



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Водных биоресурсов и аквакультуры

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: Рост и развитие молоди нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Pallas, 1773) при использовании различных экспериментальных кормов

Исполнитель Пьянкова Алёна Сергеевна

Руководитель к.г.н., доцент, зам. директора ФГНБУ «ГосНИОРХ»
Педченко Андрей Петрович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.т.н., доц.
Королькова Светлана Витальевна

«__» _____ 20__ г.

Санкт–Петербург

2016

Оглавление

Введение.....	3
1 Материал и методика.....	5
2 Результаты работы.....	7
2.1 Характеристика вида нельма <i>Stenodus leucichthys nelma</i>	7
2.2 Рыбохозяйственное значение вида.....	9
2.3 Обзор и результаты интродукций.....	10
2.4 Опыт воспроизводства нельмы.....	12
2.4.1 Индустриальное воспроизводство нельмы.....	14
2.5 Влияние качества кормов на рост нельмы.....	16
2.6 Особенности роста сиговых.....	18
2.7 Результаты применения различных кормов в сиговодстве.....	22
2.8 Результаты экспериментальных исследований.....	24
2.9 Личиночное развитие нельмы в ходе эксперимента.....	29
2.10 Обсуждение.....	30
Выводы.....	31
Заключение.....	33
Список литературы.....	35

Введение

Нельма является одной из наиболее ценных рыб семейства сиговых в водоемах Европейского Севера и Сибири. В последние десятилетия в результате усиленного хозяйственного освоения этих районов, строительства гидротехнических сооружений, препятствующих ее нерестовым миграциям в верховья рек, загрязнения нерестилищ отходами лесосплава и промышленными стоками, развитие промысла, изымающего значительную часть рыб еще в неполовозрелом состоянии, произошло резкое сокращение численности нельмы в местах ее естественного обитания (Костюничев и др., 1997). Для восстановления промысловых запасов этой ценной рыбы наряду с охранными мероприятиями необходима активная работа по ее искусственному воспроизводству.

Ранее для выращивания нельмы использовались пруды и озера, но из-за недостатка прудовых площадей и ограниченного количества озерных питомников эти способы не нашли широкого применения. Поэтому в настоящее время в целях выращивания все чаще используют индустриальный метод, при котором возможны высокие плотности посадки и наименьшие затраты труда и времени.

Развитие индустриальных форм рыбоводства, в том числе и получение крупного посадочного материала этим способом для пастбищной аквакультуры, подготовка качественной молоди для воспроизводства невозможны без сбалансированного кормления. В условиях, когда рыба лишена естественной пищи, ее обмен веществ находится практически полностью под контролем человека и зависит от сбалансированности, качества и количества предоставляемых кормов.

В настоящее время важна разработка полноценных стартовых кормов для молоди сиговых, так как живые корма, применяемые на производстве, являются дорогостоящими и трудозатратными, а ранее испытанные корма разработки ГосНИОРХ в настоящее время не применяются из-за прекращения производства основных компонентов.

Актуальной проблемой на сегодняшний день является создание искусственных кормов, которые бы полностью удовлетворяли пищевым потребностям рыб на ранних этапах постэмбрионального развития, так как, несмотря на множество исследований по разработке стартовых кормов, до сих пор не удалось добиться успеха (Остроумова, 2005, 2012).

Цель работы: исследовать рост и развитие молоди нельмы при использовании различных экспериментальных кормов.

Задачи:

- изучить и проанализировать литературу по исследованиям в области воспроизводства нельмы и опытов с использованием различных кормов;
- дать характеристику вида нельма;
- описать рыбохозяйственное значение вида;
- провести морфометрический анализ проб личинок;
- описать данные, полученные в ходе работ;
- проанализировать полученные данные;
- сделать выводы.

1 Материал и методика

Опыты проводили на рыбоводном хозяйстве ООО «Форват» (Ленинградская область) с 22 мая по 19 июня 2015 г. Объектом служили личинки нельмы, которые на момент начала эксперимента находились на эндогенном питании. Вылупление предличинок было 2 мая. Средняя длина предличинок в фиксированном состоянии составляла 1,27 см, масса – 1,07 мг.

Молодь выращивали в экспериментальных бассейнах размером 1,0×1,0 м с уровнем воды 35 см. Начальная плотность посадки в каждом бассейне составляла 10 тыс. экземпляров. В качестве корма использовались семь искусственных кормов, разработанные в лаборатории аквакультуры и воспроизводства ценных видов рыб ГосНИОРХ, в виде микрогранул, а также до начала эксперимента личинок кормили живым кормом – свежévelупившимися науплиусами артемии и смесью из живого и сухого корма фирмы Biomar.

Эксперимент заключался в выращивании молоди нельмы в семи вариантах с применением различных сухих искусственных кормов. Полный биохимический состав используемых экспериментальных кормов является конфиденциальным и известен только специалистам ГосНИОРХ. Для удобства в исследовании каждому отдельному корму присвоили условный номер, который соответствует вариантам эксперимента, поэтому далее в работе вместо названий кормов будет использоваться нумерация. Корма №1 - №4 фосфолипиды кислоты, корма №5 - №7 содержали доступный белок, корм №4 был контрольным. В начале эксперимента температура воды составляла 9,8⁰С, среднее содержание растворенного в воде кислорода – 8,7 мг/л, средний рН – 6,9. Кормление осуществляли вручную с 7 до 23 часов с интервалом в 1 час.

Нормы кормления в первые две недели выращивания составляли 10% от массы личинок. С ростом личинок нормы кормления рассчитывали исходя из массы молоди и температурного режима, руководствуясь методическими указаниями по выращиванию сиговых рыб (Костюничев и др., 2005).

Пробы личинок для дальнейшего морфометрического анализа фиксировали 2%-ным раствором формальдегида.

Сотрудники лаборатории проводили работы по определению биохимических показателей, индекса наполнения кишечника и интенсивности питания. Нам предоставили возможность определить интенсивность роста и развитие нельмы, что является практически основными показателями для определения качества используемых кормов.

Для характеристики интенсивности роста молоди в различных вариантах измеряли рост и массу с помощью штангенциркуля, торсионных и электронных весов, а потом рассчитывали среднюю суточную скорость роста (суточный прирост) по уравнению Винберга (1956). Для исследований из каждой пробы выбиралось не менее 25 экземпляров.

Для определения этапов личиночного развития молоди на экспериментальных кормах из каждой пробы брали по 10 экземпляров фиксированных личинок и давали визуальную оценку, опираясь на морфологические признаки, пользуясь при этом биноклем и работами по экологической морфологии рыб Смольянова (1957).

Для проведения статистического анализа полученных данных использовали программу Microsoft Office Excel, достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента.

2 Результаты работы

2.1 Характеристика вида нельма *Stenodus leucichthys nelma*

Биологическая характеристика вида дана в соответствии с описанием Котляра А.Н. (Гриценко и др., 2006).

Нельма *Stenodus leucichthys nelma* (Pallas, 1773) - рыба отряда лососеобразных из класса костистых рыб, семейство сиговых, подвид белорыбицы.

Тело нельмы вытянутое, сжатое с боков. Голова относительно небольшая (20,8 - 24,3% длины тела по Смитту). Рот конечный, косой; верхняя челюсть не достигает вертикали заднего края глаза. Зубы на челюстях очень мелкие, почти незаметны. Чешуя крупная.

ДП - V 9 - 15; АП - IV 9 - 16; РI 12 - 17; VII 9 - 11; в боковой линии 88 - 121 чешуя; жаберных тычинок на 1-й дуге 17 - 27; пилорических придатков 99 - 239; позвонков 59 - 71.

Спина от темно-зеленого до светло-коричневого цвета, бока и брюхо серебристые; спинной плавник обычно темнее остальных.

Распространена нельма во всех реках бассейна Северного Ледовитого океана, от Белого моря (реки Кемь и Поной) до Чукотки, в Америке до рек Юкон и Маккензи (Рис. 2).

Нельма - речная рыба, морских вод избегает и может появиться в солоноватых водах только в период нагула. Стай не образует. Нагуливается при широких пределах температуры воды (12 - 24⁰С).

