

Литература

1. **Костромин Е.А., Шестаков Н.В.** Перспективы рыбохозяйственного использования Ламских прудов // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Сб. науч. тр. междунар. науч. практ. конф.: «АПК России: прошлое, настоящее, будущее». Ч. I. / СПбГАУ. – СПб., 2015. – 666 с.
2. **Войнарович А., Хойчи Д., Мот-Поульсен Т.** Мелкомасштабное разведение радужной форели // Технический документ ФАО по рыболовству и аквакультуре №561. - Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций, 2014. – 99 с.
3. **Греков О.А.** Организация рыбного хозяйства на малых водоемах. – М: ФГОУ ВПО РГАЗУ, 2009. – 200 с.
4. **Костромин Е.А., Шестаков Н.В.** Гидрологическая характеристика и перспективы рыбохозяйственного использования Ламских прудов // Научный вклад молодых исследователей в сохранение и развитие АПК: Сб. науч. тр. междунар. науч. практ. конф. молодых учёных и студентов / СПбГАУ. – СПб., 2015. – 155 с.
5. **Мартышев Ф.Г.** Прудовое рыбоводство. – М.: Высшая школа. -1973.-370 с.
6. **Койбышева С.К., Бадрылова Н.С., Федоров Е.В.** Рекомендации по технологии выращивания осетровых рыб в прудах в условиях рыбоводных хозяйств Казахстана. – Астана, 2011. – 41с.
7. «**Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств**» (введены в действие Приказом Минрыбхоза СССР от 26.04.1985 № 254) ВНИИПРХ, 1985.

УДК 577.4:591.524.12

Доктор биол. наук **П.Е. ГАРЛОВ**
(СПбГАУ, ИНЦ РАН, garlov@mail.ru)
Аспирант **Д.А. ЯНБУХТИН**
(СПбГАУ, crusnic02@mail.ru)
Аспирант **К.А. ТИТАРЕНКО**
(СПбГАУ, ksenya-titarenko@yandex.ru)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

Атлантический лосось, заводское воспроизводство, морское садковое рыбоводство

Искусственное заводское воспроизводство популяций лососевых рыб на Северо-Западе, наряду с общей целью, существенно отличается от такового в южных и восточных регионах и принципиально – от заводского осетроводства, изолированного от нерестилищ [1]. Подавляющее большинство лососевых рыбоводных заводов располагается на акватории нерестилищ (за исключением отрезанных от нерестилищ низовых приплотинных), непосредственно откуда и изымает зрелых производителей в ущерб естественному воспроизводству. Промысловая зависимость заводов в сочетании с промысловой нагрузкой на нерестилища, как и сам промысел (особенно «нерегулируемый») ценных и охраняемых видов рыб, в период и на местах нереста, по-видимому, является основной причиной прогрессивного снижения их численности, вплоть до истребления. При этом, несмотря на постоянно проводимый мониторинг и общепризнанную необходимость, особенности структуры популяций лосося в графике работы заводов и в конкретной биотехнике воспроизводства не учитываются [1, 2]. Обычно принято противопоставлять естественное и искусственное воспроизводство («либо естественное – либо заводское»). В связи с растущим дефицитом доброкачественных производителей в заводском воспроизводстве (лососевых и осетровых) разрабатывают и уже успешно применяют биотехнику формирования и

эксплуатации ремонтно-маточных стад в условиях речного водоснабжения, например, на Лужском лососевом рыбноводном заводе [3]. В то же время нашими многолетними исследованиями эффектов влияния среды критической солености на организм производителей осетровых и костистых рыб вплоть до производственных проверок доказана возможность длительного резервирования их в среде критической солености (4-8‰) при нерестовых температурах с сохранением высокого рыбноводного качества и получением доброкачественного потомства [2, 4]. Наиболее яркий эффект содержания рыб в этой среде по сравнению с любыми другими средами – сохранение высокой степени выживаемости и задержка полового созревания (овуляции и спермиации без наступления резорбции ооцитов). Это свидетельствует о том, что критическая соленость является оптимальной средой для содержания маточных стад рыб. Другой важный эффект – многократное усиление темпов роста молоди и степени ее выживаемости. Установлено, что достаточной выживаемостью для обеспечения эффективного воспроизводства обладает двухгодовальная смолтифицированная молодь лосося массой не менее 35-40г, соответствующая скатывающейся природной [5]. Однако в заводских условиях спонтанная смолтификация может наступить уже у сеголетков, а в годовалом возрасте (20-25г) у молоди она имеет массовый характер. Поэтому к настоящему времени, чтобы избежать больших производственных потерь, рыбноводные заводы в массе выпускают годовалую смолтифицированную молодь [6]. Наибольшие отходы молоди лосося происходят на конечных этапах биотехники выращивания вследствие асинхронности достижения смолтификации, несоответствия степеней развития и акселерации в заводских условиях в речной воде, неподготовленности к выживанию в окружающей среде, например, информационной обедненности и т.д.

