

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК: 639.311.3

**К МЕТОДИКЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВЫХ КОРМОВ  
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛИЧИНОК НЕЛЬМЫ *STENODUS LEUCICHTHYS*  
*NELMA* (SALMONIFORMES: COREGONIDAE)**

© 2016 г. А. А. Лютиков

Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного  
рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, Санкт-Петербург, 199053  
E-mail: tokmo@mail.ru

Поступила в редакцию 09.11.2015 г.

Исследованы различные методы кормления личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* сухим искусственным кормом Biomag и науплиями артемии, а также определен оптимальный период использования живых кормов в рационе. Было показано, что рост ранней молоди нельмы зависел от длительности использования артемии, в то время как метод кормления не оказывал существенного влияния на этот процесс. Использование науплий артемии в кормлении рационально и биологически обосновано только в первые 30 сут. с момента перехода нельмы на питание внешним кормом или до достижения массы приблизительно 75 мг. При таком способе кормления личинки имели наибольшую массу на всем протяжении эксперимента, а их перевод полностью на искусственные корма не сопровождался снижением темпа роста, как это было отмечено при более раннем отказе от живого корма в рационе.

**Ключевые слова:** личинки нельмы, *Stenodus leucichthys nelma*, кормление, науплии артемии, искусственные корма.

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на многочисленные исследования по разработке стартовых кормов для личинок многих видов рыб, не удалось пока создать корма, которые бы полностью удовлетворяли пищевые потребности рыб на ранних этапах постэмбрионального развития. В связи с этим в аквакультуре широко используют живые корма, способные существенно повысить показатели роста и выживаемости ранней молоди рыб. Сиги (Coregonidae) в этом отношении не являются исключением, однако различия в характере питания сиговых, несомненно, должны учитываться при выборе методики кормления, в том числе и живыми кормами. Разводимые в аквакультуре сиги по типу питания представлены как планктофагами (пелядь) и бентофагами (чир, сиг), так и выраженными хищниками (нельма, белорыбица), а также видами, спо-

собными питаться различными кормовыми организмами (муksун).

Подобные различия в питании сиговых рыб связаны с особенностями развития их пищеварительной системы. Исследования Лауфа и Хофера (Lauff, Hofer, 1984) показали, что сиг *Coregonus* sp. в ранний период постэмбриогенеза слабо обеспечен пищеварительными ферментами, дифференциация желудочных желез у него происходит спустя 2 недели после вылупления. В этот же период (15–22 сут. при температуре 11–18°C) происходит формирование желудка, в том числе и у других сиговых (Ковалев, 1962; Богданова, 1980, 1981; Коровина, 1981; Князева и др., 1984; Костюничев, 1986). У представителей рода *Stenodus* (нельма, белорыбица), напротив, зачаток желудка отмечен уже к моменту перехода на смешанное питание, т.е. на 2–3-и сут. жизни (Богданова, 1977; Федорова, Джуматова, 2012), что может быть

связано с хищным характером питания. Также известно, что у белорыбицы *S. leucichthys leucichthys* в этот период уже сформирована и функционирует поджелудочная железа, хотя ее ферментативная активность невысока (Пономарева, 2005; Волкова, 2010).

Таким образом, по степени сформированности пищеварительной системы в раннем постэмбриогенезе белорыбца занимает промежуточное положение между сиговыми *Coregonus* spp. и лососевыми рыбами *Salmonidae*. У сига в этот период пищеварительная система развита слабо, тогда как лососи к началу экзогенного питания имеют оформившийся желудок (Дементьева, 1976; Тимейко, Новиков, 1987). Следовательно, можно предположить, что белорыбца в сравнении с сигами при переходе на внешнее питание способна переваривать более сложные компоненты корма, что необходимо учитывать при ее разведении в аквакультуре. Ранее мы показали, что для нельмы *S. leucichthys nelma* с первых дней экзогенного питания наиболее предпочтительным является комбинированное кормление, состоящее из живого (науплии артемии) и искусственного кормов (Лютиков, 2015). Подобная методика положительно отражается на размерно-весовых параметрах и физиологическом состоянии молоди. Более того, дальнейший перевод нельмы полностью на сухой искусственный корм наиболее успешен при использовании с первых дней жизни личинок обоих типов корма.

Вероятно, положительный эффект от совместного кормления живым и искусственным кормами достигается взаимной компенсацией недостающих элементов каждого корма в отдельности. Однако методика, которую мы использовали, заключалась в скармливании сначала живого корма, а затем (через 15 мин) искусственного. Такая последовательность отрицательно сказывалась на поедании искусственного корма в первые дни жизни — его потребляли лишь 6% личинок. К 20-м сут. этот показатель возрастал до 76%.