Размножается в текучих водах. Ход на нерест у нельмы начинается еще подо льдом и продолжается все лето. Нерест в конце сентября - октябре, не ежегодный (интервал 3-4 года). Нерестится при температуре воды 2,5 - 8,4⁰ С в течение 10 - 15 дней и более. Плодовитость 125 - 422 тыс. икринок.

Икра у нельмы донная, не клейкая. Диаметр икринок 2,3 - 2,8 мм. Развивается между камнями. Инкубационный период около 6 месяцев. Скат молоди начинается в апреле. Длина сеголеток 7 - 13 см.

Нельма - крупная рыба, может достигать в длину более 130 см и массы 30 - 50 кг. Созревает в возрасте 9 - 15 лет при длине 70 см и более. Продолжительность жизни 24+ (Белов, 2013).

Взрослые особи – хищники. Нельма питается в основном рыбой (ряпушкой, омулем, чиром, тугуном, голяном, хариусом и др.). Молодь потребляет в пищу мизид, личинок насекомых, молодь рыб. Во время нереста нельма не питается.

Враги нельмы - это белуха, налим, минога. В районе нерестилищ – рыбы, пожирающие икру (хариус, налим и др.).

Во время хода с мест нагула и зимовки на нерест нельма поднимается вверх по течению рек на расстояние до 3500 км от устья.

Ловят нельму закидными неводами и жаберными сетями, а также крючковыми орудиями лова.

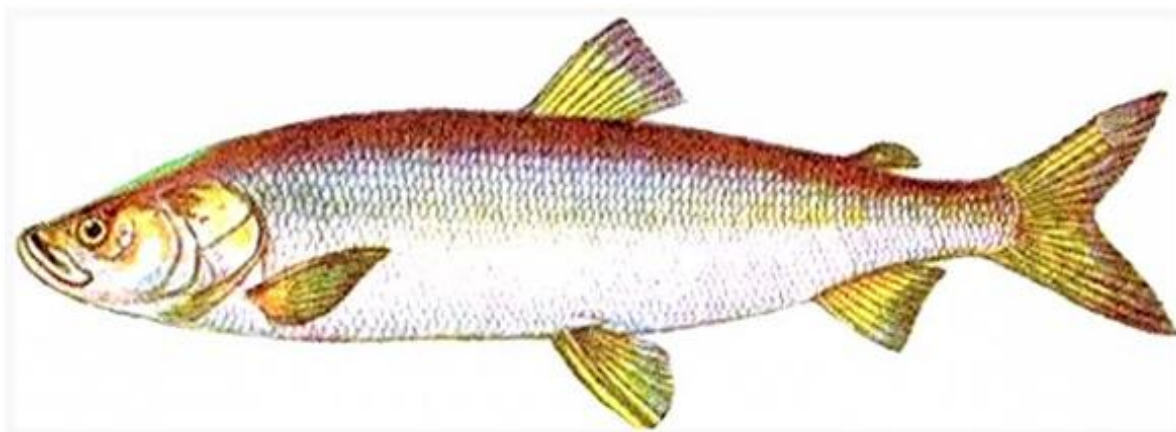


Рис. 1. Нельма *Stenodus leucichthys nelma* (Pallas, 1773).

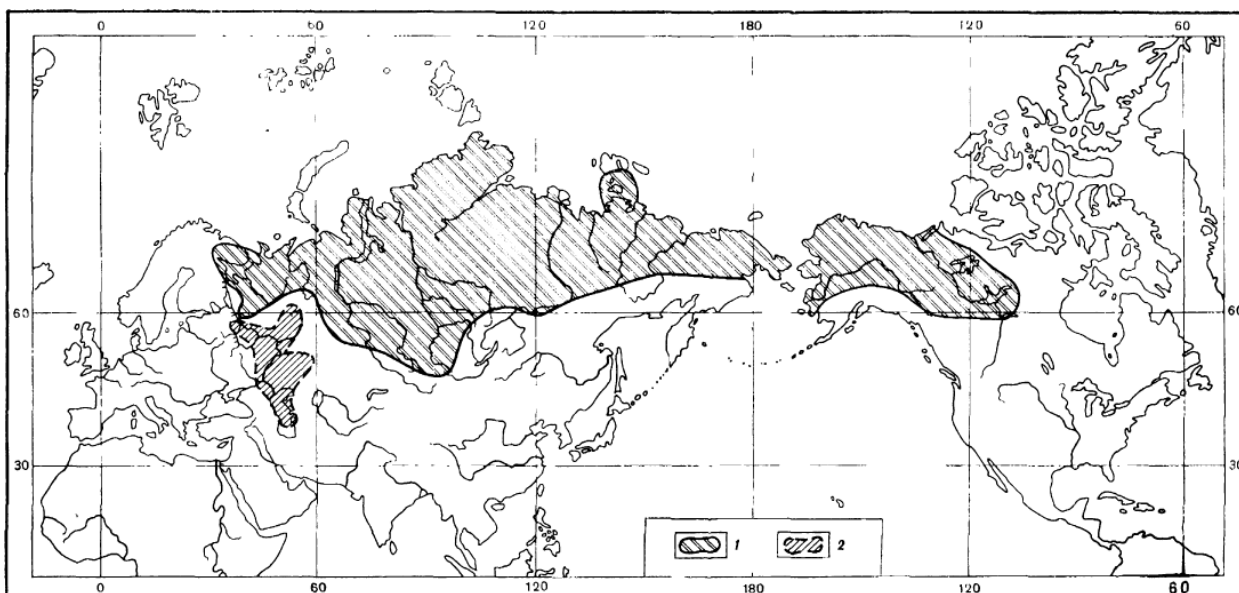


Рис. 2. Ареалы нельмы (1) и белорыбицы (2) (Решетников, 1980).

2.2 Рыбохозяйственное значение вида

Нельма представлена двумя подвидами, имеющими раздельные ареалы. Основной подвид – нельма – широко распространен на севере Евразии от бассейна Белого моря до Берингова пролива и обитает во всех речных системах этой территории (кроме бассейна озера Байкал). В ряде озер и водохранилищ представлен жилыми популяциями (озеро Кубенское и Зайсан, Новосибирское водохранилище и другие). В частности, в озере Кубенском жилое стадо образовалось после строительства плотины на реке Сухоне, перекрывшей миграционные пути из озера в бассейн реки Северной Двины (Титенков, 1961).

Нельма является полупроходным видом. Нагульный участок ареала связан с низовьем рек и определенными морскими районами. Для размножения поднимается в реки, доходя в них иногда до верховьев. В реках Сибири нельма достигает длины 1,5 м, веса – 40 кг (Кудерский, 2015).

Нельма относится к ценным промысловым рыбам, уловы которой в наших реках достигали 1500 – 5500 т; однако в последние годы численность нельмы во многих реках заметно сократилась, в 1960 – 1968 гг. ее уловы в Якутии составляли в среднем 64,2 т в год (Решетников, 1980)

2.3 Обзор и результаты интродукций

Акклиматизация рассматриваемого вида осуществлялась в ограниченных масштабах. Для интродукций использовались оба подвида: нельма и белорыбица. Работы с белорыбицей начались еще в 1910г., когда она выпускалась в некоторые озера Южного Урала. Имеются сведения о вылове в них единичных особей этой рыбы. В 1925-1933гг. белорыбица неоднократно вселялась в бассейн Азовского моря (реки Дон, Северный Донец, Кубань), но итоги интродукции были отрицательными. В 1932-1933гг. эта рыба перевозилась в Онежское озеро, но также безрезультатно. Работы по выращиванию белорыбицы в прудах осуществлялись в 1910г. в Ропше (Ленинградская область) и в 1949-1950гг. в Московской и соседних областях. Рост был удовлетворительным. (Кудерский, 2015).

В 1965г. перевозка нельмы из бассейна реки Оби выполнялась в дельту реки Волги и в 1971-1977гг. - в озеро Сартлан для товарного выращивания. Из отдельных популяций наибольшее внимание рыбоводов привлекала жилая нельма озера Кубенского. Она использовалась, во-первых, для интродукций, рассчитанных на натурализацию. С этой целью кубенская нельма вселялась в Рыбинское водохранилище (1953-1958гг.), Псковско-Чудской водоем (1959-1961гг.), озера Воже (Вологодская область), Пирос (Валдайская возвышенность), Красное (Ленинградская область). В Рыбинском водохранилище, Псковско-Чудском водоеме и озере Красном отмечались отдельные случаи вылова вселенцев. Основные наблюдения приведены в Табл. 1 (по данным Кудерского, 2015).