В заводском воспроизводстве используются системы адаптаций речного периода жизни, обеспечивающие миграции, созревание, нерест, формирование и развитие особи в реке. Они преимущественно связаны с расходом материально-энергетических ресурсов и снижением степени эврибионтности производителей, обратимым у полициклических форм [7].

Цель воспроизводства – достижение максимальной продуктивности популяции, и достигается она в море на нагуле. Эти возможности мы впервые и предлагаем доиспользовать на основных ограничительных этапах воспроизводства. Основным фундаментальным обоснованием предлагаемого метода массового получения потомства и интенсивного выращивания молоди является общебиологическое положение о необходимости практического использования систем видовых филогенетических адаптаций, обеспечивающих максимальную выживаемость и в итоге продуктивность, которые наиболее полно реализуются в период морского нагула [2, 7].

Первоначально эффект значительного (3-8-кратного) повышения темпов роста в солоноватой воде Балтийского моря был установлен у ручьевой и радужной форелей в возрасте сеголетков годовиков, двухлеток (впервые в 1916г. в Германии, по: Суворов, 1940). На основе этих данных и анализа проявлений в природе «Скрытых возможностей рыб» при различной смене экологических условий (на примерах роста форели, проходной сельди, камбалы в разных районах Балтики; горбуши) проф. Е.К. Суворов для ускорения роста рекомендовал и даже организовал в 1940 г. на Белом море начало опытов по пересадке молоди семги в море. Опыты, начатые во ВНИОРХе, были продолжены и установлен верхний порог оптимального выживания личинок семги в 5‰ (Новиков, Рубан, 1957). Чуть позднее на основе анализа состояния гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы лососей, была выяснена степень выживаемости личинок и молоди семги от вылупления до покатного состояния в различной солености: 5, 7, 10, 15‰ (Никифоров, 1959). Было четко установлено, что личинки от вылупления до резорбции желтка полностью выживают при 5-7‰ (в 10‰ за 23сут - 24% выживания). Сеголетки массой

150мг лучше всего растут при солености 5-10‰. От сеголетков до годовиков выживаемость и кормовой коэффициент оптимальнее (кормовой коэффициент: 3, сравнительно с контролем: 5-6), при более высоком (на 10‰) потреблении кислорода. В итоге автор обосновал возможность выпуска молоди в солоноватые воды: сеголетков – до 10‰, годовиков – до 15‰. На I Советско-Американской научной конференции по охране и воспроизводству Атлантического лосося было доложено о новой биотехнологии искусственного воспроизводства лососей (Куфтина, Новиков, 1958). Прежде всего было показано нормальное развитие лосося от оплодотворения до стадии малька в солоноватой морской воде 4-5‰. При том, что рост тела зародыша и процесс резорбции желтка – процессы независимые, повышается эффективность использования желтка на рост зародышей. Масса зародышей в этой среде возрастает на 10% по сравнению с таковой в пресной воде независимо от температуры. При этом установлено, что инкубация икры и выращивание личинок в солоноватой воде 4-5‰ достоверно повышает устойчивость организма к внешним воздействиям вплоть до смолтификации. В итоге подчеркивается «необходимость разработки новых методов биотехники воспроизводства с целью использования потенциальных возможностей вида» для управления продуктивностью. Эффект повышения усвоения корма сеголетками и темпов роста годовиков, особенно при сочетании повышенной температуры и солености, установлен также и для дальневосточных видов лососей - кижуча, чавычи, а также и для других видов рыб, например, сельдевых, кефалевых, осетровых и даже карповых [2, 4]. Усиление жизнестойкости молоди рыб в воде повышенной солености, близкой к "критической" известно и использовано, например, в прудовом и бассейновом рыбоводстве для профилактики массовых заболеваний и при транспортировке молоди [2].

И, наконец, с 2011г. в солоноватой воде Выборгского залива (2,5‰) в садковом рыбопромысловом хозяйстве «Прибылово» от производителей лосося было получено потомство и выращено более 3 тыс. шт. молоди до трехлетнего возраста. Результаты изложены в наших предыдущих статьях и частично приведены в таблице.

