

Научно-методические подходы и опыт разведения арктических гольцов на примере заводского выращивания ладожской палии *Salvelinus lepechini* (Gmelin 1788)

Рисунок 2. Мальки палии / Figure 2. Palia fries

DOI

Канд. биол. наук
В.Я. Никандров –
ведущий научный сотрудник
лаборатории селекции рыб;
канд. биол. наук
Н.И. Шиндавина –
ведущий научный сотрудник
лаборатории селекции рыб;
канд. биол. наук **В.М. Голод** –
лаборатория селекции рыб,
заместитель директора по науке;
д-р биол. наук, профессор
А.А. Лукин – Заместитель
начальника учреждения
ФГБУ «Главрыбвод» –
Федеральный селекционно-
генетический центр рыбоводства
филиал ФГБУ «Главрыбвод»,
пос. Ропша, Ленинградской
области

@ fsgzr.lo@yandex.ru;
info@fsgcr.glavrybvod.ru;
alukin@inbox.ru

Ключевые слова:
арктический голец,
искусственное
воспроизводство, маточные
стада, производители

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES AND EXPERIENCE OF BREEDING ARCTIC CHAR ON THE EXAMPLE OF FACTORY CULTIVATION OF LADOGA PALIA *SALVELINUS LEPECHINI* (GMELIN 1788)

Candidate of Biological Sciences **N.I. Shindavina** – leading researcher of the Laboratory of fish breeding
Candidate of Biological Sciences **V.Ya. Nikandrov** – leading researcher of the Laboratory of fish Breeding
Candidate of Biological Sciences **V.M. Golod** – Fish Breeding Laboratory, Deputy Director for Science
Doctor of Biological Sciences, Professor **A.A. Lukin** – Deputy Head of the Federal State Budgetary Institution "Glavrybvod"
Federal Breeding and Genetic Center of fish farming branch of FSBI "Glavrybvod" 188514, village Ropsha, Leningrad region

Based on the long-term experience of keeping Ladoga palia in factory conditions, methodological approaches to the reproduction of this species and a scheme for its cultivation are proposed, which can be used as a basis for breeding Arctic char in fish hatcheries. The characteristics of the object of research and the prospects of its use in aquaculture are given. The features of the development of embryos and larvae are considered. The scheme of formation and operation of repair-brood herds of Ladoga palia is proposed. The criteria for selecting producers for repair and breeding herds are substantiated.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня современная мировая аквакультура – активно развивающийся сектор пищевого производства, который становится важной отраслью, способствующей продовольственному обеспечению населения качественной и безопасной продукцией. Аквакультура стремительно расширяет свои географические

границы, ее продукция не только завоевывает рынки сбыта, но и увеличивает долю в мировом рыбном рынке. Так, при общем объеме вылова рыбы 179 млн т, в 2018 г на долю аквакультуры приходится 82 млн тонн (ФАО Обзор ... 2020).

В России также наблюдается активность в области аквакультуры, но добывая 4,95 млн т рыбы, в

условиях аквакультуры мы произвели всего 325 тыс. т, при том, что природно-климатические условия позволяют развивать различные направления аквакультуры: тепловодную, холодноводную, пресноводную и морскую. Разнообразие водных объектов в Российской Федерации определяются спецификой развития отечественной аквакультуры по направлениям и объектам культивирования. На этом и должна быть основана актуальность формирования технологической базы отечественной аквакультуры и разработка региональных пакетов технологий производства посадочного материала и товарного выращивания объектов аквакультуры и марикультуры.

Для того, чтобы российская аквакультура смогла обеспечить хотя бы внутренний рынок, необходимо решить ряд важных задач, без которых развитие аквакультуры невозможно. В частности, важнейшими задачами, которые необходимо решать на существующих рыбоводных заводах в системе ФГБУ «Главрыбвод» являются:

- выведение новых и совершенствование существующих пород,
- формирование ремонтно-маточных стад рыб с использованием целевой селекции на базе молекулярно-генетических методов;
- введение в аквакультуру новых высокопродуктивных видов рыб и других гидробионтов;
- подготовка научно обоснованных мероприятий по повышению эффективности деятельности рыбоводных заводов,
- разработка методов диагностики, профилактики и лечения заболеваний рыб в условиях интенсивного выращивания на основе достижений генной инженерии; разработка и актуализация отечественных основополагающих документов по профилактике болезней объектов аквакультуры, гармонизированных с документами Международной организации охраны здоровья животных (ОИЕ)
- создание инновационных центров аквакультуры и технопарков;
- организация общероссийской системы питомников для обеспечения хозяйств аквакультуры высококачественным посадочным материалом;
- обеспечение экономического стимулирования деятельности сектора аквакультуры.

Исходя из представленных задач, необходимо консолидировать опыт успешных рыбоводных заводов и создать научно-техническую базу, которая будет включать имеющиеся методические рекомендации, наработанные методики, положительные эксперименты по селекции и генетике т.д. Необходимо сохранить то, что имеется и использовать данные по назначению для развития российской аквакультуры.