Проводились работы по выяснению возможности выращивания товарной кубенской нельмы в прудах и малых озерах. Посадочный материал завозился в Карелию (1962-1965гг.), Ленинградскую и Новгородскую области. Рост кубенской нельмы в озерах не уступал росту в материнском водоеме.

Табл. 1. - Интродукция вида нельма. Примечание. На Северолодожском рыбном заводе и в Салминских прудах содержался посадочный материал нельмы из Кубенского озера (Кудерский, 2015).

Год	Маточный водоем	Водоем вселения	Возрастная стадия	Количество, тыс. шт.
1955	Кубенское озеро	Рыбинское вдхр.	Разновозрастная	0,323
1957	Кубенское озеро	Рыбинское вдхр.	Разновозрастная	2,59
1958	Кубенское озеро	Рыбинское вдхр.	Разновозрастная	1,3
1959	Кубенское озеро	Псковское озеро	Разновозрастная	0,23
1960	Кубенское озеро	Псковско-Чудское озеро	Разновозрастная	0,335
1962	Кубенское озеро	Северолодожскийр/з	Икра	600,0
1963	Северолодожскийр/з	Озеро Кудомозеро	Молодь	0,94
		Озеро Куалиноярви	Личинки	60,0
		ОзероСювяярви	Личинки	260,0
		Озеро Чикиярви	Личинки	60,0
1964	Северолодожскийр/з	Пруды ЛГУ	Личинки	10,0
		Салминские пруды	Личинки	60,0
		Озеро Горелое	Личинки	120,0
		Озеро Кудомозеро	Молодь	0,995
	Салминский пруд	Озеро Коскудярви (Ландоламба)	Молодь	1,195
1965	Таватуйскийр/з	Дельта Волги	Молодь	299,7
	Река Обь	Новосибирский р/х	Икра	3190,0
	Салминский пруд	Озеро Коскудярви (Ландоламба)	Молодь	0,142
1966	Река Обь	Новосибирский р/х	Икра, личинки	1632,0
1967	Новосибирская ГЭС, под плотиной	Новосибирское вдхр.	Производители	0,3
1968	Тобольский р/з	Озеро Нахар-Вант	Личинки	160,0
1971	Из р/з МРХ РСФСР	Озеро Сартлан	-	200,0
1973	Из р/з МРХ РСФСР	Озеро Сартлан	Личинки	250,0
1986	Новосибирское вдхр.	Озеро Сартлан	Молодь	550,0

Целесообразность и направления использования для интродукций. Выявлена возможность использования этой рыбы в индустриальных хозяйствах. Проведенные работы показали, что акклиматизация всех форм нельмы с целью натурализации оказалась неэффективной, но эта рыба может использоваться для товарного выращивания (Костюничев, 2010; Кудерский, 2015).

2.4 Опыт воспроизводства нельмы

Первые сведения о проведении работ по выращиванию молоди нельмы относятся к началу шестидесятых годов. Тогда нельма, являющаяся хищником, обладающая высокой экологической пластичностью и хорошим темпом роста, привлекла к себе внимание как перспективный объект искусственного разведения. Ввиду специфики питания нельмы ее предполагалось использовать в качестве биомелиоратора (Яндовская, Тихонова, 1961). В дальнейшем уже с целью воспроизводства разрабатывалась биотехника выращивания молоди нельмы в прудовых условиях. Были также предприняты попытки получения сеголеток нельмы в озерах-питомниках.

Выращивание нельмы в прудах. Первые работы по выращиванию нельмы начались в 1953-1955 годах. Сотрудники лаборатории рыбоводства ГосНИОРХ занялись выловом и последующим выдерживанием нельмы в садках для получения от нее икры для оплодотворения и для инкубации этой икры. При первых опытах была высокая смертность рыб, а также не достигалась ее половозрелость. Было выдвинуто предположение, что это произошло из-за высокой температуры воды (около 7⁰С), так как икру все же получилось отобрать у самок, которые содержались в воде с более низкой температурой. Осеменение икры проводилось сухим способом. Оплодотворение, из-за раннего сбора икры, в первый год не превысило 50%. На следующий год, когда оптимизировали биотехнику, процент оплодотворения увеличился до 86-98%, а выживаемость икры составила 75% при температуре 0,5-5,0⁰С. При повышении температуры от 4⁰С до 8⁰С выживаемость икры составила 1-8% (Яндовская, Тихонова, 1961).

Подобные опыты проводил Балашев Р.И. (1961), который улучшил условия выдерживания производителей, за счет чего добился 100% созревания самок и оплодотворенности икры до 97%.

Эксперименты выращивания нельмы в прудах были проведены в Новгородской области (Звенигородская, 1971). В выростной пруд площадью 22 га выпустили 100 тыс. личинок нельмы. В пруд также заселили верховку и икру

окуня для обеспечения молоди пищей. На зиму рыбу переселяли в зимовальные пруды, где находилась молодь окуня. На следующий год, весной, было выловлено всего 2 тыс. экземпляров массой от 15 до 250г. Такие колебания в массе говорят о неблагоприятных условиях. Причинами могли стать недостаток пищи и низкая плотность посадки, которая уменьшает вероятность встречи хищника (нельмы) и жертвы (кормовой базы) (Лютиков, 2014). После этого нельму попробовали выращивать при высокой плотности посадки, но это не обернулось успехом, и выживаемость составила около 9%.

Опыты по выращиванию нельмы в прудах оказались безуспешными, так как сопровождалась низкой выживаемостью и низкими показателями роста молоди (Звенигородская, 1971).

В 1970-х годах опыты по искусственному выращиванию нельмы продолжил сотрудник ГосНИОРХ Буланов Д.П. (1974). Выяснилось, что особи нельмы переносят температуру воды до $15,5^{\circ}\text{C}$, с выживаемостью до 98,6% из которых созрели 93%. Также Буланов (1974г) провел эксперимент по инкубации икры при различных температурных режимах и подтвердил негативное влияние высоких температур на этот процесс. При выращивании сеголеток в прудах основными задачами были: определить оптимальную плотность посадки и кормовую базу. В ходе исследований, при посадке личинок нельмы 20 тыс. экземпляров/га, была получена наибольшая рыбопродуктивность. Экспериментальное выращивание нельмы в прудах позволило установить, что с повышением среднемесячной температуры в июне до $15,1-18,1^{\circ}\text{C}$ и с развитием кормовой базы, происходит увеличение темпа роста, а в последующие месяцы молодь начинает отставать в росте из-за недостатка рыбной пищи. Переход нельмы на хищное питание положительно сказывается на ее росте и выживаемости (Лютиков, 2014).

Выращивание нельмы в озерах. Опыты по выращиванию нельмы в озерах проводились в 1960-х годах прошлого столетия сотрудниками Карельского отделения ГосНИОРХ. Озера зарыблялись личинками и подрощенной молодью. Изначально, в 2 озера в Карелии, выпустили личинок

нельмы с плотностью посадки 24 и 33 тыс. экземпляра на га, но из-за наличия хищников в водоемах, не получилось оценить эффективность зарыбления. Потом эксперимент повторили, но уже в обезрыбленном озере. Для подкормки молоди нельмы, через месяц, в водоем посадили личинки корюшки. В конце июня в прибрежных зонах озера были отмечены стайки нельмы. Так же проводили опыт по зарыблению озера Кудом сеголетками нельмы массой 21 г. На следующий год в этом озере выловили 3 особи. После чего было заключено, что для создания маточного стада необходимо предварительно подращивать нельму в прудах (Сонин, 1967).

Как мы видим, выращивание нельмы в прудах и озерах имело переменчивый успех, но, все же, были выведены некоторые закономерности в плотности посадки, температурных условиях и кормовой базе. Эти два способа не нашли широкого применения из-за недостатка прудовых площадей, ограниченного количества озерных питомников, а также сложности управления на них рыбоводными процессами (Костюничев и др., 1997).