Т а б л и ц а. Основные рыбоводно-биологические характеристики молоди лосося, выращенной в солоноватой морской воде

А. Основные рыбоводно-биологические характеристики разновозрастной молоди лосося, выращенной в садках Выборгского залива				
Возраст	Общая длина (L, см.)	Масса тела (m, г.)	Коэффициент упитанности Q	Относительный прирост R
Двухлетки (1+)	28.7 ± 3,354224	281.2 ± 20,08	1,603 ± 0,0878	0.409
Трехлетки (2+)	39.1 ± 1,549647	694,97 ± 96,59	1,693 ± 0,4771	0.49
Б. Сравнительные показатели массы молоди лосося различных возрастных групп, выращенной в садках Выборгского залива, на Невском ЛРЗ и согласно нормативу.				
	Сеголетки 0+	Годовики 1	Двухлетки 1+	Трехлетки 2+
Выборгский залив	15	160	280	694 (740, 910)
Невский ЛРЗ	11,3	26 (10-35)	41,6	-
Норма по Ленобл.	5-7	9-18	20-25	-

Сравнение массы молоди, выращенной в солоноватой воде с заводскими и нормативными данными, показывает многократное усиление темпов роста при прочих равных условиях (температуры, кормления), особенно значительное с годовалого возраста (рис. 1).

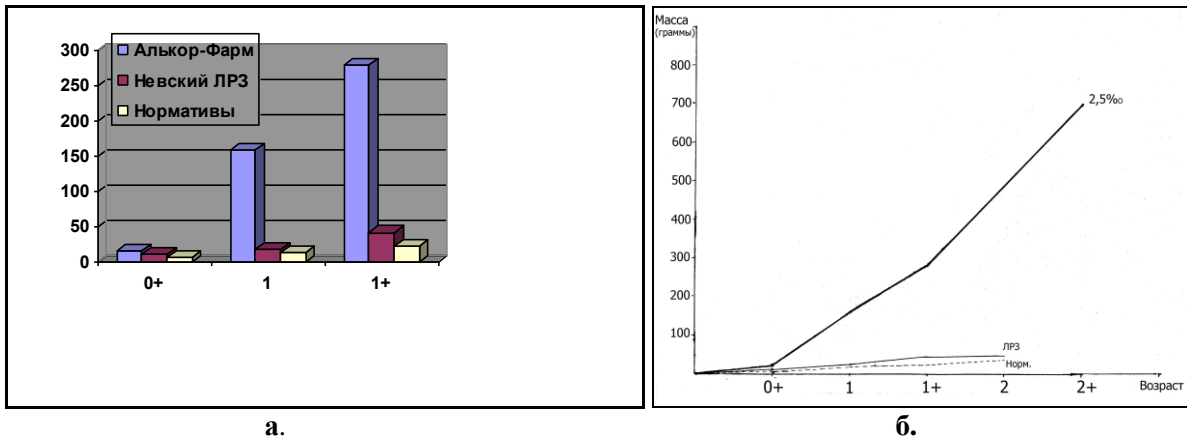


Рис. 1. а. Сравнительные показатели массы тела (г.) молоди лосося (сеголеток: 0+, годовиков: 1, двухлеток: 1+), выращенной в садках Выборгского залива (левые колонки «Алькор-Фарм»), на Невском рыболовном заводе и согласно нормативам (правые светлые колонки). б. Сравнительная динамика роста молоди лосося в садках в солоноватой воде (2,5-4‰), в речной воде в заводских условиях (ЛРЗ) и согласно нормативам (Норм.)

Таким образом, в результате длительного производственного эксперимента установлено прогрессивное многократное усиление роста молоди в этой среде. Все вышеизложенное окончательно убеждает в необходимости разработки и испытания нового научно обоснованного биотехнического метода начального получения потомства и конечного садкового доращивания заводской молоди в период ее смолтификации в садках в солоноватой воде и выпуска ее на подготовленные нагульные участки. Важно, что предлагаемый метод исключает и массовое появление карликовых самцов. Мы полагаем, что продление процесса преадаптации молоди лосося путем садкового доращивания ее в солоноватой воде значительно усилит темпы роста, акселерирует развитие ее даже при незначительной минерализации среды (возможно уже с 2‰), а степень выживаемости будет возрастать при достижении критической солености 4-8‰. В последние годы аномально высокие летние температуры, нарушая все звенья процесса воспроизводства, вынуждают заводы в аварийном порядке выпускать недорощенную молодь (сеголетков) вблизи территории заводов.

В итоге мы предлагаем схему комплексного заводского воспроизводства лосося, сочетающего индустриальные возможности заводского и садкового выращивания в солоноватой воде критической солености (рис. 2).

