой аналогичный этап развития отмечен при 75 мг [20]. Функциональное развитие желудка у рыб способствует улучшению переваримости и усвоения компонентов искусственного корма, в связи с чем можно предположить, что личинки судака уже при массе около 40 мг способны адекватно реагировать на потребленные искусственные диеты.

Однако, как показывает анализ литературы и наш опыт, ранние личинки судака достаточно чувствительны к отдельным компонентам корма, которые, по нашему мнению, не способны восполнить их потребности в доступном белке. В частности, в нашем эксперименте при испытании кормов с гидролизатами белка различных позвоночных животных смертность молоди уже к 14-м суткам достигала 85 % и к 17-м суткам кормления составляла практически 100 %, в то время как введение бактериальной биомассы в экспериментальный корм дало положительный эффект – выживаемость судака на 34-е сутки составила 12,6 %.

Помимо содержания доступных к усвоению личинками судака компонентов корма не менее важной качественной его характеристикой является срок хранения. Использование корма с истекающим сроком годности (более двух месяцев с даты изготовления) негативно отразилось на результатах выращивания судака – по итогам 21 сут кормления выживаемость личинок составила 2,3 % (14 экз.). Кроме низкой выживаемости мы отметили большое количество особей с различными скелетными деформациями и незаполненным газом плавательным пузырем (рис. 2), визуально их количество составляло около 75-80 % от всей рыбы в эксперименте. Подобных отклонений в опытах с окунем и при испытании аналогичного качественного корма на личинках судака мы не наблюдали.

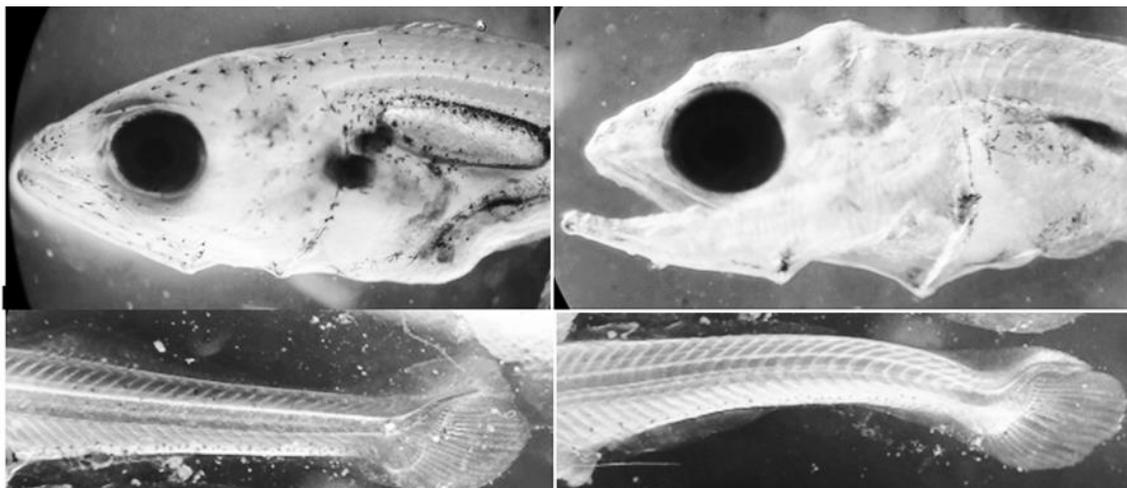


Рис. 2. Личинки судака в возрасте 16 сут. Слева – нормально развивающаяся личинка (масса 14,4 мг). Справа – личинка с деформациями костей черепа, искривленным позвоночником в хвостовом отделе и ненаполненным плавательным пузырем (масса 7,8 мг)

Fig. 2. Larvae of pike perch at the age of 16 days. On the left is a normally developing larva (weight 14.4 mg). On the right is a larva with deformations of the skull bones, a curved spine in the caudal region and an unfilled swimming bubble (weight 7.8 mg)

Как правило, личинки судака с различными отклонениями значительно отставали в росте и в дальнейшем становились жертвами нормально развивающихся сверстников (рис. 3). Судачки, перешедшие на каннибализм, в последующем игнорировали предлагаемые искусственные корма и в отсутствие доступных по размеру личинок-жертв пытались атаковать одноразмерную молодь, что приводило к травматизму и гибели последних. Встречались также личинки, которые гибли при попытке проглотить жертву.