2.4.1 Индустриальное воспроизводство нельмы

Индустриальное воспроизводство - позволяет увеличить объемы рыбной продукции с наименьшими затратами труда и времени, рационально использовать земельные, водные и людские ресурсы, уменьшить сезонность в производстве и потреблении живой рыбы, обеспечить сохранность окружающей среды. Особенности: высокие плотности посадки, использование сбалансированных комбикормов, круглогодичный цикл выращивания, целенаправленное формирование водной среды и применение современных методов механизации и автоматизации рыбоводных процессов.

В середине 1980-х годов в ГосНИОРХ были начаты работы по разработке биотехники выращивания рыбопосадочного материала сиговых в индустриальных условиях с использованием специальных искусственных кормов. Позднее биотехника была усовершенствована и успешно применена при выращивании сеголеток пеляди, муксуна, чира, волховского и чудского сига, сига-лудоги, гибрида пеляди и чира (Князева, 1990). Накопленный опыт

позволил перейти к экспериментальному выращиванию молоди нельмы по методике, испытанной на сигах.

Эксперимент проводился на Отрадненском рыбзаводе (Ленинградская область) в 1988 и 1989 гг. На завод была завезена икра обской нельмы, которая содержалась в аппаратах Вейса при естественной температуре воды. Вылупление эмбрионов происходило в конце апреля - начале мая. Выращивание проводилось в шведских пластиковых бассейнах и лотках типа ЛПЛ при естественном температурном режиме и полной смене воды за 15-25 минут. Гидрохимический режим был благоприятным: содержание растворенного в воде кислорода на вытоке не опускалось ниже 6 мг/л, рН воды изменялась в пределах 6,3-7,2. Начальная плотность посадки личинок - 20-30 тыс. шт./м³; в процессе выращивания молоди она уменьшалась. При выращивании сеголеток осенью плотность посадки составляла 1-1,5 тыс. шт./м³ (Князева, 1990). Пищей для личинок, а далее для сеголеток, были искусственные корма разработанные в ГосНИОРХ.

В 2008 на рыбноводном хозяйстве ООО «Форват» (Ленинградская область), с целью формирования маточного стада и полноциклового выращивания кубенской нельмы в условиях садкового хозяйства, была завезена товарная нельма с рыбхоза Кондопожского ЦБК (Карелия) массой 0,8-1,7 кг. Сбор икры от нее был проведен в 2009 году. Икру осеменяли сухим способом и инкубировали в аппаратах Вейса. Выживаемость икры в среднем равнялась 67% (Лютиков, 2014).

Вылупившиеся предличинки начали переходить на внешнее питание на 2-3 сутки, а на 8-10 сутки был полный переход на внешнее питание. По достижению мальковой стадии к концу июня – началу июля при массе 250 мг, (нельму пересаживали в деляные садки, расположенные в озере. 100% увеличение массы личинок за неделю наблюдалось при прогреве воды до 13⁰С (Лютиков, 2014).

2.5 Влияние качества кормов на рост нельмы

Переход личинок рыб с эндогенного на экзогенное питание является критическим периодом. При переходе на экзогенное питание у личинок сиговых еще на протяжении 10-20 дней не имеется дифференцированный желудок (Остроумова, 2005), поэтому личинки в этот период не могут усваивать сложные вещества, которые содержатся в искусственных кормах для взрослых рыб. Потребности личинок в питательных веществах отличаются от потребностей взрослых особей.

В связи с незрелостью пищеварительного аппарата особую значимость приобретает адекватность начального корма, его химический состав, физические свойства и качество, так как он должен не только обеспечить питательными веществами интенсивный рост ранней молодежи, но и участвовать в формировании и завершении развития всех звеньев пищеварительной системы (Остроумова, 2012).

Для обеспечения быстро растущих личинок достаточным количеством незаменимых и заменимых аминокислот стартовые корма должны содержать 50-65% белка. Главной особенностью потребностей личинок большинства рыб является потребность в повышенной доступности белковых компонентов. В начальном корме требуется присутствие продуктов расщепленного белка, содержащих низкомолекулярные пептиды и свободные аминокислоты. Хорошие результаты были получены при разведении предличинок белорыбицы на искусственных кормах, в составе которых содержались продукты гидролиза рыбной муки (Пономарев, Пономарева, 2003). После 40 сут. выращивания в одном из вариантов опыта удалось получить личинок средней массой 150,1 мг, при выживаемости 98,2%. Для сравнения, использование кормов без гидролизата позволило получить молодь массой 16,3 мг, при выживаемости 15,8%. Подобные результаты указывают на необходимость обеспечения личинок доступным белком. После прекращения выпуска белковых продуктов микробиосинтеза (паприн, гаприн) для гидролиза чаще всего используют

рыбную муку, свежую рыбу, а также отходы промысла морских беспозвоночных (Остроумова, 2005).

Также у быстрорастущих личинок иные требования, в отличие от взрослых особей, к количеству и составу липидов корма. В периоды интенсивного пластического обмена основные ресурсы используются на рост, а не на отложение резервов. Важнейшим элементом является присутствие в кормах необходимого уровня незаменимых полиненасыщенных жирных кислот: для пресноводных рыб – линоленовой и линолевой. Общая потребность в незаменимых жирных кислот для старших возрастов рыб составляет 0,5 – 1,6 % к сухому веществу корма. Для личинок потребности выше, так как в периоды интенсивного роста и развития их липиды почти на 50 % представлены высоконенащенными жирными кислотами. Не менее важным элементом корма для периода чрезвычайно интенсивного роста являются и более сложные структуры – фосфолипиды, которые составляют основу клеточных мембран и поэтому особенно нужны молодому организму в периоды резкого нарастания клеточной массы. Фосфолипиды лучше перевариваются личинками, чем нейтральные жиры, поэтому служат основным источником энергии; также содержание фосфолипидов в корме улучшает пищеварительный процесс личинок (Остроумова, 2005).

Потребность ранней молоди в углеводах не так важна. В естественной пище рыб углеводы обычно представлены гликогеном, а в искусственной – крахмалом.

Помимо основных компонентов корм для ранней молоди должен содержать витамины, которые способствуют нормальному росту и развитию молоди и минеральные элементы, которые входят в состав опорных и покровных тканей, таких как чешуя, скелет и кожа (Остроумова, 2005).

По мнению специалистов ГосНИОРХ, искусственный корм по составу должен быть максимально приближен к естественному. В индустриальном воспроизводстве чаще всего вместо сухого корма используется живой корм - науплиусы артемии. Уровень содержания белка в артемии составляет в среднем

45 – 65% сухого вещества, к тому же с оптимальным соотношением аминокислот, в том числе и незаменимых. Но содержание незаменимых жирных кислот в артемии весьма скудно, чем она уступает в питательной ценности естественной пище личинок (Остроумова, 2014). Так что даже такая альтернатива несопоставима полноценному корму для личинок.

Несмотря на многочисленные исследования в области разработки полноценных стартовых кормов в нашей стране, до сих пор нет существенного прогресса, и при выращивании молоди в практике индустриальной аквакультуры используют в первое время в той или другой мере живые корма, а также искусственные корма зарубежных фирм.

2.6 Особенности роста сиговых

Важно отметить, что личиночный период развития длится от начала питания внешней пищей до исчезновения личиночных признаков. Этапы личиночного развития охарактеризованы в соответствии с описанием И.И. Смольянова (1957), выполненные при исследовании развития белорыбицы, нельмы и сига-нельмушки.

I этап. Смешанное питание желтком и пищей извне. Непарная плавниковая складка дифференцирована, лопасть хвостового плавника отделяется от остальной части складки глубокой перемычкой. Желточный мешок почти не выступает вниз и имеет вытянутую форму (Рис. 33). Конец хорды в хвостовом плавнике прямой (Рис. 33). В спинном и анальных плавниках - скопления мезенхимы. Брюшные плавники еще не заложены. Развитый пигмент.