Мы предположили, что живой корм следует скармливать после искусственного,

что и проверили в исследованиях, обсуждаемых в настоящей работе. Помимо этого, вопрос о продолжительности использования живого корма в рационе также является актуальным и должен быть обоснован с биологических позиций. В связи с этим перед нами стояли следующие задачи: 1) оценить возможность кормления личинок нельмы с первых дней экзогенного питания искусственным кормом в сочетании с живым; 2) определить оптимальный период использования живых кормов в рационе личинок нельмы; 3) испытать различные методы комбинированного кормления.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Опыты проводили на рыбноводном хозяйстве ООО «Форват» (Ленинградская обл.) в 2014 г. Объектом исследований служили предличинки нельмы в возрасте 2 сут., их размеры в фиксированном состоянии в среднем составляли 13,8 мм в длину при массе 13,2 мг.

Выращивание проводили в экспериментальных бассейнах размером 1,0×1,0 м с уровнем воды 35 см. Начальная плотность посадки в каждом бассейне составляла 10 тыс. экз. (или 29 тыс. экз./м<sup>3</sup>). В качестве искусственного корма использовали экструдированный стартовый корм *Biomar larviva wean-ex* («Biomar Group», Дания) в виде микрогранул, в качестве живого — свежесуперлуцированные науплии артемии. Биохимические показатели кормов приведены в табл. 1. Нормы кормления составляли 10% от массы личинок, для живого корма суточный рацион рассчитывали по сухой массе. Кормление осуществляли вручную с 7 до 22 ч с интервалом в 1 ч.

Эксперимент состоял из 5 вариантов опытов, которые можно разделить на две группы (табл. 2). В первой группе (варианты 1–3) личинок кормили сухим искусственным кормом *Biomar* в сочетании с науплиями артемии, причем в начале каждого часа сначала давали искусственный корм, а через 15 мин — живой. Продолжительность использования

**Таблица 1.** Биохимический состав искусственного (по данным фирмы-производителя) и живого корма (собственные данные)

Тип корма	Общие, %		Углеводы, %	Элемент, %			Зола, %	Витамин, мг/кг		
	белки	жиры		P	Ca	Na		A, МЕ/кг	E	C
Науплии артемии (в сухом веществе)	61	11,4	—	—	—	—	9,5	21618	248	353
Biomar larviva wean-ex	65	11,0	11,0	1,6	1,9	0,8	10,9	8700	800	1100

**Таблица 2.** Проведение эксперимента по выращиванию нельмы *Stenodus leucichthys nelma* с использованием различной методики выдачи кормов

Вариант опыта, №	Период выращивания, сут.			
	1–10	11–20	21–30	31–40
1*	Biomar + артемия	Biomar	Biomar	Biomar
2*	То же	Biomar + артемия	То же	То же
3*	»	То же	Biomar + артемия	»
4**	»	Biomar	Biomar	»
5**	»	Biomar + артемия	То же	»

**Примечание.** \* В начале каждого часа сначала давали искусственный корм Biomar, а через 15 мин — науплии артемии; \*\* первые три кормления давали искусственный корм Biomar, далее только науплии артемии.

артемии в рационе в варианте № 1 составляла 10 сут., № 2 — 20, № 3 — 30, после чего молодь получала только сухой корм. Во второй группе (варианты 4, 5) первые три кормления давали искусственный корм, далее только живой. В варианте № 4 продолжительность кормления артемией ограничивалась 10 сут., в № 5 — 20 сут.

Общая продолжительность эксперимента составила 40 сут. (с 24 апреля по 3 июня), температура воды в этот период находилась в диапазоне 6,1–14,4°C при среднем значении 9,7°C, содержание кислорода — 8,9 мг/л, рН 6,9. Пробы для последующего анализа фиксировали в 2%-ном растворе формальдегида. Интенсивность роста молоди рассчитывали по уравнению Винберга (1956), интенсивность питания — по фактической массе пищевого комка либо использовали реконструкцию массы по методике Барановой (1985). Число исследован-

ной молоди для анализа размерно-весовых характеристик составляло не менее 25 экз., для оценки интенсивности питания — не менее 15 экз. в каждой пробе.