В производственные циклы работы рыболовного завода предлагается включить деятельность и продукцию морского садкового рыбопромыслового участка как внешнего цеха завода. Сюда на заготовку производителей, садковое содержание маточных стад и доращивание серебрующей заводской молоди в солоноватой воде до жизнестойких стадий развития (массой более 40г) можно перевести эти заводские циклы с зачетом результатов выпуска на нагульные площади в продукцию рыболовного завода.

Получение потомства от производителей до наступления «лошания» в морской солоноватой воде на местах нагула и промысла имеет следующие преимущества: 1. Снятие промысловой нагрузки с нерестилищ. 2. Снятие промысловой зависимости с заводов. 3. Объединение интересов воспроизводства и промысла с промышленным использованием производителей. 4. Снижение производственных потерь при содержании маточных стад производителей в оптимальной среде резервирования [2, 4].



Рис. 2. Схема комбинированного рыболовного хозяйства, включающая лососевый рыболовный завод и садково-вырастные участки выращивания крупной смолтифицированной молоди и ремонтно-маточного стада в солоноватой морской воде

Доращивания молоди в морской воде на местах нагула (пастбищах) с момента начала смолтификации также имеет целый ряд преимуществ: 1. Многократное усиление темпов роста при прочих равных условиях (температуры, кормления и т.д.), особенно значительное с годовалого возраста, в 5-7 раз. 2. Процесс смолтификации молоди имеет массовый синхронный характер, поскольку соответствует природному. 3. Практически исключено появление «речных» карликовых самцов, что снижает основные отходы заводской продукции. 4. В результате преадаптации молоди (смолтов) к выпуску на естественные нагульные участки и повышения ее выживаемости значительно снизятся производственные потери.

Сокращение наполовину этапов биотехники непосредственно на заводе (в реке) высвободит дополнительные производственные мощности для достижения необходимой эффективности воспроизводства - выпуска свыше 150 тыс. шт. молоди навеской свыше 40г, подготовленной к морскому нагулу.

Такая «морская» централизация начального и конечного заводских циклов возможна благодаря тому, что хоминг лососей генетически не закреплен, а импринтинг, по-видимому, формируется уже в первое лето заводского выращивания личинок и ранней молоди с момента перехода на активное питание [8]. Интенсивное выращивание молоди с использованием адаптаций системы «река-море» (река - расходование, море - накопление материально-энергетических ресурсов) может объединить интересы всех форм воспроизводства (естественного и искусственного), промысла (на местах нагула) и даже товарного выращивания в прибрежных морских хозяйствах [9, 10]. При этом обязательно, чтобы садковый морской рыболовный (рыбопромысловый) участок выступал в особом (юридическом) статусе «заводского специализированного внешнего цеха» в составе ЛРЗ с зачетом всего цикла новой биотехники в продукцию собственно рыболовного завода.

Для возможного внедрения предложенной биотехники непосредственно на рыбоводных заводах, круглогодичного рыбозаведения, наконец для защиты продукции от загрязнений среды, разработана система замкнутого водоснабжения рыбоводных хозяйств путем внесезонного подземного гидрокондиционирования среды (рис. 3).