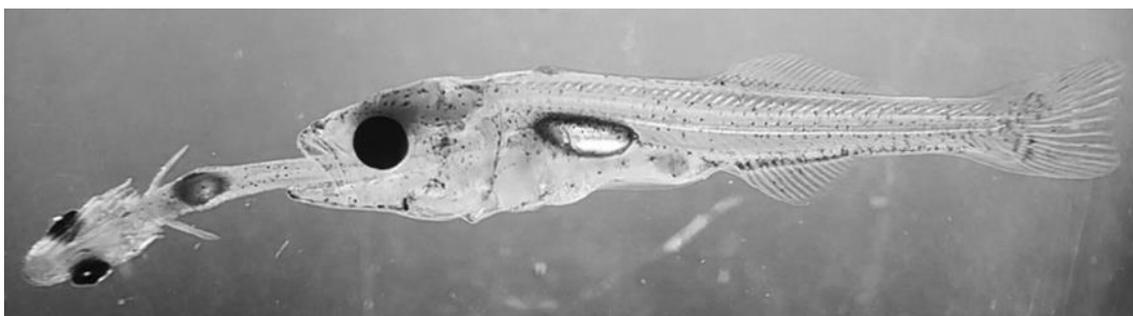


Рис. 3. Каннибализм судака в эксперименте (возраст личинок 17 сут)
Fig. 3. Pikeperch cannibalism in the experiment (the larvae are 17 days old)

Анализ используемых для выращивания личинок судака кормов показал явные признаки окисления липидов – основные показатели оценки состояния жиров в кормах превышали предельно допустимые концентрации в два и более раз (табл. 4). Подобные результаты указывают на превышение сроков хранения кормов, что отрицательно влияет как на белки и их аминокислотный статус [21], так и на липиды в корме, изменяя фракционный и жирнокислотный состав последних [22].

Таблица 4. Результаты исследования степени окисления липидов в экспериментальных стартовых кормах (изготовление 27.04.2019 г., проведение анализа 25.06.2019 г.)

Table 4. The results of a study of the degree of lipid oxidation in experimental starter feeds (production on April 27, 2019; analysis on June 25, 2019)

Корм		Показатели окисления и гидролиза липидов		Общий жир (по Фолчу), %
		перекисное число, %J ₂ , гидроперекиси	кислотное число, мгКОН/г	
№ 2	МБ 40%	0,30	50,3	12,53
№ 5	МБ 25%	0,28	46,0	10,26
ПДК		0,15	20	-

Примечание. Анализ кормов проводился в соответствии с ГОСТ 31485-2012 и ГОСТ 13496.18-85. ПДК – предельно допустимая концентрация, определенная для стартовых кормов [23].

Note: feed analysis was carried out in accordance with GOST 31485-2012 and GOST 13496.18-85. ПДК – maximum permissible concentration determined for starter feed [23].

Связывая наличие большого количества уродств у судака в эксперименте с длительностью хранения кормов, мы предполагаем, что в первую очередь произошло качественное изменение фракционного состава липидов. На ряде видов рыб установлено, что именно фосфолипиды (точнее - их фракции в виде фосфатидилинозитола), введенные в корма, снижали количество личинок с деформациями скелета [24-26]. По всей видимости, окисление и разрушение отдельных фракций фосфолипидов в процессе хранения могло привести к появлению различных отклонений в личиночном развитии судака и, в том числе, отрицательно сказаться на результатах эксперимента.

Кроме того, как было установлено нами ранее (неопубликованные данные), степень окисления стартовых кормов в процессе хранения напрямую зависела от количества введенного в них микробного белка (коэффициент корреляции для гидроперекисей составил 0,99, для кислотного числа 0,97). Однако, несмотря на ухудшение качества экспериментальных кормов, наилучшие результаты были получены на корме с наибольшим количеством белка микробного происхождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать предварительное заключение о возможности культивирования судака и окуня полностью на искусственных кормах с самого начала питания личинок. Апробация различных источников доступного для ранней молодежи белка с должным балансированием корма по питательному составу показала, что наибольшим соответствием пищевым потребностям окуневых рыб на ранних этапах постэмбриогенеза характеризуется микробный белок. Его включение в экспериментальные стартовые искусственные корма позволило вырастить окуня без применения живого корма от предличинки до массы 1194 мг при выживаемости 28,5%, а судака до 153,9 мг с выживаемостью молодежи 12,6%. Однако при культивировании личинок окуневых