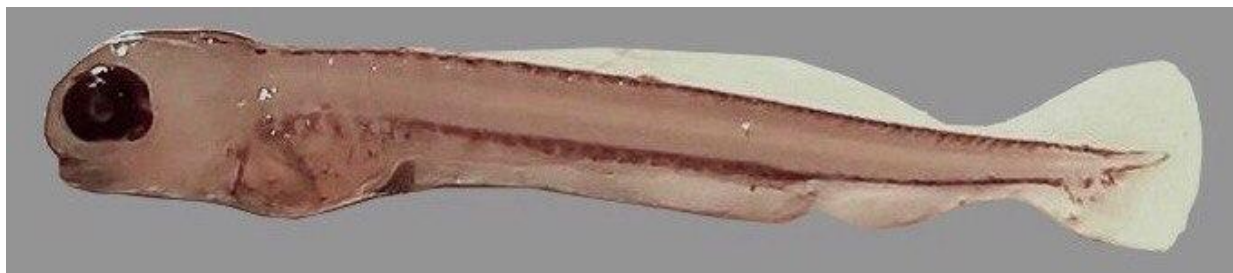


Рис. 3. Нельма на I этапе личиночного развития. Масса - 11 мг.

II этап. Питание преимущественно внешней пищей; закладка костных лучей в хвостовом плавнике. Непарная плавниковая складка между спинным и

жировым плавниками полностью редуцировалась (Рис. 44), на хвостовом стебле она сохраняется в виде узких полосок сверху и снизу. Преанальная складка - широкая. Конец хорды в хвостовом плавнике загнут вверх, в нижней части лопасти заложены костные, пока еще не членистые лучи. В спинном и анальном плавниках на месте будущих мышечных почек и плавниковых лучей - скопления мезенхимы. Рот личинки передненижний, желтка нет (Рис. 44). Личинки малопрозрачные, так как достаточно пигментированы.

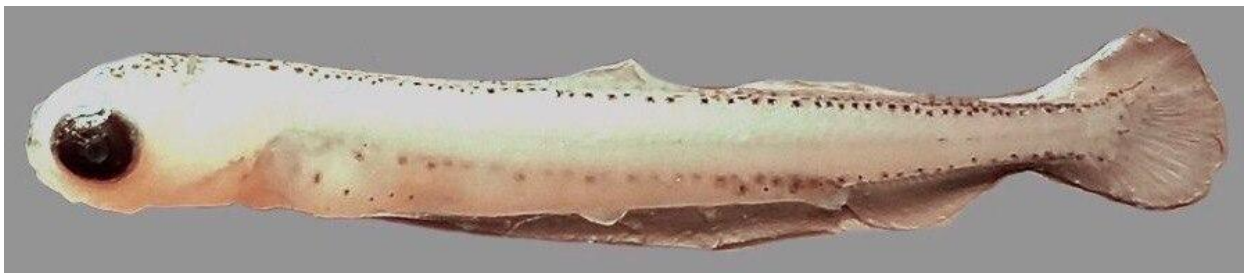


Рис. 4. Нельма на II этапе личиночного развития. Масса – 26мг.

III этап. Полное обособление непарных плавников; хвостовой плавник трехлопастный. С редукцией непарной плавниковой складки на хвостовом стебле все непарные плавники окончательно обособляются. Хвостовой плавник принимает трехлопастную форму (Рис. 55) и становится почти гомоцеркальным, членистости в его лучах еще нет. В спинном и анальном плавниках образуются мезенхимные лучи, не достигающие до краев плавников. Брюшные плавники увеличиваются в размерах (Рис. 55).



Рис. 5. Нельма на III этапе личиночного развития. Масса - 34мг.

IV этап. Наполнение плавательного пузыря воздухом; хвостовой плавник двухлопастный. Непарная плавниковая складка у личинок сохранилась только на вентральной стороне. Хвостовой плавник с двумя практически симметричными лопастями и слабой выемкой на заднем крае (хотя остаток третьей, верхней лопасти еще сохраняется). В лучах хвостового плавника

началось разделение на членики (Рис. 66). В спинном и анальном плавниках лучи по-прежнему мезенхимные, они доходят до края плавников. В грудном плавнике мезенхимные лучи имеются лишь в верхней части лопасти.

Передний конец головы личинок на IV этапе более заострен, чем на III этапе, рот конечный. В пищеварительном тракте образовался петлеобразный изгиб (Рис. 77). Плавательный пузырь *ductus pneumaticus* начинает заполняться газом (Рис. 88) (наполнение пузыря воздухом происходит порциями; наполненный наполовину или меньше, *ductus pneumaticus* вытянут вдоль оси тела, по мере дальнейшего наполнения он изгибается и к концу этапа образует коленообразный изгиб) (Смолянов, 1957).



Рис. 6. Нельма на IV этапе личиночного развития. Масса – 83мг.



Рис. 7. Загиб желудка нельмы на IV этапе личиночного развития.

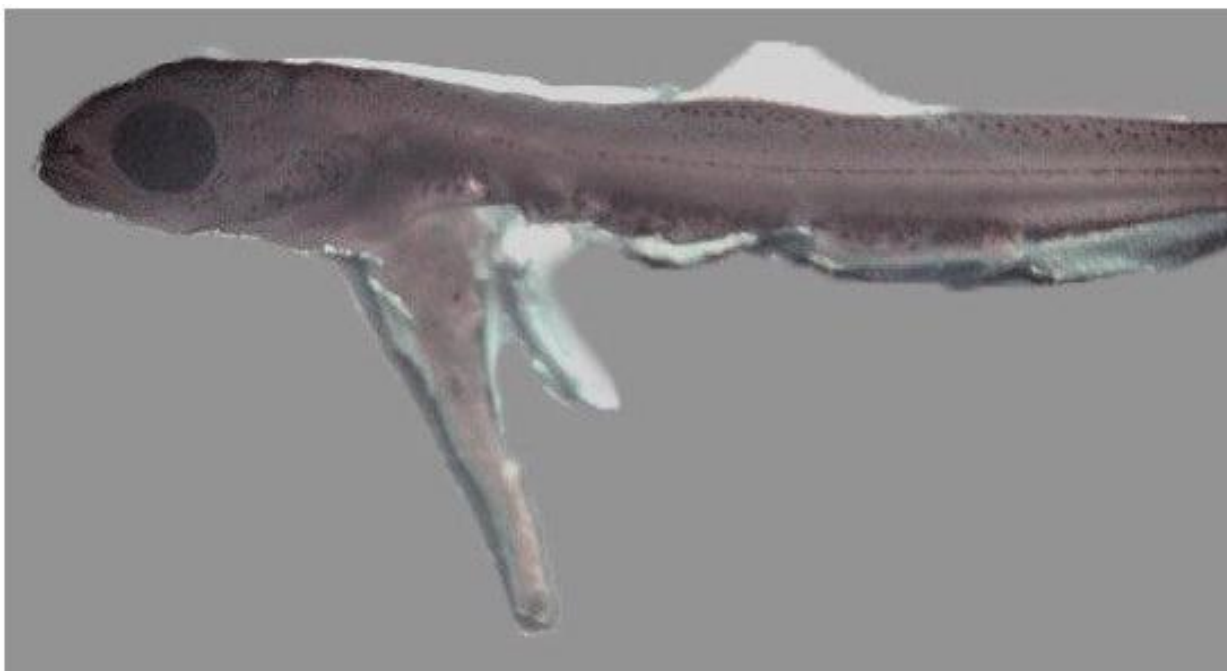


Рис. 8. Наполнение плавательного пузыря газом на IV этапе личиночного развития нельмы.

V этап. Гомоцеркальный хвостовой плавник. Преанальная непарная плавниковая складка еще хорошо развита. Хвостовой плавник имеет две симметричные лопасти с угловатой выемкой посередине. Остаток третьей верхней лопасти, которая имела на IV этапе, полностью исчез (Рис. 99). Спинной и анальный плавники по внешнему виду напоминают плавники взрослой рыбы. Жировой плавник незначительно уменьшился в высоту (Рис. 99). Лучи спинного плавника становятся членистыми (Смольянов, 1957). Брюшные плавники увеличились в длину, утратили личиночную форму и приблизились к своей окончательной стадии развития.



Рис. 9. Нельма на V этапе личиночного развития. Масса – 178мг.