Цель предлагаемой работы – экспериментальные исследования и опыт разведения арктических гольцов на примере ладожской палии.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

В приполярных, мало освоенных районах развитие товарной аквакультуры приобретает особое значение. Во-первых, благодаря развитию

На основе многолетнего опыта содержания ладожской палии в заводских условиях предлагаются методические подходы к воспроизводству этого вида и схема его выращивания, которая может быть использована в качестве основы при разведении арктических гольцов на рыбоводных заводах. Дается характеристика объекта исследования и перспективы его использования в аквакультуре. Рассмотрены особенности развития эмбрионов и личинок. Предложена схема формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад ладожской палии. Обоснованы критерии отбора производителей для ремонтно-маточных стад.

сети рыбоводных хозяйств для воспроизводства и товарного выращивания вовлекаются в оборот природные и человеческие ресурсы в малонаселенных и заброшенных северных районах. Во-вторых, обеспечивается приоритетный доступ малочисленных народов к водным биоресурсам и реализации их законных прав на сохранение самобытного образа жизни в контексте традиционного природопользования, характерного для арктических народов в рамках Государственной программы «Региональная политика и федеративные отношения». В-третьих, циркумполярные области являются местом обитания рыб, эволюционно приспособленных к существованию в условиях низких температур.

Рыбная часть сообщества арктической зоны России является уникальным по своему видовому составу. В него входят ценные промысловые виды (сиговые и лососевые). Это наиболее перспективные рыбы для развития аквакультуры на Севере. Арктический голец – яркий представитель этого сообщества, образующий множество жилых озерных и озерно-речных форм. Промысловое значение имеют проходные гольцы Сибири и Дальнего Востока. Особенно много добывают гольцов на Камчатке и в реках материкового побережья Охотского моря [3; 15; 22].

Среди гольцов северных регионов России выделяются проходные разновидности в реках Новой



Рисунок 1. Икра палии
Figure 1. Palia eggs

Таблица 1. Хронология эмбрионального развития ладожской палии при 6°C /
Table 1. Chronology of embryonic development of Ladoga palia at 6 °C

Стадия развития	Период развития, сутки
Дробление бластодиска, формирование осевой структуры зародыша, обрастания желтка бластодермой зародыша (эпиболия)	1-19
Завершение эпиболии	19-21
Начало пигментации глаз	30-32
Полная пигментация глаз	32-34
Завершение эмбриогенеза, начало вылупления личинок	63-65
Завершение процесса вылупления	73-75

Земли и бассейна Карского моря. Длина этих рыб доходит до 1 м и массы 12,2-15 кг. Высоко котируются жилые морфы обширных озер (ладожская и онежская палии), даватчан из оз. Фролиха в Забайкалье, боганидская палия и голец Дрягина из таймырских озер, каменный голец из бассейна р. Камчатка, длинноголовый и белый голец из оз. Кроноцкое на Камчатке, которые могут достигать длины 70-80 см и веса 7 кг [16; 22]. Везде, где обитают крупные формы голецов, они являются ценным промысловым объектом и идеальной целью спортивного рыболовства. В настоящее время запасы этих рыб сильно подорваны из-за их чрезмерного вылова, а также интенсивного техногенного воздействия на северные экосистемы [26; 25].

Сохранение природных популяций и развитие промышленной аквакультуры должно базироваться на возможности применять известные способы и методы воспроизводства ценных видов рыб. Основой этих направлений рыбоводства является формирование маточных стад в условиях крупных рыбохозяйственных комплексов, что позволяет существенно увеличить объемы искусственного воспроизводства и количество молоди, выпускаемой в природные водоемы. В условиях острого дефицита производителей, такие выпуски позволяют существенно пополнить промысловые запасы [6; 7; 23; 27; 17; 20; 18; 13; 14; 11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методические предпосылки для выращивания арктических голецов. Технологическое преимущество культивирования арктических голецов заключается в том, что, в процессе эволюции, этот вид адаптировался к условиям высоких широт, что позволяет ему, при низких температурах воды, сохранять высокие темпы роста. В связи с этим, подбирая условия содержания, необходимо учитывать низкую устойчивость арктического гольца к повышенным температурам [8; 4; 28].

При определении режимов содержания голецов в заводских условиях, особое внимание следует уделять тождественности факторов водной среды в природных водоемах и рыбоводных предприятиях. Такие показатели как температура и гидрохимия, освещенность и кислородный режим могут оказывать модифицирующее влияние на сроки закладки и развития органов, а также формирования их дефинитивного состояния. [9; 16; 21; 5; 10].

При разведении ладожской палии мы учитывали важные гидрохимические показатели, ха-

рактерные для мест распространения этого вида. Палия обитает в олиготрофных глубоководных озерах Карелии с прозрачной водой, в глубинных слоях которых даже летом сохраняется низкая температура (от 4 до 12°C). Содержание кислорода в эпилимнионе не менее 85-100% насыщения, pH – 6,6-7,6 [8].

Для заводского разведения по ведущему фактору среды обитания – температуре воды – в наибольшей степени подходили родниковые воды Ижорской возвышенности, которые служат источником водоснабжения в ФСГЦР и близки по показателям (концентрации и насыщенности кислорода, активности водородных ионов) к воде Ладожского озера

СХЕМА ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА И ВЫРАЩИВАНИЯ ПАЛИИ

При проведении рыбоводных мероприятий за основу были взяты инструкции по разведению радужной форели в рыбоводных хозяйствах [24].

Для обеспечения нормального развития и высокой интенсивности роста использовали гранулированные корма фирмы «БиоМар», которые получили широкое применение в аквакультуре, в том числе и при выращивании лососевых [19]. Палию кормили согласно нормативам, в которых указаны температура воды, кратность раздачи корма и его биохимический состав, наиболее благоприятствующий росту рыб определенного возраста [19; 2].