Для биохимического анализа молоди в каждом варианте опыта использовали по пять совокупных проб общей массой не менее 64 г. Пробы для биохимического анализа отбирали по окончании эксперимента. Биохимические показатели определяли по стандартным методикам (Бурштейн, 1963; Инструкция ..., 1984), содержание витамина С в теле рыб — методом титрования экстракта витамина в соляной кислоте реактивом Тильманса (Князева, 1979). Статистическую обработку собранного материала проводили в соответствии с принятыми методами (Лакин, 1980) с помощью программы Microsoft Office Excel, достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Наполняемость кишечника  
и избирательность личинками нельмы  
живых и искусственных кормов**

Корм в кишечниках личинок нельмы был отмечен с первых дней кормления, а его количество по итогам первой декады выращивания было практически одинаковым во всех вариантах и составляло в среднем  $60^0/_{000}$ , или 0,1–0,15 мг массы пищевого комка соответственно (табл. 3). Следует отметить, что для сиговых рыб в первые дни жизни индекс наполнения кишечника достаточно низок как при питании искусственным (Костюничев, 1986), так и живым кормом (Максимова и др., 1968).

При схожих значениях накормленности личинок количество того или иного съеденного нельмой корма в разных вариантах опыта было различным и зависело от метода кормления. За первые 10 сут. при последовательном скармливании сначала искусственного корма, а затем науплий артемии (варианты 1–3) сухой корм был отмечен в кишечной трубке в среднем у 33% личинок, которые потребляли его в сочетании с живым

кормом. При этом количество искусственного корма в пищевом комке находилось в диапазоне 9–20% (табл. 4).

В вариантах, когда первые три кормления использовали искусственный корм, а затем живой (варианты 4, 5), количество личинок, потреблявших искусственный корм, было существенно больше — в среднем 93%, а его доля в пищевом комке составляла 26–46%. Особи, питавшиеся исключительно сухим кормом, в этот период не встречались (табл. 4).

Во второй декаде эксперимента после исключения из рациона науплий артемии (варианты 1, 4) личинки так же активно поедали корм. Масса пищевого комка была сопоставима с соответствующими показателями у нельмы из других вариантов, при этом в варианте 4 масса корма в кишечнике была максимальной (табл. 3). Таким образом, личинки, переведенные на монорацион из искусственного корма, активно его потребляли, однако средняя масса особей в обсуждаемый период была наименьшей. Вероятно, это вызвано адаптацией организма к новому рациону и низким температурным режимом, не благоприятствующим перевариванию сухих кормов.

**Таблица 3.** Наполняемость кишечника личинок нельмы в разных вариантах эксперимента

Вариант опыта, №	Длительность эксперимента, сут / температура воды, °С						
	10 / 7,6*	20 / 7,9		30 / 12,7		40 / 13,2	
	Масса, мг	Масса, мг	ИНК, <sup>0</sup> / <sub>000</sub>	Масса, мг	ИНК, <sup>0</sup> / <sub>000</sub>	Масса, мг	ИНК, <sup>0</sup> / <sub>000</sub>
1	21,4	<u>32,4</u> 0,37	113,8	<u>55,7</u> 0,63	111,2	<u>56,2</u> 0,46	81,0
2	20,5	<u>35,8</u> 0,40	111,4	<u>63,2</u> 0,81	127,6	<u>155,1</u> 3,06	195,5
3	20,5	<u>35,4</u> 0,38	108,2	<u>74,6</u> 0,63	82,0	<u>185,0</u> 3,34	179,4
4	20,9	<u>30,9</u> 0,48	154,6	<u>54,9</u> 0,50	90,2	<u>65,3</u> 0,52	82,6
5	20,6	<u>36,6</u> 0,37	101,8	<u>61,8</u> 1,09	178,3	<u>150,8</u> 2,04	135,6

**Примечания.** Исходная масса личинок — 13,2 мг. ИНК — индекс наполнения кишечника; над чертой — масса личинки, под чертой — пищевого комка; \*здесь во всех вариантах опыта масса пищевого комка составляла 0,10–0,15 мг, а ИНК —  $60^0/_{000}$ .

**Таблица 4.** Избирательность потребления личинками нельмы живого или искусственного корма при комбинированном кормлении

Опыт		Средняя масса личинки, мг	Выбор корма, %			Соотношение кормов в пищевом комке %	
продолжительность, сут.	вариант		Биомар	артемии	оба	Биомар	артемии
10	1	21,4	0	67	33	17	83
	2	20,5	0	73	27	9	91
	3	20,5	0	60	40	20	80
	4	20,9	0	7	93	26	74
	5	20,6	0	7	93	46	54
20	2	35,4	0	60	40	21	79
	3	35,8	7	53	40	26	74
	5	36,6	14	0	86	68	32
30	3	74,6	0	14	86	54	46

Личинки в вариантах 2, 3, продолжавшие получать оба типа корма, в большей степени (53–60%) питались только артемией, при этом доля живого корма у них занимала  $\frac{3}{4}$  пищевого комка (табл. 4). Напротив, в варианте 5 сохранилась тенденция к интенсивному потреблению искусственного корма, который был обнаружен в пище у всей молодежи. Его доля в потребленном корме возросла до 68% и составила основу рациона.