рыб необходимо обращать внимание на качество как самого корма, так и отдельных его компонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабурина, Е. А. Развитие глаз и их функции у зародышей и личинок судака (*Lucioperca lucioperca* L.) / Е. А. Бабурина // Тр. Ин-та морфологии животных. – 1961. – № 33. – С. 151-171.
2. Antalfi, A. Propagation and rearing of perch in pond culture / A. Antalfi // EIFAC Techn. Pap. – no. 35. – Suppl. 1979. – no. 1. – P. 120-125.
3. Ruuhijärvi, J. The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feed / J. Ruuhijärvi, E. Virtanen, M. Salminen, M. Muyunda // Larvi'91. eas Special Publication. – 1991. – no. 15. – P. 154-156.
4. Королев, А. Е. Опыт применения искусственных кормов при подращивании личинок судака / А. Е. Королев // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 2005. – Вып. 333. – С. 287-316.
5. Awaïss, A. Nutritional suitability of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas for rearing freshwater fish larvae / A. Awaïss, P. Kestemont, J.C. Micha // J. Appl. Ichthyol. – 1992. – Vol. 8. – P. 263–270.
6. Tamazouzt, L. L'alimentation artificielle de la perche *Perca fluviatilis* en milieu confinés (eau recycle, cage flottante): Thèse de doctorat / L. Tamazouzt; Université H. Poincaré, 1995. – 128 p.
7. Mani-Ponset, L. Development of yolk complex, liver and anterior intestine in pike-perch larvae, *Stizostedion lucioperca* (Percidae), according to the first diet during rearing / L. Mani-Ponset, J.P. Diaz, O. Schlumberger, R. Connes // Aquat. Living. Resour. – 1994. Vol. 7. – P. 191-202.
8. Nyina-wamwiza, L. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings / L. Nyina-wamwiza, X. Xu, G. Blanchard, P. Kestemont // Aquacult. Res. – 2005. – Vol. 36. – P. 486–492.
9. Дементьева, М. А. Некоторые анатомо-гистологические особенности кишечника молоди радужной форели, содержащейся на сухом корме / М. А. Дементьева // Изв. ГосНИОРХ. – 1976. – Т. 72. – С. 173-178.
10. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. – Санкт-Петербург: Изд-во ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
11. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (Coregonidae) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов / И. Н. Остроумова [и др.] // Вопр. рыболовства. – 2018. – Т. 19. – № 1. – С. 82–98.
12. Терешенков, И. И. Методические рекомендации по выращиванию жизнестойкой молоди судака / И. И. Терешенков, А. Е. Королев. – Санкт-Петербург: Изд-во ГосНИОРХ, 1997. – 28 с.
13. Королев, А. Е. Неблагоприятные последствия возникновения на поверхности воды пленки кормов и способы их устранения при индустриальном подращивании личинок судака / А. Е. Королев // Итоги тридцатилетнего развития рыбоводства на теплых водах и перспективы на XXI век: материалы. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 196-200.

14. Винберг, Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб / Г. Г. Винберг. – Минск: Белорусский гос. ун-т, 1956. – 251 с.
15. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин – Москва: Высш. шк., 1980. – 293 с.
16. Костюничев, В. В. Развитие пищеварительной системы личинок пеляди при использовании искусственных кормов / В. В. Костюничев // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1986. – Вып. 246. – С. 68–75.
17. Ostaszewska, T. Developmental changes of digestive system structures in pike-perch (*Sander lucioperca* L.) / T. Ostaszewska // Electronic journal of ichthyology. – 2005. – Vol. 2 – P. 65-78.
18. Ruuhijärvi, J. The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feed / J. Ruuhijärvi, E. Virtanen, M. Salminen, M. Muuyunda // Larvi'91. eas Special Publication. – 1991. – Vol. 15. – P. 154-156.
19. Schlumberger, O. Production de juveniles de sandre (*Stizostedion lucioperca*) / O. Schlumberger, J.P. Proteau // Aqua-revue. – 1991. – Vol. 36 – P. 25-28.
20. Лютиков, А. А. К методике использования живых кормов при выращивании личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae) / А. А. Лютиков // Вопр. рыболовства. – 2016. – Т. 17. – № 3. – С. 324-334.
21. Ермакова, С. В. Влияние длительного хранения гранулированных карповых кормов на их аминокислотный состав / С. В. Ермакова // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1981. – № 175. – С. 44-51.
22. Остроумова, И. Н. Влияние длительности хранения кормов на фракционный и жирнокислотный состав липидов печени сиговых / И. Н. Остроумова, А. К. Шумилина, А. А. Лютиков // Вест. рыбохоз. науки. – 2018. – Т. 5. – № 3 (19). – С. 60-67.
23. Временная инструкция по определению степени окисления липидов в кормах и оценке влияния качества кормов на рыб / Н. Е. Картавцева [и др.]. – Ленинград: Промрыбвод, 1987. – 28 с.
24. Comparison of different soybean phospholipidic fractions as dietary supplements for common carp, *Cyprinus carpio*, larvae / I. Geurden et al. // Aquaculture. – 1998. – Vol. 161. – № 1–4. – P. 225–235.
25. Cahu, Ch. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae / Ch. Cahu, I. J. Zambonino, T. Takeuchi // Aquaculture. 2003. – Vol. 227. – № 1-4. – P. 254-258.
26. The effect of dietary phosphatidylcholine/phosphatidylinositol ratio on malformation in larvae and juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*) / E. Sandel et al. // Aquaculture. – 2010. – Vol. 304. – P. 42–48.