Опираясь на результаты наших работ и данные зарубежных исследователей, мы предлагаем схему выращивания палии, которая может быть использована в качестве основы при разведении арктических голецов в искусственных условиях.

Инкубация икры. В инкубационные аппараты следует подавать воду не содержащую взвесей. При необходимости вода должна быть пропущена через фильтры (например, песчано-гравийные). Желательно, чтобы температура воды при инкубации икры находилась в пределах, свойственных водоемам обитания выращиваемых рыб. При создании искусственного режима инкубации следует принимать во внимание, что температура воды 7°C и выше считается стрессовой для голецов и приводит к снижению выживаемости эмбрионов [28]. Содержание кислорода в воде должно быть не ниже 7 мг/л, реакция нейтральная или близкая к ней (pH 6,5-7,5).

В лотковых инкубационных аппаратах расход воды на 100 тыс. икринок может составлять 30-

40 л/мин, в вертикальных – 15 л/мин, в аппаратах ИМ – 4 л/мин.

Икру следует располагать в один слой, чтобы обеспечить равные благоприятные условия проточности для всех зародышей, а также для ухода за икрой. При этом необходимо избегать колебаний в интенсивности поступления воды с тем, чтобы икринки находились в неподвижном состоянии весь период развития.

Отбор погибших икринок, а также проведение профилактических и лечебных обработок икры лекарственными препаратами можно проводить только на стадиях развития, отличающихся пониженной чувствительностью к внешним воздействиям. В таблице 1 представлена краткая хронология развития эмбрионов ладожской палии при 6°C, которую можно взять за основу при составлении графика отбора икры.

Развивающиеся яйцеклетки особенно чувствительны к внешним воздействиям в первые две недели инкубации, когда происходит дробление бластодиска и обрастание желтка бластодермой зародыша; на стадии начала пигментации глаз, в период перед началом вылупления и в процессе вылупления личинок.

Проводить работу с икрой можно в течение 2-3 дней после завершения эпиболлии и после полной пигментации глаз в течение 7-10 дней.

Выращивание рыб ремонтного стада. При выращивании рыб в течение двух лет, начиная с личиночного периода, нами были разработаны нормативы выращивания (табл. 2).

При выдерживании и переводе личинок на активное питание рекомендуется использовать



Рисунок 3. Мечение
Figure 3. Tagging

инкубационные лотки площадью 1 м² с уровнем воды 15 см. В лоток помещают до 10 тыс. личинок. Изначально расход воды устанавливают 10 л/мин, постепенно увеличивая до 15 л/мин. Полный водообмен в лотках при этом происходит за 10-15 минут. При достижении личинками средней массы 250 мг расход воды составит 0,1 л/с на 1 кг ихтиомассы.

При переводе личинок на активное питание необходимо использовать корм с диаметром гранул (крупки) 0,4 мм. Использование на этом этапе живого корма – науплий артемии может

Таблица 2. Нормативы выращивания рыб до двухлетнего возраста (при времени полной смены воды 12-15 мин) / **Table 2.** Standards for growing fish up to two years of age (with a full water change time of 12-15 minutes)

Объект выращивания	Выростное оборудование	Плотность посадки	Температура воды, °С	Проточность, л/с на 1 кг
Личинки в период смешанного питания	Инкубационные лотки (уровень воды 15-20 см)	10 тыс. экз./м ²	8-9	0,1
Личинки в период активного питания	Бассейны прямоугольные или вытянутые (уровень воды 40-50 см)	10 кг/м ²	8-10	0,08
Молодь/сеголетки	Стандартные рыболовные бассейны (уровень воды 80-100 см)	30-40 кг/м ²	10-12	0,06
Годовики/двухлетки	Бассейны площадью не меньше 4 м ² (уровень воды 1,0-1,5 м)	50-70 кг/м ²	5-12	0,05
Двухгодовики и старше	Бассейны различных типов и размеров, пруды площадью от 50 до 500 м ²	70-80 кг/ м ³	5-12	0,04

Таблица 3. Диапазон изменений средних значений массы тела, плодовитости и массы икринок в 2012-2020 годах / **Table 3.** Range of changes in the average values of body weight, fertility and weight of eggs in 2012-2020

Возраст самок, год	Масса тела, г	Рабочая плодовитость, шт	Средняя масса икринки, мг
4	1500-1700	1600-1900	75-80
5	2300-2600	2900-3600	80-90
6	2600-3000	3800-4200	80-90
7	3200-3900	4500-4700	95-105

повысить выживаемость личинок на несколько процентов.

Личинки характеризуются отрицательным фототаксисом, поэтому при их выдерживании аппараты следует держать плотно закрытыми. С началом подъема личинок в толщу воды и подкармливания их искусственными кормами затемнение можно снизить, но полностью оставлять аппараты открытыми не рекомендуется.

Молодь и сеголетки, также, как и личинки, демонстрируют сильно выраженный отрицательный фототаксис, в связи с чем необходимо в выростных емкостях обустроить затененные зоны или укрытия.

Наиболее высокая пищевая активность молоди наблюдается при температуре 10-12°C. Наблюдения показывают, что высокая плотность посадки рыбы в бассейне является положительным фактором успешного питания и хорошего роста в этот период. При этом смертность молоди очень низкая.