После прекращения использования артемии в вариантах 2 и 5 третьей декады наблюдений была отмечена схожая тенденция, что и в вариантах 1 и 4 на предыдущем отрезке опыта, — масса пищевого комка у личинок в вариантах 2 и 5 в среднем на 34% превосходила массу корма у нельмы в варианте 3 (комбинированное кормление), тогда как масса тела была на 16% ниже (табл. 3). В этот же период в варианте 3 у нельмы произошло перераспределение кормовых предпочтений: количество молодежи, потреблявшей искусственный корм, возросло более чем в два раза по сравнению с предыдущим отрезком опыта и составило 86%. Примерно во столько же раз увеличилось количество искусственного корма в пищевом комке — до 54%.

На завершающей декаде эксперимента, когда вся молодежь получала искусственный

корм, масса пищевого комка у нельмы вариантов 1 и 4 сократилась на 12% по сравнению с предыдущим периодом. Напротив, в вариантах 2 и 5 масса пищи в желудочно-кишечном тракте увеличилась в два–три раза, а в варианте 3 — более чем в пять раз (табл. 3). Активность поедания корма нельмой в различных вариантах эксперимента соответствующим образом отразилась на ее росте.

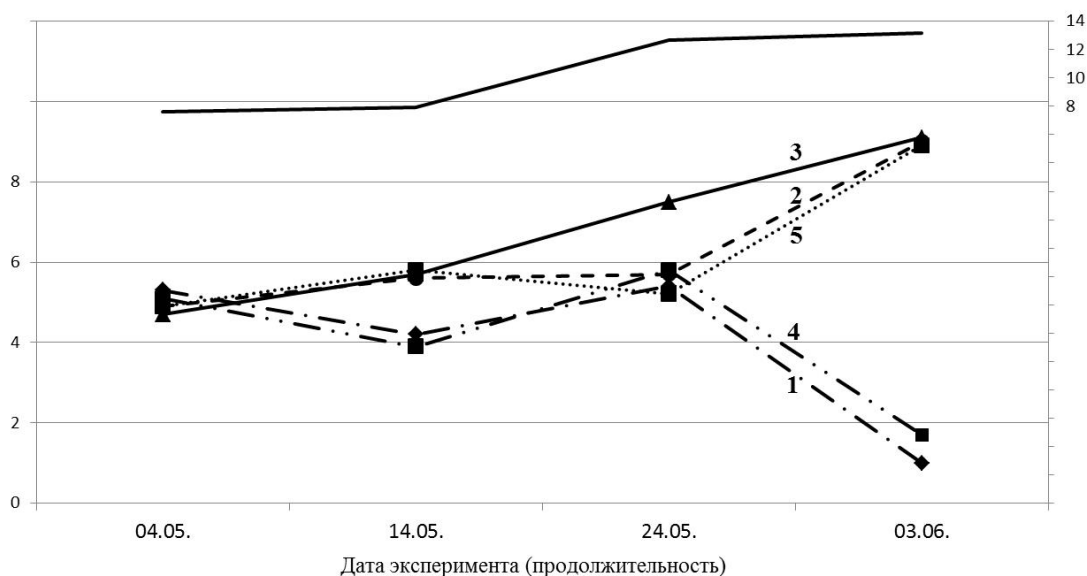
#### **Рост личинок нельмы в эксперименте**

Как отмечалось выше, по мере исключения науплий артемии из рациона в первые 10 и 20 сут. личинки отставали в росте от молодежи, которую продолжали кормить комбинированным (живым и искусственным) кормом. После исключения артемии из рациона на 10-е сут. (варианты 1 и 4) темп роста личинок в последующую декаду снизился в среднем на 22%, что привело к отставанию роста массы нельмы на 12% по сравнению с молодежью из других вариантов опыта (табл. 5, рисунок). В третьей декаде скорость роста этих личинок была сопоставима с ростом одновозрастной молодежи из вариантов 2 и 5, однако на заключительной декаде суточный прирост в вариантах 1 и 4 снизился соответственно до 0,1 и 1,7% против 9% в других вариантах. Итоговая масса этих личинок имела наименьшие из всех вариантов кормления значения при высо-

кой вариабельности (табл. 5). В то же время при выращивании нельмы только на искусственном корме подобного резкого снижения роста в обсуждаемый период не наблюдалось.