V стадия является конечным этапом личиночного развития нельмы. По достижении в длину около 35 мм и массы примерно 255 мг наступает мальковый период жизни нельмы. Туловище мальков, высокое посередине, постепенно сужается к переднему и заднему концам; голова имеет клиновидную форму, рыло заостренное; рот полуверхний, большой, расположен ближе к верхней стороне головы, нижняя челюсть слегка выступает из-под верхней; тело покрыто чешуей (Смольянов, 1957). На этом этапе нельму пересаживают для выращивания в садки. Рост, начиная с малькового периода, зависит от температуры воды и режима питания.

2.7 Результаты применения различных кормов в сиговодстве

Первый эксперимент применения искусственных кормов для нельмы проводился на Отрадненском рыбзаводе (Ленинградская область) в 1988 и 1989 гг. Личинок с 2-3-х - суточного возраста кормили стартовым кормом ЛС-81, а по достижении ими массы 50 мг был использован сеголеточный корм МС-84, рецептуры кормов были разработаны в ГосНИОРХ (Князева, Костючничев, 1991). Биохимический состав этих кормов приведен в Табл. 2 по данным Л.М. Князевой (1987).

Табл. 2. - Биохимический состав используемых в опыте искусственных кормов ЛС-81 и МС-84 по данным Князевой (1987).

Состав корма	Название корма	
	ЛС-81	МС-84
Белки, %	42,5	42,8
Жиры, %	8,7	7,6
Зола, %	13	13,7
Безазотистые экстрактивные вещества, %	24,6	25,1

Кормление производили в ручную каждый час в светлое время суток и автокормораздатчиками через 5-15 минут. С ростом молоди увеличивали размер крупки гранулированного корма (с 0,25 мм до 3,5 мм), а также изменяли суточную норму корма (с 30 до 1% относительно массы рыбы) в зависимости от размера молоди и температуры воды.

На искусственных кормах нельма росла достаточно интенсивно, и темп роста был даже выше, чем у других видов сигов. Средняя масса сеголеток осенью составляла 21-27 г, а выживаемость на мальковой стадии равнялась 85% (Костюничев и др., 1997).

В ходе опыта по выращиванию нельмы в бассейнах исследовали возможность перехода нельмы с искусственного корма на естественный, т.е. на хищное питание, в ходе чего выяснили, что мальки и сеголетки нельмы уже в течение первых часов способны активно переходить на питание малоценных видов рыб и могут использоваться в качестве посадочного материала.

Корма ЛС-81 и МС-84, в состав которых входили высокобелковые продукты микробиосинтеза и их ферментолиазы, в настоящее время не производятся. А эксперименты других годов показали высокую смертность - от 43 до 67% (Лютиков 2012, 2014б).

В 2013 году опыт проводили на рыбноводном хозяйстве ООО «Форват» (Ленинградская область), где объектом исследований служили предличинки нельмы в возрасте 2 сут. В качестве корма использовали искусственные экструдированные корма различных зарубежных производителей в виде микрогранул, таких как Biomar larviva wean-ex, Aller future larvae-ex, Aller artex, а также живые корма – науплиусы артемии (Лютиков, 2015).

Эксперимент проводили в два этапа. На первом этапе молодь нельмы выращивали в пяти вариантах с применением живых (свежевылупившиеся науплиусы артемии) и различных сухих искусственных кормов, а также их сочетаний. На втором этапе молодь с живого корма и смешанного кормления переводили на сухие искусственные корма.

Биохимический состав используемых в опыте искусственных кормов, а также науплиусов артемии проанализирован Лютиковым (2015) и приведены в таблице 3.

Табл. 3. - Биохимический состав используемых в опыте искусственных кормов (по данным производителей) и науплиусов артемии (по данным Лютикова, 2015).

Показатель, %	Науплиусы артемии (в сухом веществе)	Biomar larviva wean-ex	Aller future larvae-ex	Aller artex
Белок общий	64	65	64	50
Жир общий	12,2	11	9	15
Углеводы (безазотистые экстрактивные вещества)	-	11	6	22
Клетчатка	-	0,2	0,5	2
Зола	9,5	10,9	13	8
Фосфор	-	1,6	1,5	1
Кальций	-	1,9	1,9	-
Натрий	-	0,8	0,6	-
Витамины: А, МЕ/кг	26540	8700	10000	25000
D3, МЕ/кг	-	1700	1000	3000
Е, мкг/г	630	800	400	250
С, мкг/г	275	1100	-	750

По окончании эксперимента был подведен итог: использование науплиусов артемии одновременно с сухими кормами с первого дня питания является наиболее эффективной методикой выращивания. Такой подход позволяет взаимоккомпенсировать неполноценность каждого корма в отдельности. Дальнейший перевод молоди только на сухие корма происходит лучше при его введении в рацион с первых дней экзогенного питания личинок (Лютиков, 2015).

2.8 Результаты экспериментальных исследований

В нашем анализе использованы результаты научно-исследовательской работы специалистов ГосНИОРХ, проведенной в 2015 году, а также собственные результаты, которые мы получили, принимая участие в лабораторных работах.

Нельма начинает питаться на 1-2 сутки после вылупления. До начала эксперимента, т.е. в период с 2 до 22 мая, личинок нельмы кормили живым кормом – науплиусами артемии. Начиная с 22 мая личинок стали кормить экспериментальными кормами № 1-7 (данные с результатами эксперимента приведены в **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и).

Наблюдения за ростом рыбы показали, что после первой недели эксперимента, на кормах № 5, 6, 7 личинки нельмы росли быстрее, чем на остальных кормах, суточный прирост их составил 6,91-8,31%, а масса – 43,22-47,68 мг.

На 14 день эксперимента наибольший суточный прирост, как и масса, были на кормах № 2, 3, 6, 7.

Через 3 недели эксперимента максимальный суточный прирост наблюдался на кормах № 3, 4, 5 – 9,32 - 10,21%, а максимальная масса на кормах № 5, 6, 7 – 127,96 - 182,2 мг. Минимальный прирост личинок был получен на корме № 1: суточный прирост составил 6,64%, а средняя масса - 95,03 мг.

По окончании эксперимента, на 19.06 лучший результат был получен на корме № 4, средняя масса личинок нельмы на нем составила 242,52 мг с суточным приростом 12,8%.

Результаты проведенных исследований представлены в таблицах 4, 5 и наглядно отражены на рисунках 10, 11.

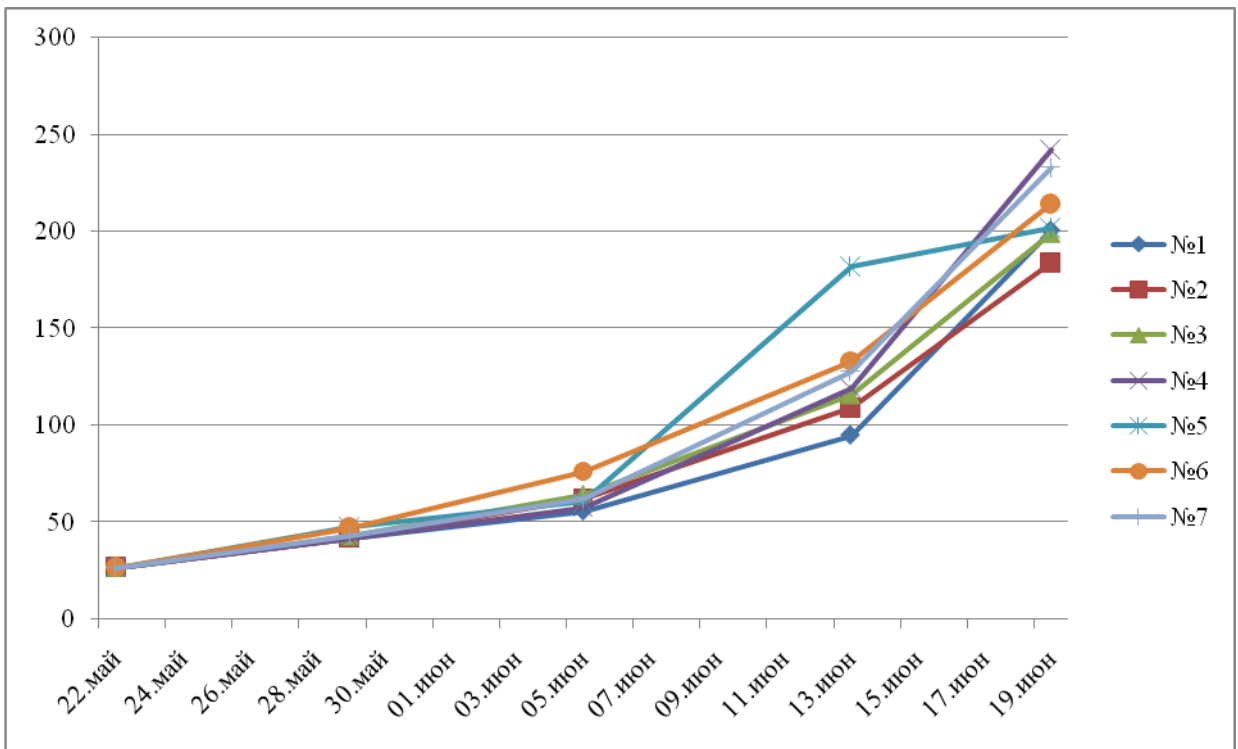


Рис. 10. График изменения массы личинок нельмы в зависимости от типа корма в мг. Примечание: номерами обозначены типы корма.