Во время зимнего выращивания, при низких температурах воды, палия продолжает активно питаться.

Выращивание в течение летнего продолжительного светового дня в бассейнах, освещаемых ярким солнцем, отрицательным образом сказывается на выживаемости и темпе роста рыб всех возрастов. Необходимо создавать затененные участки, защищенные от прямого попадания солнечных лучей.

Палия плохо переносит рыбоводные манипуляции (пересадки в другие бассейны, сортировки, взвешивания). После хендлинга рыбы несколько дней находятся в угнетенном состоянии, плохо питаются, возрастает количество погибших особей. Рекомендуется рыбоводные операции сократить до необходимого минимума.

При соблюдении оптимальных условий содержания средняя масса тела рыб в течение первых трех лет выращивания может достигать показателей, представленных ниже:

	Возраст рыб, год			
	0+	1	2	3
Средняя масса тела, г	35	100	500	1000

Годовики и двухлетки палии отличаются большим разнообразием по массе тела: минимальные и максимальные показатели этого признака различались почти в 3,5 раза, что вызывает необходимость сортировки рыб по массе тела и отборе особей в ремонтное стадо.

Приведенные данные показывают также, что палия достигает товарной навески уже в 2-3х годовалом возрасте.

Выращивание производителей. Для содержания рыб могут быть использованы бассейны различных типов и размеров, а также бетонированные пруды площадью от 50 до 500 м². Оптимальная температура воды 6-12°C, содержание растворенного в воде кислорода не менее 7 мг/л, температура воды в преднерестовый период 5-6°C. Расход воды не менее 10 л/мин на 1кг. Плотность посадки может составлять 25-30 экз./м².

В этих условиях самцы начинали созревать в четыре года, а самки – обычно в пяти- годовалом возрасте, и лишь в отдельные сезоны в четырехлетнем возрасте.

Согласно многолетним данным, средние показатели массы тела, рабочей плодовитости и массы икринок у самок каждой возрастной группы менялись в разные годы. Средние показатели массы тела и репродуктивных признаков самок палии разного возраста, полученные за последние восемь лет представлены в таблице 3.

Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада. Оценку самок и самцов проводят во время нереста. При большой численности производителей оценивают часть рыб, при этом объем случайной выборки должен составлять не менее 10% особей.

При выборе и использовании препаратов для анестезии рыб следует проявлять предельную осторожность, поскольку палия, по сравнению с радужной форелью, отличается повышенной чувствительностью к некоторым анестезирующим средствам, таким, например, как MS 222. Поскольку реакция рыб на воздействие анестетиков зависит от комплекса факторов (температура воды, содержание растворенного кислорода, возраст и физиологическое состояние рыб и т.д.), в каждом конкретном случае необходимо методом тестирования выбрать наиболее приемлемый препарат, установить оптимальную концентрацию и время экспозиции. В данном случае хорошо себя зарекомендовало гвоздичное масло.

Признаком созревания самцов является появление капли спермы при легком нажатии у анального отверстия. Плодовитость самцов невелика. Процесс сбора спермы значительно облегчает инъекция суспензии ацетонированного гипофиза лососевых рыб. Через сутки начинается активное выделение спермы, которую можно получать через день на протяжении двух недель.

О степени зрелости самок судят по размягчению и западанию стенок брюшной полости и появлению икринок при нажатии на брюшко. Близких к зрелости производителей пересаживают в отдельные бассейны. При температуре воды 5-7°C самок просматривают через 5-7 суток, а при температуре 9-11° – через 3 суток. Икру от зрелых рыб отцеживают либо в день просмотра, либо на следующий день.

Необходимость регулярного просмотра вызвана тем, что палия, в отличие от форели, может легко сбрасывать овулировавшую икру. Остальных рыб, не проявляющих готовности к созреванию в начальный период нерестового сезона или вообще не созревающих в этом сезоне (оценивают по твердости брюшка), следует отсадить отдельно и проверять не чаще одного раза в месяц. Это позволит избежать лишнего стресса при частом просмотре самок и тем самым снижению их жизнеспособности. При частых проверках и отцеживании самок, их выживаемость к концу нерестового сезона составляет около 50%, а при просмотре один раз в месяц – 90%.

Половые продукты берут у созревших, текущих самок. При этом икра должна свободно выте-

каться из полости тела при легком надавливании на брюшко. Для некоторых самок палии, как в природе, так и при искусственном разведении, характерна асинхронность в развитии яйцеклеток. У этих самок при первом отцеживании можно получить лишь небольшую порцию овулировавшей икры. Основная часть половых продуктов еще не готова к созреванию и при более сильном надавливании могут выделяться кусочки ястыка с незрелыми икринками, что приводит к повреждению самки. Таких рыб следует отсадить на дозревание. Полученная впоследствии икра – жизнеспособна и может быть успешно проинкубирована.

Оценку производителей, по срокам нереста в нерестовом сезоне, проводят исходя из следующих положений. Характер созревания самок и самцов имеет существенные различия. В нерестовом сезоне основная часть самцов, как правило, созревает раньше самок, но некоторые особи выявляются и при дальнейших проверках. Самцы характеризуются более продолжительным нерестом и способны многократно продуцировать сперму. Оценку самцов целесообразно проводить до наступления нереста самок, в целях их рациональной эксплуатации в течение всего нерестового сезона. Кроме того, можно заранее отобрать самцов с необходимыми рыбоводными качествами для постановки специальных скрещиваний.