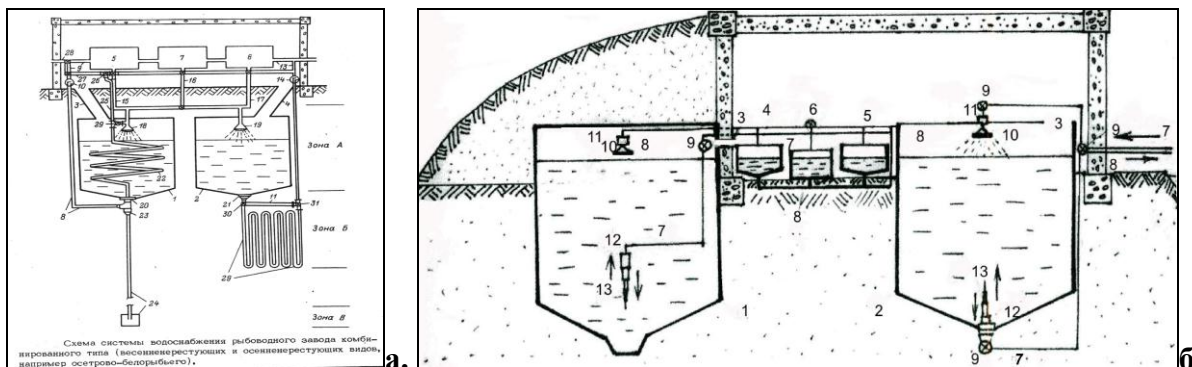


Рис. 3. а. Система водоснабжения рыбоводного завода комбинированного типа для воспроизводства весеннерестующих и осеннерестующих видов рыб (по а.с. СССР № 982614). Система содержит 2 подземных резервуара (1, 2), расположенных ниже слоя сезонного промерзания (в зоне А), каждый из которых связан с рыбоводными бассейнами (5, 6), со средствами аэрации и очистки воды (7). б. Система водоснабжения рыбоводных хозяйств (по патенту на изобретение РФ № 2400975): включает резервуары-отстойники, частично заглубленные в грунт (1, 2), рыбоводные бассейны (4, 5), вспомогательные средства водоподготовки (6)

Система функционирует на основе принципа управления размножением рыб триадой экологических факторов и на природно-промышленных принципах инженерной экологии [2, 7]. Сущность технологического решения состоит в том, что водоснабжение рыбоводных хозяйств дополнительно обеспечивается системой заглубленных, либо полузаглубленных в грунт резервуаров-отстойников большого объема. Такая система водоснабжения, по сути, принципиально новое отечественное устройство замкнутого водоснабжения (УЗВ), позволяет в изолированных от климата условиях впервые согласованно разрешить ранее альтернативные объемно-зависимые проблемы энергозатрат (требующие снижения объемов воды) и очистки воды (требующие увеличения объемов воды) в резервуарах-отстойниках.

Основной принцип эксплуатации системы заключается в заполнении одного из резервуара-кондиционеров "холодной" водой (например 3-7⁰С), а другого - "теплой" (9-15⁰С) в соответствующие сезоны года и дополнительном водоснабжении ими наземных рыбоводных бассейнов по системам замкнутой циркуляции воды. Рассмотрены и возможные варианты управления составом воды и длительной межсезонной термостабилизации ее системой заглубленных теплообменников в соответствующих грунтовых зонах (рис. 3А).

Технико-экономическими расчетами показано, что уже при объеме воды в резервуаре свыше 10 тыс. м³ скорость теплопередачи в грунт уменьшается до 0,1⁰С/мес, а степень очистки воды прогрессивно возрастает за счет эффекта отстаивания. С увеличением объема резервуаров-гидрокондиционеров пропорционально возрастает продуктивность системы и снижается ее удельная себестоимость при сохранении максимальной надежности, доступной для любой культуры производства.

Л и т е р а т у р а

1. Пономарев С.В. Лососеводство: Учебник. – М.: Моркнига, 2012. 561 с.
2. Гарлов П.Е. Биотехника управления размножением рыб ФАР ФГБНУ «ГосНИОРХ». - СПб, 2011. - 95с.
3. Бугров Л.Ю., Яблоков А.Г., Михайленко В.Г. и др. Создание технологической схемы промышленного выращивания, формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад ценных объектов аквакультуры (благородного лосося): Отчет ГосНИОРХ по хоздоговорной теме, № 7-10с. / Фонды ГосНИОРХ, 2007. - 86с.

4. **Гарлов П.Е., Кузнецов Ю.К., Федоров К.Е.** Искусственное воспроизводство рыб. Управление размножением: Учебное пособие (СПбГАУ, СПбГУ, ФГБНУ «ГОСНИОРХ»). - СПб.: Лань, 2014. - 256с.
5. **Христофоров О.Л., Мурза И.Г.** Значение заводского разведения для сохранения Невской популяции лосося: Сб. матер. XV Международного экологического форума «День Балтийского моря- 2014». - С. 112-113.
6. **Инструкция** о порядке учета рыболовной продукции, выпускаемой организациями Российской Федерации в естественные водоемы и водохранилища. Федеральное Агентство по Рыболовству. – 1995. – 49с.
7. **Garlov P.E.** Plasticity of Nonapeptidergic Neurosecretory Cells in Fish Hypothalamus and Neurohypophysis. International Review of Cytology. 2005, V. 245. P. 123-170.
8. **Hasler A.D., Scholz A.T.** Olfactory imprinting and homing in salmon. Investigations into the mechanism of the imprinting process. Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo; Springer Verlag. 1983. 134p.
9. **Jobling M.** Environmental biology of fishes. Chapman, Hall, 1998. 455p.
10. **Stefansson S.O., Björnsson B.Th., Ebbesson L.O.E., and McCormic S.D.** Smoltification. In.: Fish Larval Physiology (Finn R.N., Kapor B.G. Eds.) Science Publishers, Inc. Enfield (NH) and IBN Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi. 2008, Chapter 20. P. 639-681. УДК 577.4:591.524.12