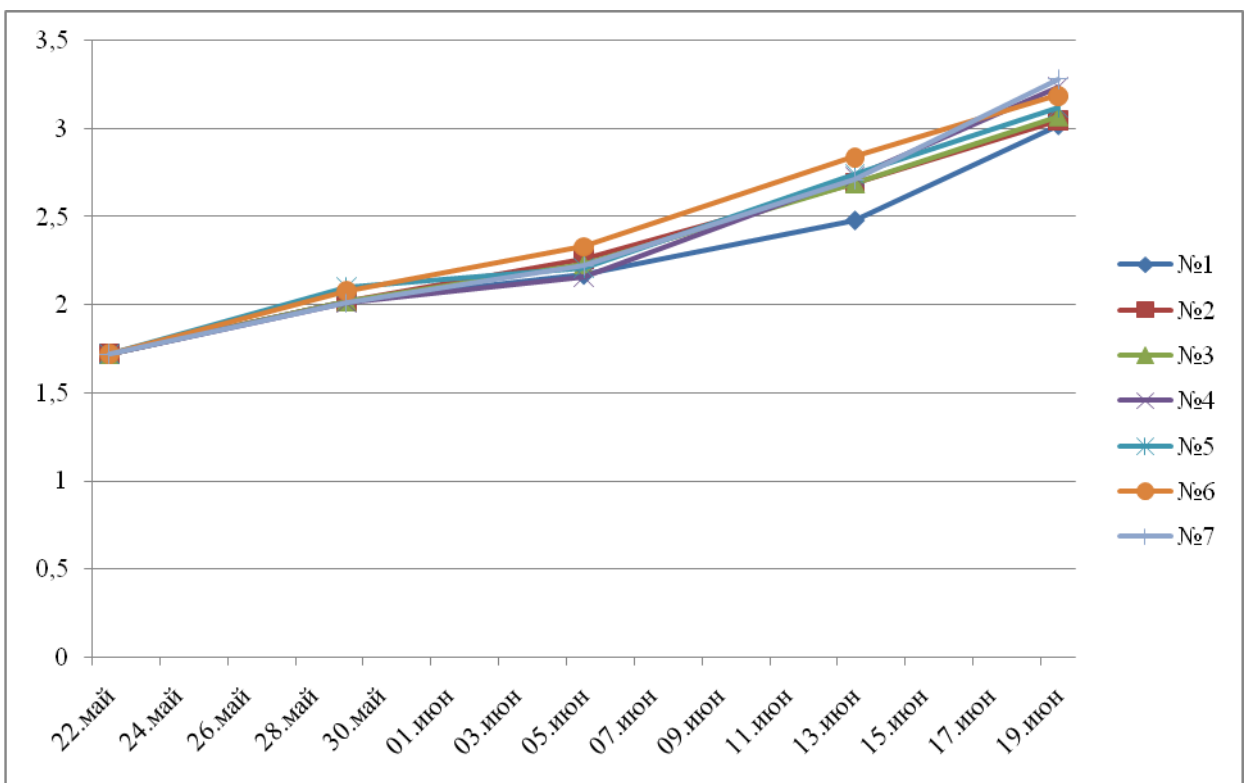


Рис. 11. График изменения длины личинок нельмы в зависимости от типа корма в см. Примечание: номерами обозначены типы корма.

2.9 Личиночное развитие нельмы в ходе эксперимента

Эмбрионы при вылуплении имели среднюю массу 1,07 мг и были в длину 1,27 см. Со 2-ого по 22-ое мая молодь нельмы перешла из стадии предличинки, когда питание было эндогенным, на I этап личиночного развития.

Данные по личиночному развитию нельмы на экспериментируемых кормах приведены в

Табл. 4. - Личиночное развитие на экспериментируемых кормах, в %.

Номер корма	Дата													
	22.05	29.05				5.06				13.06		19.06		
	Стадия развития													
	I	II	II/III	III	III/IV	III	III/IV	IV	IV/V	IV	IV/V	IV	IV/V	V
№1	100%	-	20	60	20	10	20	70	-	30	70	-	60	40
№2		10	-	80	10	10	-	80	10	40	60	-	70	30
№3		-	-	100	-	10	10	80	-	40	60	10	30	60
№4		-	10	80	10	10	10	80	-	40	60	20	30	50
№5		-	-	80	20	-	50	50	-	-	100	-	30	70
№6		-	-	70	30	-	-	100	-	10	90	-	70	30
№7		-	-	100	-	10	20	70	-	30	70	-	50	50

В период с 22 мая до 29 мая, в возрасте 20 – 27 дней молодь миновала II стадию развития, и по прошествии недели эксперимента, т.е. к 29 числу, большая часть личинок во всех пробах эксперимента находилась уже на III этапе развития (60 – 100%), только малая часть – 10 – 20 % находились на II или на переходной к III стадии развития.

В возрасте 34 дней (5-ого июня) практически все личинки (80 – 100%) во всех пробах, кроме №5 находились на IV стадии. Остальные же личинки были на переходных стадиях. В пробе №5 на IV стадии находилось только 50%, а оставшаяся половина была на переходной к IV стадии развития.

13 июня в возрасте 42 дней личинки начали переходить к V этапу (60 – 100%), но почти половина (до 40%) еще оставалась на IV этапе развития.

В конце эксперимента преобладающая часть личинок находилась на V или на переходном к V этапу развития (от 30 до 70%), но не в одной из проб

молодь не перешла 100% на завершающую стадию личиночного развития; некоторые, 10 – 20%, до сих пор были на IV этапе.

2.10 Обсуждение

По мнению специалистов лаборатории аквакультуры и воспроизводства ценных видов рыб, на кормах № 5, 6, 7 в начале эксперимента были такие хорошие результаты, потому что в составе этих кормов содержатся доступные белки (гидролизаты). На первых этапах развития личинки не способны усваивать сложные вещества, так как у них еще не сформирована пищеварительная система, поэтому корма № 5, 6, 7 с низкомолекулярным белком усваиваются лучше, чем другие экспериментальные корма.

С кормом № 4 обратная ситуация: в первые недели эксперимента у личинок нельмы на нем был низкий суточный прирост и низкие показатели массы, а в конце эксперимента масса и суточный прирост на этом корме были максимальными. Это по всей вероятности, связано с тем, что в составе корма № 4 часть рыбной муки была заменена на фосфолипиды. Липиды являются важной составляющей рациона питания нельмы, так как играют теплоизоляционную функцию, а нельма, как известно, является холодолюбивой рыбой. Такой корм может не давать результатов на старте, так как у личинок еще не сформирована пищеварительная система, и они не способны переваривать и усваивать такие сложные вещества. Только, начиная с IV этапа личиночного развития нельмы, этот корм начинает давать неплохие результаты, что объясняет конечные показатели эксперимента.