Самкам свойственно одноразовое икрометание, поэтому исследование динамики нереста проводят на основании данных об их созревании. Если производителей маточного стада содержат

в одинаковых условиях, различия в сроках нереста групп или отводок рыб определяют их биологическими особенностями, а не условиями содержания. Для сравнительной оценки разработана методика статистической оценки самок по срокам нереста в нерестовом сезоне [12].

При оценке самок и самцов определяют:

- массу тела М;
- длину тела по Смитту – от конца рыла до конца развилки на хвостовом плавнике L (Sm);
- длину головы – от конца до конца жаберной крышки С;
- наибольшую высоту тела Н;
- наибольшую толщину тела В.

Рабочую плодовитость определяют либо весом, либо объемным методом. Всю порцию икры измеряют или взвешивают, затем просчитывают число икринок в единице веса или объема и определяют общее количество икры.

С увеличением возраста и массы тела у самок снижается *относительная плодовитость* – количество икры, продуцируемое на единицу массы тела. Относительная плодовитость входит в число общепринятых в ихтиологии и рыбоводстве характеристик самок и включена в систему оценки производителей. Однако этот показатель не учитывает размер яйцеклеток, который для рыб с крупной икрой, к которым относятся лососевые, имеет существенное значение при оценке репродуктивных признаков.

В качестве дополнительного селекционного критерия можно использовать *индекс репродуктивности*, который является производной от



Рисунок 3. Получение молок палии
Figure 3. Palya milk getting

массы тела, рабочей плодовитости и величины икринок. Индекс репродуктивности (ИР) более полно, чем относительная плодовитость, отражает соотношение генеративного и пластического обменов, т.е. биохимические процессы, ход и динамика которых детерминированы генетически-особенностями рыб. Этот показатель близок к гонадосоматическому индексу (ГСИ), но не является полным его аналогом, так как при вычислении ГСИ используется масса всей икры, находящейся в полости тела, а при определении ИР – масса икры, полученной при отцеживании самки. Известно, что при проведении искусственного нереста, производители способны удерживать от 10 до 20% икры в полости тела.

Определением *размера и массы икринок* завершают оценку самок, и эти показатели являются исходными параметрами в характеристике потомства. Они тесно связаны с размерами будущих личинок и количеством питательных веществ в желтке, что в свою очередь влияет на сроки перехода личинок к активному питанию и их выживаемость.

Важным критерием оценки икры в потомстве отдельных самок является величина ее вариабельности по размеру и массе. Икра с высокими показателями изменчивости по этим признакам, как правило, отличается пониженной жизнеспособностью.

Данные измерений статистически обрабатывают и определяют средние значения массы и диаметра и коэффициент их изменчивости. Необходимо помнить, что яйцеклетки с высокими показателями изменчивости по этим признакам, как правило, отличаются пониженной жизнеспособностью.

Для характеристики самцов используют значения объема эякулята, концентрации сперматозоидов и время их подвижного состояния и относительное количество подвижных спермиев.

По показателям объема эякулята и концентрации спермиев вычисляют рабочую плодовитость самцов.

Данные, полученные в результате бонитировки самок и самцов, подвергают статистической обработке с определением по каждому признаку средней арифметической (\bar{X}), ее ошибки (m_x), среднего квадратичного отклонения (σ) и коэффициента вариации ($CV, \%$).

Статистическая обработка включает корреляционный анализ, с целью выявления взаимосвязей признаков между собой.

Схема формирования ремонтно-маточных стад для товарного производства. Обоснованные критерии и границы отбора позволили разработать схему формирования ремонтно-маточных стад палии, в основе которой заложена индивидуальная оценка самок и самцов для подбора пар и семей производителей. Порядок проведения работ состоит в следующем.

Рыб оценивают по сроку созревания в нерестовом сезоне. Отбору подлежат самки и самцы, созревшие во время, определенное конкретными планами селекционной работы предприятия, но близкое к массовому нересту с тем, чтобы оценить и отобрать возможно большее количество производителей.

Критерием отбора является масса тела. Отбирают самок и самцов с показателями массы тела не ниже $x-0,5\sigma$ и не выше $x+1,5\sigma$. Сопутствующими являются показатели высоты и толщины тела.

Самок оценивают по рабочей плодовитости. Отбору подлежат наиболее плодовитые особи. Кроме того, у самок учитывают показатели относительной плодовитости и индекса репродуктивности, которые должны быть не ниже среднего значения по стаду.

По массе икринок целесообразно отбирать самок из модальной группы в широком интервале от $x-2\sigma$ до $x+2\sigma$, отбраковывая лишь особей с самой мелкой и самой крупной икрой. Также не следует оставлять для воспроизводства самок с высокой степенью изменчивости по величине икринок, так как у этих особей часто наблюдается более низкая выживаемость эмбрионов.