REFERENCES

1. Baburina E. A. Razvitie glaz i ikh funktsii u zarodyshey i lichinok sudaka (*Lucioperca lucioperca* L.) [Development of the eye and their function in embryos and larvae of pike-perch (*Lucioperca lucioperca* L.)]. *Trudy Institutata morfologii zhivotnykh*, 1961, no 33, pp. 151-171.
2. Antalfi A. Propagation and rearing of perch in pond culture. *EIFAC Techn. Pap.*, 1979, vol. 35, iss. 1. pp. 120-125.

3. Ruuhijärvi, J. The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feed. *Larvi'91. eas Special Publication*, 1991, vol. 15, pp. 154-156.
4. Korolyov A. E. Opyt primeneniya iskusstvennykh kormov pri podrashchivaniy lichinok sudaka [Experience of using artificial feed for growing pike-perch larvae]. *Sb. nauch. tr. GosNIORKH*, 2005, no. 333, pp. 287-316.
5. Awaïss A. Kestemont P., Micha J.C. Nutritional suitability of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas for rearing freshwater fish larvae. *J. Appl. Ichthyol*, 1992, vol. 8, pp. 263-270.
6. Tamazouzt L. L'alimentation artificielle de la perche *Perca fluviatilis* en milieu confinés (eau recycle, cage flottante). Thèse de doctorat. Université H. Poincaré, France, 1995. 128 p.
7. Mani-Ponset L., Diaz J. P., Schlumberger O., Connes R. Development of yolk complex, liver and anterior intestine in pike-perch larvae, *Stizostedion lucioperca* (Percidae), according to the first diet during rearing. *Aquat. Living. Resour*, 1994, vol. 7, pp. 191-202.
8. Nyina-wamwiza L. Xu X., Blanchard G., Kestemont P. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. *Aquacult. Res*, 2005, vol. 36, pp. 486-492.
9. Dement'eva M. A. Nekotorye anatomo-gistologicheskie osobennosti kishchnika molodi raduzhnoy foreli, sodержashcheysya na sukhom korme [Some anatomical and histological features of the bowel of juvenile rainbow trout fed with dry feed]. *Izv. GosNIORKH*, 1976, no. 72, pp. 173-178.
10. Ostroumova I. N. *Biologicheskie osnovy kormleniya ryb* [The biological basis of feeding fish]. Saint-Petersburg, GosNIORKH Publ., 2012, 564 p.
11. Ostroumova I. N., Kostyunichev V. V., Lyutikov A. A., Bogdanova V. A., SHumilina A. K., Danilova T. P., Filatova T. A. Vkl'yucheniye v startovye korma dlya sigovykh ryb (Soregonidae) bakterial'noy biomassy i belkovykh gidrolizatov [Inclusion of bacterial biomass and protein hydrolysates in the starter feed for whitefish (Coregonidae)]. *Vopr. rybolovstva*, 2018, vol. 19, iss. 1, pp. 82-98.
12. Tereshenkov I. I., Korolyov A. E. *Metodicheskie rekomendatsii po vyrashchivaniyu zhiznestoykoy molodi sudaka* [Guidelines for growing viable juvenile pike-perch]. Saint-Petersburg, GosNIORKH Publ., 1997, 28 p.
13. Korolyov A. E. Neblagopriyatnye posledstviya vozniknoveniya na poverkhnosti vody plenki kormov i sposoby ikh ustraneniya pri industrial'nom podrashchivaniy lichinok sudaka [Unfavorable consequences of the appearance of feed pellicle on the water surface and methods for their elimination during industrial growing of pike-perch larvae]. *V sb.: Itogi tridtsatiletnego razvitiya rybovodstva na teplykh vodakh i perspektivy na XXI vek: materialy* [In coll.: The results of the thirty-year development of fish farming in warm waters and prospects for the 21st century: proceedings]. Saint-Petersburg, 1998, pp. 196-200.
14. Vinberg G. G. *Intensivnost' obmena i pishchevye potrebnosti ryb* [Exchange rate and nutritional needs of fish]. Minsk, Belorusskiy gos. un-t, 1956, 251 p.
15. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 1980, 293 p.