Выводы

После проведения эксперимента по личиночному развитию с использованием различных кормов можно сделать вывод, что на корме №5, где часть рыбной муки была заменена на доступный белок, личинки нельмы росли интенсивнее, так как в процентном соотношении большая часть из них раньше остальных достигала определенной стадии развития, чем личинки на других кормах. Особенно это видно в конце эксперимента: 70% личинок дошли до завершающей стадии. На корме №3, в состав которого входили фосфолипиды, также были неплохие результаты: 60% личинок в конце эксперимента находились на V этапе развития. Но при этом на схожем по составу корме №2 результаты были хуже, чем на остальных кормах и к завершению эксперимента всего 30% личинок перешли на V стадию. На кормах с расщепленным белком тоже были плохие показатели развития. Так, например, на корме №4 к 19 июня 20% личинок были всего на IV этапе развития, а на корме №6 всего 30% перешли на завершающую стадию.

По развитию личинок нельзя сделать однозначного заключения ввиду того, что корма, как с доступным белком, так и с фосфолипидами дали практически равноценные показатели. Поэтому сделано предположение, что содержание этих компонентов не играет значимой роли в этапах личиночного развития ранней молоди нельмы.

Исходя из полученных данных по массе, длине и суточному приросту, можно сделать вывод, что личинки нельмы с переходом на экзогенное питание нуждаются в корме, в состав которого входит доступный белок, содержащий низкомолекулярные пептиды и аминокислоты для легкого усвоения этого вещества еще несформированной пищеварительной системой, а также, в составе которого должны в достаточном количестве присутствовать фосфолипиды, в которых личинки нельмы начинают нуждаться, переходя на IV этап развития. Скорей всего, при комбинации этих компонентов можно

получить весомые результаты. В данном же опыте, при составлении рецептур кормов, акцент делался, вероятно, на конкретные компоненты.

Заключение

Нельма – это рыба, которая имеет высокую ценность благодаря своим полезным и питательным свойствам. Но из-за множества антропогенных факторов ее запасы сильно истощились за последние годы. И сейчас мы можем найти эту рыбу на рынке товаров только благодаря искусственному выращиванию.

В современном мире происходит массовое развитие аквакультуры. За последние десятилетия большая часть хозяйств по выращиванию сиговых и не только стала переходить с пастбищного метода выращивания на современный высокотехнологичный индустриальный метод. Выращивание водных биоресурсов в индустриальных условиях невозможно без полноценных кормов.

Российское рыбоводство сейчас ориентировано на зарубежную кормопroduкцию, которая не всегда является доступной в связи с рядом внешних факторов, таких как: курс иностранной валюты, таможенная политика, ветеринарные запреты. Также, в нашей стране есть вероятность приобретения некачественной фальсифицированной продукции. Поэтому так важно разработать полноценные конкурентоспособные отечественные стартовые корма для ранней молоди сиговых рыб.

Изучив и проанализировав литературу по исследованиям в области воспроизводства нельмы и опытов с использованием различных кормов, можно сказать, что эксперименты прошлых лет имели переменный успех, но все же были выведены закономерности, которые в настоящее время помогают выращивать нельму с наименьшими экономическими затратами и наибольшей выживаемостью вида.

При решении задач по определению массы и длины личинок нельмы, а также определения этапов личиночного развития в эксперименте в работе приведены данные с таблицами, по которым были сделаны следующие выводы:

- ранняя молодь нельмы нуждается в корме, в состав которого входят низкомолекулярные белки, которые хорошо усваиваются личинками на I – III стадии развития, так как в этот период личинки нельмы еще не имеют сформированной пищеварительной системы;

- начиная с IV этапа личиночного развития молодь нельмы имеет сформированную пищеварительную систему и нуждается в корме богатом фосфолипидами, которые благотворно влияют на ее суточный прирост, так как нельма является холодолюбивой рыбой и должна получать достаточное количество липидов.

На основе исследования специалистов ГосНИОРХ, а также на основе проделанной нами работы, можно заключить, что корм для ранней молоди нельмы после ее перехода на экзогенное питание должен содержать достаточное количество как и доступных белков, так и фосфолипидов, или же кормление в период личиночного развития в первые недели должно состоять из корма с раздробленным белком, а в последние две недели, когда пищеварительная система способна переваривать сложные вещества, из корма, где часть рыбной муки заменена на фосфолипиды.

Исследования в области разработки стартовых кормов дали не плохие результаты, но корма нуждаются в доработке, поэтому следует продолжать работы в этом направлении.

Список литературы

1. Белов, М.А. Состояние нерестовой части популяции нельмы *Stenodus leucichthys* (Güldenstädt, 1772) в р. Енисей. – Томск.: Вестник Том. гос. ун-та, 2013. – № 368. – С. 177–179.
2. Балашев Р.И. Биотехника искусственного разведения кубенской нельмы: Тез. докл. совещ. по вопр. лососевого хоз-ва. – Л.: ЛГУ, 1961. – С. 1-2.
3. Буланов Д.П. Опыт выдерживания производителей и сбора икры кубенской нельмы *Stenodus leucichthys nelma* Pallas. Рыбхоз. изучение внутрен. водоемов, 1974. Вып. 12. – С. 10-14.
4. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. – Минск: Белорус. гос. ун-т, 1956. – 251 с.
5. Гриценко О.Ф., Котляр А.Н., Котенева Б.Н. Промысловые рыбы России.– М: ВНИРО, 2006. – Т.1. – С. 317-318.
6. Звенигородская Г.С. Опыт выращивания кубенской нельмы в водоемах Валдайского рыбхоза: Матер. XVI конф. по изучению внутрен. водоемов Прибалтики. – Петрозаводск: СевНИОРХ, 1971. – С. 202 - 204.
7. Кудерский А.А. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным дисциплинам. Акклиматизация рыб в водоемах России. – СПб, М.: Сборник научных трудов, 2015. – Вып. 343. – С. 184-186.
8. Князева. Л.М. Временные рекомендации по кормлению и выращиванию молоди сиговых рыб в бассейнах на искусственных кормах. – СПб: Сборник науч. трудов ГосНИОРХ, 1987. – С. 7 - 30.
9. Князева Л.М. Особенности выращивания сиговых рыб в бассейнах на искусственных кормах. – Вологда: Тез.докл. 4-го Всесоюзного совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб, 1990. – С. 123-124.
10. Князева Л.М., Костючничев В.В. Методические рекомендации по биотехнике индустриального выращивания рыбопосадочного материала сиговых. – СПб: Сборник науч. трудов ГосНИОРХ, 1991. – 30 с.

11. Костюничев В.В, Беляков Г.А., Винникова А.Я. Выращивание молоди нельмы в бассейнах на искусственных кормах. – СПб: Сборник науч. трудов ГосНИОРХ, 1997. – Вып.325. – С. 142-143.
12. Костюничев В.В. Нельма как перспективный объект аквакультуры. Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. – Тюмень: Госрыбцентр, 2010. – С. 215-218.
13. Лютиков А.А. Воспроизводство кубенской нельмы *Stenodus Leucichthys nelma*. – СПб: Вопросы рыболовства, 2014. – Т. 15. №2. – С. 189-200.
14. Лютиков А.А. Выращивание личинок нельмы *Stenodus Leucichthys nelma* на живых и искусственных кормах (salmoniformes: coregonidae). – СПб: Вопросы рыболовства, 2015. – Т. 16. №3. – С. 307-308.
15. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
16. Остроумова И.Н. Особенности биохимического состава и размеров науплиусов артемии как стартового корма для личинок рыб. Рыбное и озерное хозяйство, 2014. – №6. – С. 55 - 61.
17. Остроумова И.Н. Проблема стартовых кормов и физиологические аспекты кормления личинок рыб. – СПб: Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 2005. – Вып. 333. – С. 207-259.
18. Пономарев С.В., Пономарева Е.Н. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в промышленных условиях: Моногр. Астрахан.гос. техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ, 2003. – 186 с.
19. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. – М.: Наука, 1980. – 300 с.
20. Смолянов И.И. Работы по экологической морфологии рыб. – М.: Академия наук СССР, 1957. – С. 268 - 272.
21. Сонин В.П. Предварительные итоги акклиматизации нельмы в водоемах Карелии. – Карелия: Тр. Карел. отд. ГосНИОРХ, 1967. – Т. 5. Вып. 1. – С. 513 - 516.
22. Титенков И.С. Кубенская нельма. – М.: Знание, 1961. – 52с.

23. Яндовская Н.И., Тихонова З.П. Разведение кубенской нельмы. – СПб: ГосНИОРХ, 1961. – С. 52-59.