Таблица 4. Объемы воспроизводства сеголеток и годовиков палии в заводских условиях / **Table 4.** Reproduction volumes of fingerlings and yearlings of palia in factory conditions

Год	Сеголетки, экз.	Навеска, г	Годовики, экз.	Навеска, г	Всего, экз.	Всего, кг
2001	2800	5			2800	14
2002	10000	4,6			10000	46
2010	-	-	7250	38,7	7250	280,6
2011	9100	70	6300	90	15400	1204,0
2012	25743	58	2760	183	28503	1998,2
2013	22435	53,65	10000	112,7	32435	2330,6
2014	196081	47,9	15000	110	211081	11042,2
2015	166431	52,3	68100	103	264531	15718,6
2016	148405	50	1152	200	205152	7650,7
2017	24134	58	660	105	74794	1469,1
2018	219492	43,7	98938	130	378430	22453,7
2019	41213	42,3	24045	180	115258	6071,4
2020	167000	40,6	52900	40,6	219900	8444
Всего:	1032834		287105		1565534	72651

Самцов оценивают по объему эякулята и активности сперматозоидов. Предварительно сперму визуально оценивают по цвету и консистенции. Она должна быть не жидкой и свободной от примесей крови и фекалий. Под микроскопом определяют активность спермиев с тем, чтобы исключить из использования сперму с низким процентом подвижных сперматозоидов. После отбора группу племенных самцов метят серийной меткой и многократно используют для воспроизводства в течение нерестового сезона.

Самок и самцов оценивают по качеству потомства. Оценку проводят в два этапа: на ранних стадиях – по количеству развивающихся зародышей, а затем – по выживаемости эмбрионов. Семьи, лучшие по выживаемости потомства, используют для дальнейшего разведения.

Формирование ремонтно-маточных стад для воспроизводства природных популяций. В условиях перехода к управляемому рыбному хозяйству необходимо учитывать не только состояние экосистем водного объекта, но и генетические последствия искусственного воспроизводства, которое во многих случаях может быть единственным источником пополнения популяций ценных видов рыб в естественных водоемах.

С позиций процветания локальной популяции, на уровень сложности генетической структуры не налагается каких-либо ограничений. Эти положения можно отнести к маточным стадам лососевых рыб, которые формируют в заводских условиях. Очевидно, что конечным результатом селекции, прежде всего, является сохранение того уровня разнообразия, которое присуще рыбам донорской популяции. Следовательно, формы и способы отбора должны содействовать сохранению тех элементов внутривидовой структуры, которые служат поддержанию ее генетической гетерогенности.

Имеется ряд генетических рекомендаций [1], направленных на обеспечение сохранности генетического разнообразия искусственно воспроизводимых и поддерживаемых популяций, которые заключаются в следующем:

1. Поддерживать необходимый уровень эффективной численности популяции, для чего, при создании маточных стад, использовать не менее 50 производителей каждого пола. Предпочтительно, чтобы их было 200-500 экземпляров.

2. При воспроизводстве каждого поколения следует сохранять соотношение полов 1:1, с целью обеспечения равного вклада производителей разного пола в структуру будущего потомства и не допущения снижения эффективной численности популяции.

3. Уравнивать генетический вклад каждой особи в формируемом поколении за счет регулирования реализованной плодовитости самок и избирательной плодовитости самцов.

4. В процессе воспроизводства максимально использовать особей, принадлежащих к разным биологическим группам (рыб различных возрастных групп, с разными сроками нереста, не схожих по размерам и массе тела, плодовитости и т.д.).

5. Не использовать в целях интродукции молодь, прошедшую направленный отбор по каким-либо хозяйственно-полезным признакам, предотвращая тем самым возможность нанесения негативных экологических и генетических последствий.

При выращивании смолтов и последующем выпуске их в естественные водоемы следует минимизировать возможные отрицательные последствия адаптации рыб к заводским условиям, путем обеспечения наибольшего подобия условий выращивания в естественной среде обитания, а также не допуская стрессового воздействия светового и температурного режимов и соблюдая технологию кормления.

Для восстановления численности палии Ладожского озера до уровня прежних лет требуется выпуск 500 тыс. экз. сеголеток и годовиков ежегодно. В таком же объеме ФГБНУ «ВНИРО» определена приемная емкость водоема.

ФСЦР филиал ФГБУ «Главрыбвод» начал выпуски палии в естественный водоем в 2001 г., одновременно с работами по формированию стада. Выпуски были небольшими и представлены рыбами, не вошедшими в ремонтно-маточное стадо. К 2008 г. стадо было сформировано и началось получение потомства от собственных производителей (табл. 4). Выпуски оставались невысокими, так как работа не оплачивалась и выполнялась за счет собственных средств. Ситуация изменилась коренным образом с вхождением в систему Росрыболовства: было получено Государственное задание и возможность реализовать молодь в счет компенсации ущерба, нанесенного водным биоресурсам. Если в 2013 г. было выпущено менее 32,5 тыс. экз., то в 2014 г. – уже более 211 тыс. экземпляров. Среднегодовой выпуск молоди с 2014 по 2020 годы превышает 200 тыс. экземпляров. Выпускаемые рыбы имеют среднюю массу тела не менее 30 г, сеголетки – в среднем около 50 г, а годовики – 140 граммов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные методические рекомендации дают возможность достаточно эффективно выращивать ладожскую палию в заводских условиях. Опыт селекционной работы позволил сформировать маточное стадо. В результате с 2014 по 2020 гг. в Ладожское озеро было выпущено более 1,2 млн экз. молоди палии. В итоге, начиная с 2018 г., промысловиками отмечается существенный рост уловов этого вида.