Выведение артемии из рациона на 20-е сут. (варианты 2 и 5) снизило среднесуточный прирост в среднем лишь на 5%, причем в варианте 2 он остался на прежнем

уровне. Тем не менее масса этой молоди уступала нельме, которая продолжала получать живой корм (вариант 3) в среднем на 19%. Использование комбинированного метода кормления в варианте 3 на данном этапе позволило увеличить суточный прирост личинок до 7,5%, что на четверть выше, чем в среднем по эксперименту.



Показатели суточного прироста молоди нельмы (по оси ординат слева, %), температура воды (по оси ординат справа, °C) в разных вариантах опыта (1–5).

**Таблица 5.** Рост личинок нельмы при разных вариантах кормления

Вариант опыта	Продолжительность эксперимента, сут / температура воды, °C													
	1 / 6,1		10 / 7,6			20 / 7,9			30 / 12,7			40 / 13,2		
	Масса личинок, мг	CV	СП, %	Масса личинок, мг	CV	СП, %	Масса личинок, мг	CV	СП, %	Масса личинок, мг	CV	СП, %		
1	$21,4 \pm 0,3$ 18,9-23,3	5,9	4,8	$32,4 \pm 0,7$ 27,8-36,5	7,7	4,2	$55,7 \pm 1,0$ 46,8-61,3	6,9	5,4	$56,2 \pm 2,5$ 41,6-70,7	17,1	0,1		
2	$20,5 \pm 0,3$ 18,2-22,8	6,1	4,4	$35,8 \pm 0,8$ 31,6-40,1	8,1	5,6	$63,2 \pm 1,0$ 56,3-71,0	6,4	5,7	$155,1 \pm 3,8$ 131,7-188,8	9,5	9,0		
3	$13,2 \pm 0,2$ 12,1-14,1	$20,5 \pm 0,5$ 17,8-24,2	8,6	4,2	$35,4 \pm 0,6$ 31,3-40,0	6,3	5,7	$74,6 \pm 1,5$ 68,8-84,5	7,5	7,5	$185,0 \pm 4,1$ 148,4-209,8	8,7	9,1	
4	$20,9 \pm 0,4$ 18,0-23,8	8,1	4,6	$30,9 \pm 0,3$ 28,9-33,8	5,0	3,9	$54,9 \pm 1,4$ 43,0-61,2	9,9	5,8	$65,3 \pm 3,8$ 44,0-97,6	22,6	1,7		
5	$20,6 \pm 0,3$ 19,1-22,1	4,9	4,5	$36,6 \pm 0,8$ 31,9-41,3	7,1	5,8	$61,8 \pm 1,1$ 57,0-71,6	6,7	5,2	$150,8 \pm 4,7$ 128,5-200,6	12,0	8,9		

**Примечание.** Над чертой — среднее значение и его ошибка, под чертой — пределы варьирования признака; CV — коэффициент вариации; СП — суточный прирост.

Исключение артемии на 30-е сут. (вариант 3) не отразилось негативно на дальнейшем росте нельмы, который в итоге имел максимальное значение в опыте — 9,1%, при этом конечная масса молоди составила 185 мг. Наименьший коэффициент вариации массы в варианте 3 свидетельствует о том, что получаемый комбинированный корм удовлетворял потребности большей части молоди, поэтому отстающих по росту было меньше, чем в других вариантах (табл. 5).

Выживаемость нельмы при различных вариантах кормления существенно не различалась и по завершении опытов находилась на уровне 90%.

Статистический анализ показателей массы молоди в вариантах 1 и 4, как и в вариантах 2 и 5, не устанавливает достоверных различий (при  $p \leq 0,05$ ) на всем протяжении эксперимента, что свидетельствует о зависимости роста нельмы от продолжительности использования артемии в ее рационе, тогда как метод кормления (см. «Материал и методике») не оказывает существенного влияния на этот процесс.

Обсуждая данные суточного прироста, необходимо отметить, что в заключительной декаде эксперимента темп роста молоди из вариантов 2 и 5 увеличился до 9% и сравнялся по этому показателю с вариантом 3 (рисунок). По нашему мнению, увеличение темпа роста нельмы на искусственных кормах может быть связано с морфофизиологическими изменениями в пищеварительной системе молоди, выражающимися в изгибе

желудка, что в свою очередь отражается на его функции. Например, у пеляди подобные изменения сопровождаются утолщением стенок желудка и увеличением количества пищеварительных желез (Костюничев, 1986). Следует полагать, что функциональное развитие желудка в совокупности с повышением температуры воды до 13°C способствуют улучшению перевариваемости и усвоения компонентов искусственного корма у сиговых.