16. Kostyunichev V. V. Razvitie pishchevaritel'noy sistemy lichinok pelyadi pri ispol'zovanii iskusstvennykh kormov [The development of the digestive system of pelyad larvae using artificial feed]. *Sb. nauch. tr. GosNIORKH*, 1986, vol. 246, pp. 68-75.
17. Ostaszewska T. Developmental changes of digestive system structures in pike-perch (*Sander lucioperca* L.). *Electronic journal of ichthyology*, 2005, vol. 2, pp. 65-78.
18. 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. eas Special Publication*, 1991, vol. 15, pp. 154-156.
19. Schlumberger O., Proteau J.P. Production de juveniles de sandre (*Stizostedion lucioperca*). *Aqua-revue*, 1991, vol. 36, pp. 25-28.
20. Lyutikov A. A. K metodike ispol'zovaniya zhivyykh kormov pri vyrashchivaniy lichinok nel'my *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae) [To the methodology of using live food for growing inconnu larvae *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae)]. *Vopr. rybolovstva*, 2016, vol. 17, iss. 3, pp. 324-334.
21. Ermakova S. V. Vliyanie dlitel'nogo khraneniya granulirovannykh karpovykh kormov na ikh aminokislotnyy sostav [The effect of long-term storage of granular carp feed on their amino acid composition]. *Sb. nauch. tr. GosNIORKH*, 1981, no. 175, pp. 44-51.
22. Ostroumova I. N., SHumilina A. K., Lyutikov A. A. Vliyanie dlitel'nosti khraneniya kormov na fraktsionnyy i zhirnokislotnyy sostav lipidov pecheni sigovykh [The influence of the duration of feed storage on the fractional and fatty acid composition of whitefish liver lipids]. *Vest. rybokhoz. nauki*, 2018, vol. 5, iss. 3 (19), pp. 60-67.
23. Kartavtseva N. E., Abramova ZH. I., Ostroumova I. N., SHabalina A. A. *Vremennaya instruktsiya po opredeleniyu stepeni okisleniya lipidov v kormakh i otsenke vliyaniya kachestva kormov na ryb* [Temporary instructions for determining the degree of lipid oxidation in feed and assessing the effect of feed quality on fish]. Leningrad, Promrybvod Publ., 1987, 28 pp.
24. Geurden I., Marion D., Charlon N., Coutteau P., Bergot P. Comparison of different soybean phospholipidic fractions as dietary supplements for common carp, *Cyprinus carpio*, larvae. *Aquaculture*, 1998, vol. 161, iss. 1-4, pp. 225-235.
25. Cahu Ch., Zambonino J., Takeuchi T. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, 2003, vol. 227, no. 1-4, pp. 254-258.
26. Sandel E., Nixon O., Lutzky S., Ginsbourg B., Tandler A., Uni Z., Koven W. The effect of dietary phosphatidylcholine/phosphatidylinositol ratio on malformation in larvae and juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 2010, vol. 304, pp. 42-48.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лютиков Анатолий Анатольевич – Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» имени Л. С. Берга); кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории аквакультуры; E-mail: tokmo@mail.ru

Lyutikov Anatoliy Anatolievich – SPb Filial agency of FSBSI «VNIRO» (L. S. Berg «GosNIORH»); PhD in Biology; Senior Researcher of the of the laboratory of aquaculture; E-mail: tokmo@mail.ru

Королев Александр Евгеньевич – Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» имени Л. С. Берга); кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аквакультуры; E-mail: aqualab2007@yandex.ru

Korolyov Aleksandr Evgenievich – SPb Filial agency of FSBSI «VNIRO» (L. S. Berg «GosNIORH»); PhD in Biology; Leading Researcher of the laboratory of aquaculture; E-mail: aqualab2007@yandex.ru

Остроумова Ирина Николаевна – Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» имени Л. С. Берга); доктор биологических наук, Профессор; главный научный сотрудник лаборатории аквакультуры; E-mail: aqualab2007@yandex.ru

Ostroumova Irina Nikolaevna – SPb Filial agency of FSBSI «VNIRO» (L. S. Berg «GosNIORH»); Doctor of Bioscience, Professor; Chief Researcher of the laboratory of aquaculture; E-mail: aqualab2007@yandex.ru