Результаты работ – основа для выращивания лососевых рыб, в том числе представителей рода Гольцов (*Salvelinus*) в условиях заводского воспроизводства.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Алendorф Ф.У. Генетическое управление воспроизводством рыбных стад. В кн. Популяционная генетика и управление рыбным хозяйством. / Ф.У. Алendorф, Н. Римап. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 177-198.

1. Alendorf F.U. Genetic management of reproduction of fish herds. In the book. Population genetics and fisheries management. / F.U. Alendorf, N. Riman. – M.: Agropromizdat, 1991. – Pp. 177-198.

2. Аршавский Д.С. Корма для рыб: особенности состава и технологии. *БиоМар. // Международная выставка Fishtech-2016. 12-15 сентября 2016 г. – Москва, 2016 – с. 1-97.*
2. Arshavsky D.S. Fish feed: features of composition and technology. *BioMar. // International Exhibition Fishtech-2016. September 12-15, 2016 - Moscow, 2016. - Pp. 1-97.*
3. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – М.-Л.: Наука, 1948. – Т. 1. – 466 с.
3. Berg L. S. Fresh water fishes of the USSR and neighboring countries. – M.-L.: Nauka, 1948. - Vol. 1. - 466 p.
4. Вербицкий В.Б. Понятие экологического оптимума и его определение у пресноводных пойкилотермных животных // *Журнал общей биологии.* – 2008. – Т. 69. – № 1. – С. 44-56.
4. Verbitsky V.B. The concept of ecological optimum and its definition in freshwater poikilothermic animals // *Journal of General Biology.* - 2008. - Vol. 69. - No. 1. - Pp. 44-56.
5. Журавлева Н.Г. Влияние абиотических и биотических факторов среды на выживаемость эмбрионов и молоди рыб // *Вестник Мурманского государственного технического университета.* – 2009. – Т.12. – Вып.2. – С.338-343.
5. Zhuravleva N.G. The influence of abiotic and biotic environmental factors on the survival of embryos and juvenile fish // *Bulletin of the Murmansk State Technical University.* - 2009. - Vol.12. - Vol.2. - Pp.338-343.
6. Казаков Р.В. Атлантический лосось. – СПб.: Наука, 1998. – 575 с.
6. Kazakov R.V. Atlantic salmon. – St. Petersburg: Nauka, 1998 - 575 p.
7. Казаков Р.В. Искусственное формирование популяции проходных лососевых рыб. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
7. Kazakov R.V. Artificial formation of a population of passing salmon fish. – M.: Agropromizdat, 1990. - 239 p.
8. Китаев С.П. Радужная форель, голец и перспективы их использования в озерах Северо-Запада России. / С.П. Китаев, Н.В. Ильмаст, В.Г. Михайленко – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. – 107 с.
8. Kitaev S. P. Rainbow trout, Arctic char and the prospects for their use in lakes of North-West Russia. / S. P. Kitaev, N. In. Ilmast, V. G. Mikhailenko. – Petrozavodsk: Karelian research centre, 2005. – 107 p.
9. Корочкин Л.И. Биология индивидуального развития (генетический аспект). – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 264 с.
9. Korochkin L. I. Biology of individual development (genetic aspect). – M.: Izd-vo MGU, 2002. – 264 p.
10. Костюничев В.В. Искусственное воспроизводство рыб на Северо-Западе России. / В.В. Костюничев, В.А. Богданова, А.К. Шумилина, И.Н. Остроумова – Изд-во ВНИРО, 2015. – С. 26-41.
10. Kostyunichev V.V. Artificial reproduction of fish in the North-West of Russia. / V.V. Kostyunichev, V.A. Bogdanova, A.K. Shumilina, I.N. Ostroumova. – VNIRO Publishing House, 2015. - Pp. 26-41.
11. Лукин А.А. Перспективы развития аквакультуры в западной части Арктической зоны Российской Федерации / А.А. Лукин, В.А. Богданова, В.В. Костюничев, А.Е. Королев // *Арктика: Экология и Экономика.* – 2016. – №4(24) – С. 100-108.
11. Lukin A.A. Prospects for the development of aquaculture in the western part of the Arctic zone of the Russian Federation / A.A. Lukin, V.A. Bogdanova, V.V. Kostyunichev, A.E. Korolev // *Arctic: Ecology and Economics.* – 2016. – №4(24) – Pp. 100-108.
12. Никандров В.Я. Оценка радужной форели в зависимости от сроков нереста / В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина, Д.С. Аршавский, В.А. Янковская // *Рыбоводство и рыболовство.* – 2001. – №3. – С.39.
12. Nikandrov V.Ya. Assessment of rainbow trout depending on spawning time / V.Ya. Nikandrov, N.I. Shindavina, D.S. Arshavsky, V.A. Yankovskaya // *Fish farming and fishing.* - 2001. - No. 3. - Pp.39.
13. Никандров В.Я. Формирование исходного стада балтийского лосося в заводских условиях // *Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России: материалы научно-практической конференции (24-27 сентября) Краснодар, 2001.* – С. 80-82.
13. Nikandrov V.Ya. Formation of the initial herd of Baltic salmon in factory conditions // *Problems and prospects of aquaculture development in Russia: Materials of the scientific and practical conference (September 24-27) Krasnodar, 2001.* - Pp. 80-82.