#### Биохимический анализ личинок нельмы

Химический состав личинок нельмы указывает на тенденцию к увеличению белка, жира, золы и витамина С в организме в зависимости от продолжительности использования в качестве корма артемии (табл. 6). Количество белка при питании живым кормом в течение 30 сут. (вариант 3) в сравнении с 10-суточным использованием артемии (вариант 1) увеличивается на 44%, жира — на 53%, витамина С — на 33%. Таким образом, в варианте 1 отмечены самые низкие биохимические показатели, а по витамину С и вовсе обнаруживается дефицит, который наблюдается у сиговых при снижении аскорбиновой кислоты в тканях ниже 20 мкг/г (Dabrowski, 1990 — цит. по: Остроумова, 2012).

Еще одним фактором, влияющим на химический состав личинок в эксперименте, мог выступать метод кормления. При сравнении биохимических показателей нельмы в вариантах опыта 1 и 4, в которых кормление живым кормом продолжалось 10 сут., но выдача кормов была разной (см. «Материал

**Таблица 6.** Химический состав тела личинок нельмы к окончанию эксперимента

Вариант опыта	Влажность, %	Содержание в сырой массе, %			
		белок	жир	зола	витамин С, мкг/г
1	86,4±0,8	9,2±0,7	1,5±0,1	1,2±0,1	17,7±0,6
2	80,8±1,5	13,0±0,6	2,5±0,2	1,5±0,1	25,3±0,9
3	76,3±1,3	16,4±0,8	3,2±0,2	1,9±0,1	26,7±1,2
4	80,3±0,8	14,7±0,5	2,2±0,1	1,8±0,1	25,0±1,3
5	80,1±1,0	14,9±0,7	2,5±0,1	1,6±0,1	28,1±2,8

и методику»), были отмечены достоверные отличия ( $p \leq 0,05$ ). Однако при использовании науплий артемии в течение 20 сут. в вариантах 2 и 5 достоверных различий в показателях обнаружено не было.

С одной стороны, причиной этого могли служить различия в питании: 2/3 личинок варианта 1 в первую декаду потребляли только артемию, в то время как в варианте 4 лишь 7% особей питались живым кормом (табл. 4). Вероятно, это обстоятельство послужило более легкому переходу молоди из варианта 4 на сухие корма. Стоит отметить, что нельма из варианта 1 также потребляла искусственный корм, но, несмотря на это, рост молоди в последней декаде эксперимента практически прекратился, что также могло повлиять на биохимические показатели нельмы в этом варианте.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя полученные результаты по питанию нельмы, можно сделать вывод о том, что выведение артемии из рациона на 10-е и 20-е сут. эксперимента сопровождалось снижением темпа роста нельмы, несмотря на высокую потребляемость корма. Это говорит о низкой усвояемости съеденной пищи на данном этапе. В вариантах 1 и 4 темп роста после прекращения использования живого корма так и не достиг должного уровня, несмотря на повышение температуры воды. По всей видимости, это связано с недостаточно развитой пищеварительной системой молоди, подошедшей к периоду роста с благоприятными условиями (под таким периодом мы подразумеваем прогрев воды до 12-13°C), и нарушениями ее развития из-за раннего перехода на несоответствующий корм. К завершению эксперимента такая молодь и вовсе перестала прибавлять в массе (табл. 5).

Можно предположить, что 10-суточный период кормления артемией слишком короток, к его окончанию личинки еще не способны использовать предлагаемые искусственные корма. Кроме того, следует учиты-

вать низкие температуры воды в это время, также не способствующие утилизации сухих кормов.

В то же время при выращивании белорыбицы использование артемии в сочетании с искусственным кормом в первые 10 сут. жизни обеспечивало максимальную скорость роста и выживаемость молоди (Михайлова, 2001). Однако подобные результаты были получены при температуре воды 18–21°C.

Использование артемии на протяжении 30 сут. (вариант 3), напротив, характеризовалось лучшими показателями роста молоди. Примечательно, что в третьей декаде было отмечено перераспределение пищевых предпочтений у личинок нельмы (табл. 4). Одна из причин этого может заключаться в размерах предлагаемого корма. Относительно мелкие однодневные науплии артемии требуют от подросшего хищника высокой двигательной активности, в то время как гранулы искусственного корма увеличивались в размере по мере роста рыбы.

В литературе также встречаются сведения, указывающие на выбор личинками нельмы более крупных организмов. Например, Смольянов (1956), наблюдавший за развитием ранней молоди нельмы в природе, обратил внимание на то, что подросшие личинки начинают избегать мелких Cladocera и избирать более крупных Ceropoda. Богданова (1977), использующая при выращивании нельмы в качестве корма *Moina macroscopa*, также связывала снижение интенсивности питания с небольшими размерами моин.