14. Никандров В.Я. Характеристика черноморской кумжи *Salmotrutta labrax*, выращенной в заводских условиях / В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина // *Вопросы ихтиологии.* – 2007. – Т. 47. – №2. – С. 238-246.
14. Nikandrov V.Ya. Characteristics of the Black Sea trout *Salmo trutta labrax* grown in factory conditions / V.Ya. Nikandrov, N.I. Shindavina // *Questions of ichthyology.* - 2007. - Vol. 47. - No.2. - Pp. 238-246.
15. Никольский Г.В. Частная ихтиология. – М.: «Высшая школа», 1971. – 472с.
15. Nikolsky G.V. Private ichthyology. – M.: "Higher School", 1971. – 472 p.
16. Павлов Д.А. Лососевые (биология развития и воспроизводство). – М.: Изд. МГУ, 1989. – 213 с.
16. Pavlov D.A. Salmon (biology of development and reproduction). – Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1989. - 213 p.
17. Петренко Л.А. Состояние искусственного воспроизводства атлантического лосося в бассейне Балтийского моря: тезисы докл. конф. «Современное состояние рыбного хозяйства на внутренних водоемах европейской части России». – СПб: ГосНИОРХ, 1999. – С. 56-61.
17. Petrenko L.A. The state of artificial reproduction of Atlantic salmon in the Baltic Sea basin: abstracts of the dokl. conf. "The current state of fisheries in the inland waters of the European part of Russia". – St. Petersburg: GosNIORH, 1999. - pp. 56-61.
18. Петренко Л.А., Маленко А.Г. Создание стад производителей атлантического лосося в заводских условиях: тезисы докл. конф. «Современные достижения в области рыбоводства и воспроизводства рыбных запасов». – СПб: ГосНИОРХ, 1999. – С.12.
18. Petrenko L.A., Malenko A.G. Creation of herds of Atlantic salmon producers in factory conditions: abstracts of the dokl. conf. "Modern achievements in the field of fish farming and reproduction of fish stocks". – St. Petersburg: GosNIORH, 1999. - 12 p.
19. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564с.
19. Ostroumova I.N. Biological bases of fish feeding. – St. Petersburg: GosNIORH, 2012. - 564s.
20. Рима́н Н. Популяционная генетика и управление рыбным хозяйством. / Н. Рима́н, Ф. Аттер – М.: Агропромиздат, 1991. – 480 с.
20. Riman N. Population genetics and fisheries management. / N. Riman, F. Atter – M.: Agropromizdat, 1991 - 480 p.
21. Романова Н.Н. Оценка стресс-реактивности рыб-объектов аквакультуры и ее коррекция психином. Дис. ...канд. биол. наук. – М., 2005. – 134 с.
21. Romanova N.N. Assessment of stress-reactivity of fish-objects of aquaculture and its correction by piscine. Dis. ...cand. biol. nauk. - M., 2005-- 134 p.
22. Савваитова К.А. Арктические голец: (Структура популяционных систем, перспективы хозяйственного использования). – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
22. Savvaitova K.A. Arctic char: (Structure of population systems, prospects of economic use). – Moscow: Agropromizdat, 1989. - 223 p.
23. Столь Г. Генетическая структура популяции атлантического лосося / В сб. «Популяционная генетика и управление рыбным хозяйством». – М.: Наука, 1991. – С.155-176.
23. So G. Genetic population structure of Atlantic salmon / V SB. "Population genetics and fisheries management". – M.: Nauka, 1991. – S. 155-176.
24. Титарев Е.Ф. Типовая технология разведения и выращивания разных форм радужной форели. / Е.Ф. Титарев, Л.С. Сергеева, А.В. Линник – М., 1991. – 85с.
24. Titarev E. F. Typical technology of breeding and cultivation of different forms of rainbow trout. / Titarev, E. F., L. S. Sergeeva, A. V. Linnik. – M., 1991. – 85C.
25. Шувалова Т.В. 2015. Освоение водных биологических ресурсов Арктической зоны: проблемы и перспективы. / Т.В. Шувалова, А.И. Глубоков // *Рыбное хозяйство – №4.* – с.11-12.
25. Shuvalova T.V. Development of aquatic biological resources of the Arctic zone: problems and prospects. / T.V. Shuvalova, A.I. Glubokov // *Fisheries.* – 2015. - No. 4. - Pp.11-12.
26. Шульгина Е.И. Институциональные предпосылки экоразвития Крайнего Севера Российской Федерации. Дис. канд. ...экон. наук. – М., 2000. – 157 с.
26. Shulgina E.I. Institutional prerequisites for the eco-development of the Far North of the Russian Federation. Dis. cand. ...ekon. nauk. - M., 2000 - 157 p.
27. Эскелинен У.А. О деятельности рыболовной исследовательской станции Лаукаа // *Сборник науч. трудов НИИ озерного и речн. рыбн. хоз-ва.* – 1991. – Вып. 297. – С. 44-51.
27. Eskelinen U.A. About the activities of the fish-breeding research station Laukaa // *Collection of scientific works of the Research Institute of Lake and River. rybn. Household,* 1991. - Issue 297. - Pp. 44-51.
28. Janhunen M., Piironen J. and Peuhkuri N. Parental effects on embryonic viability and growth in Arctic charr *Salvelinus alpinus* at two incubation temperatures. *Journal of Fish Biology.* – 2010. – V. 76. – Pp. 2558-2570.