Таким образом, изучение питания и роста личинок нельмы на различных этапах эксперимента показывает, что прекращение использования науплий артемии в рационе в течение первого месяца жизни или по достижении массы молоди приблизительно 75 мг своевременно и биологически обосновано. На этой стадии у нельмы уже сформирован и функционирует желудок, что дает ей возможность продуктивно использовать искусственные корма, раз-



меры гранул которых можно корректировать в процессе выращивания. Напротив, науплии артемии к этому времени уже являются для нельмы мелким и, вероятно, биологически неполноценным (Das et al., 2012; Остроумова, 2014) кормом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кормление личинок нельмы с помощью различных вариантов выдачи кормов не обнаружило достоверных различий ( $p \leq 0,05$ ) в показателях массы, темпа роста и выживаемости опытной молодежи. Однако анализ содержимого кишечника показал, что при кормлении последовательно искусственным кормом и артемией (варианты 1–3) в пищевом комке личинок доля науплий существенно выше, чем у молодежи, которая первые три кормления получала искусственный корм, а затем только артемию (варианты 4 и 5). Это говорит о том, что количество съеденного живого корма личинками в вариантах 4 и 5 было достаточным для их нормального роста и развития, особенно в первые дни жизни. Полученные результаты указывают на необходимость корректировки суточных норм живого корма, который на ранних этапах личиночного развития сиговых рыб принято давать в избытке.

Анализируя расход живого корма при различных методах выдачи кормов, следует отметить, что при последовательной подаче искусственного и живого корма (варианты 1–3) затраты последнего были на 40% меньше, что делает эту методику предпочтительной.

Другой исследуемый в эксперименте фактор — продолжительность использования науплий артемии в рационе — оказал более существенное влияние на рост нельмы: чем длительнее скармливался живой корм (в течение первых 30 сут. жизни личинок) поочередно с сухим, тем выше был темп роста молодежи, в том числе после ее перевода полностью на искусственные корма.

### ВЫВОДЫ

Интенсивность роста личинок нельмы в опыте находилась в зависимости от продолжительности использования науплий артемии, в то время как метод кормления (чередование выдачи искусственного и живого корма в течение часа или кормление в начале дня сухим кормом, а далее только живым) не оказывал влияние на этот процесс.

Лучшие результаты были получены при последовательном кормлении молодежи искусственным кормом и науплиями артемии в течение 30 сут. Ее перевод полностью на искусственный корм в этом случае прошел без снижения темпа роста. По итогам эксперимента такая молодежь к 40-м сут. опыта имела максимальную массу при меньшей вариабельности — 185 мг.

Морфофизиологические изменения в пищеварительной системе, связанные с изгибом желудка, отмечены у нельмы в возрасте 31–32 сут. при средней массе 75 мг. С этого времени у личинок существенно повысилась эффективность усвоения предлагаемого искусственного корма, и исключение из рациона артемии не отразилось на скорости роста.

Использование искусственного корма при первых трех кормлениях (варианты 4 и 5) с последующей выдачей науплий артемии обеспечивает более полное поедание сухого корма. Так, по итогам первых 10 сут. выращивания искусственный корм встречается в кишечной трубке у 93% личинок и составляет около 36% пищевого комка. Напротив, при поочередной в течение часа подаче искусственного и живого корма в первые 10 сут. 64% личинок потребляли только науплии артемии, остальные личинки поедали оба корма.

Биохимические параметры нельмы находятся в зависимости от продолжительности использования науплий артемии (в период исследований, равный 30 сут.). Сокращение сроков кормления личинок живым кормом ухудшает показатели химического состава тела.

При выращивании ранней молоди нельмы в индустриальных условиях можно рекомендовать к использованию с начала внешнего питания поочередную выдачу искусственного и живого корма до достижения массы личинок приблизительно 75 мг с последующим выведением из рациона живого корма. Такой подход позволяет взаимокompенсировать неполноценность каждого корма в отдельности, повысить эффективность адаптации молоди к искусственным кормам и осуществить более успешный дальнейший ее перевод только на сухие корма.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранова В.П. Способ оценки количества искусственного корма в пищеварительном тракте личинок рыб // Гидробиол. журн. 1985. Т. 21. № 3. С. 89–91.

Богданова Л.С. Рост и развитие личинок кубенской нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Pallas) в условиях разных температур и режимов кормления // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17. Вып. 4. С. 659–667.

Богданова Л.С. Развитие и питание личинок сига *Coregonus lavaretus pallasi* n. *exilis* Pravdin Сямозера в условиях разных температур и режимов кормления // Там же. 1980. Т. 20. Вып. 2. С. 277–284.

Богданова Л.С. Рост и развитие личинок муксуна в условиях разных режимов кормления и голодания // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1981. Вып. 166. С. 69–73.

Буриштейн А.И. Методы исследования пищевых продуктов. Киев: Госмедиздат УССР, 1963. 644 с.

Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: БГУ, 1956. 251 с.

Волкова И.В. Особенности функционирования пищеварительной системы рыб различных трофических групп: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Астрахань: АГУ, 2010. 44 с.

Дементьева М.А. Некоторые анатомо-гистологические особенности кишечника молоди радужной форели, содержащейся на

сухом корме // Изв. ГосНИОРХ. 1976. Т. 72. С. 173–178.

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

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

Князева Л.М., Остроумова И.Н., Богданова Л.С. Влияние разных искусственных кормов на рост и развитие личинок чира *Coregonus nasus* (Pallas) (Salmonidae) // Вопр. ихтиологии. 1984. Т. 24. Вып. 1. С. 114–121.

Ковалев П.М. Постэмбриональное развитие чудского сига (*Coregonus lavaretus maraenoides* Poljakov) в природных условиях // Там же. 1962. Т. 2. Вып. 4. С. 664–676.

Коровина В.М. Морфология пищеварительного тракта чира *Coregonus nasus* (Pallas) // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1981. Вып. 166. С. 74–84.

Костюничев В.В. Развитие пищеварительной системы личинок пеляди при использовании искусственных кормов // Там же. 1986. Вып. 246. С. 68–75.

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

Лютиков А.А. Выращивание личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae) на живых и искусственных кормах // Вопр. рыболовства. 2015. Т. 16. № 3. С. 305–320.

Максимова Л.П., Лебедев Л.И., Коровина В.М. Опыт подращивания личинок с применением живых кормов // Тр. Карел. отд. ГосНИОРХ. 1968. Т. 5. Вып. 1. С. 421–425.

Михайлова М.В. Обмен веществ у молоди белорыбицы при выращивании индустриальными методами на различных кормах // Матер. VI Всерос. науч.-произв. совещания «Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб». Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2001. С. 104–109.

Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. СПб.: ГосНИОРХ, 2012. 564 с.

Остроумова И.Н. Особенности биохимического состава и размеров науплиусов артемии как стартового корма для личинок рыб // Рыбоводство и рыб. хоз-во. 2014. № 6. С. 55–61.

Пономарева Е.Н. Особенности развития пищеварительной системы лососевидных рыб в раннем онтогенезе // Вест. АГТУ. 2005. № 3. С. 133–137.

Смолянов И.И. Развитие белорыбицы *Stenodus leucichthys leucichthys* Guld., нельмы *Stenodus leucichthys nelma* Pall. и сига-нельмушки *Coregonus lavaretus nelmuschka* Pravdin // Тр. ИМЖ АН СССР. 1957. Т. 20. С. 232–294.

Тимейко В.Н., Новиков Г.Г. Протеолитическая активность пищеварительного тракта семги *Salmo salar* L. в процессе личиночного развития // Вопр. ихтиологии. 1987. Т. 27. Вып. 2. С. 300–306.

Федорова Н.Н., Джуматова А.А. Особенности развития пищеварительной системы предличинок белорыбицы // Вест. АГТУ. 2012. № 1. С. 84–86.

Das P., Mandal S. C., Bhagabati S. K. et al. Important live food organisms and their role in aquaculture // Frontiers in Aquaculture. New Delhi: Narendra Publ. House, 2012. P. 69–86.

Lauff M., Hofer R. Proteolytic enzymes in fish development and the importance of dietary enzymes // Aquaculture. 1984. V. 37. №. 4. P. 335–346.

## ON THE USAGE ALIVE FORAGES IN THE GROWING OF INCONNU LARVAE *STENODUS LEUCICHTHYS NELMA* (SALMONIFORMES: COREGONIDAE)

© 2016 y. A. A. Lyutikov

L.V. Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries, St. Petersburg, 199053

Various techniques for inconnu *Stenodus leucichthys nelma* feeding by Biomar dry artificial feed and by nauplii of *Artemia* were investigated. The optimum period for use of living feed in ration was also determined. It was shown that the growth of the early fry of inconnu depended on the duration of *Artemia* usage while the feeding technique had no significant effect on the growth. The duration of the usage of *Artemia* nauplii in the ration is efficient and biologically substantiated only in the first 30 days after the inconnu begin feeding on external feed i.e. up to 75 mg weight. According to such technique the larvae had the greatest weight during all experiment and their transition to completely artificial feed did not result in the decrease in the growth as it was noted when the living feed was withdrawn earlier.

**Keywords:** larvae, inconnu, *Stenodus leucichthys nelma*, feeding, *Artemia* nauplii, artificial feed.