

7. Сапунов В.Б., Холодкевич С.В., Федотов В.П. О возможности количественной оценки состояния водоема на основе использования ракообразных в качестве биоиндикатора // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Труды межд. конф., - Т.2. - 2000. - С. 393-397.
8. Gause G. Struggle for existence. N.Y. Ac. Press. 1934. 295 pp.
9. Сапунов В.Б., Глазырина Т.М. Естествознание и медицина. - СПб: Политех. ун-т, 2015. - 289 с.
10. Теоретические основы биологической борьбы с амброзией. АН СССР. – Л, 1989. - 408 с.
11. Sapunov V., Dikinis A., Ecological monitoring of ponds of Baltic region under deficiency of information // XIV Intern Environ forum "Baltic sea day", 2013, p. 414 - 415.

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 ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ БАЛТИЙСКОГО ЛОСОСЯ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

Атлантический лосось, заводское воспроизводство, садковое рыбководство

Согласно производственным нормативам заводского выращивания Атлантического лосося *Salmo salar* (Linne, 1758) достаточной выживаемостью для обеспечения эффективного воспроизводства обладает двухгодовалая молодь, прошедшая стадию серебрения (смолтификации), массой не менее 35-40г. [1]. Она соответствует скатывающейся природной, однако в заводских условиях спонтанная смолтификация может наступить уже у сеголетков, а в годовалом возрасте у 20-25-граммовой молоди она уже имеет массовый характер [1, 2]. Поэтому к настоящему времени, чтобы избежать больших производственных потерь и в целях экономии рыбководные заводы в массе выпускают годовалую молодь [3]. Анализ зависимости эффективности заводского воспроизводства от соотношения массы («навески») и количества выпускаемой молоди («посадочного материала») показывает, что эффективны выпуски только крупных (от 40г.) двухгодовалых смолтов и в достаточно большом количестве – не менее 150 тыс. шт. (рис. 1) [4].

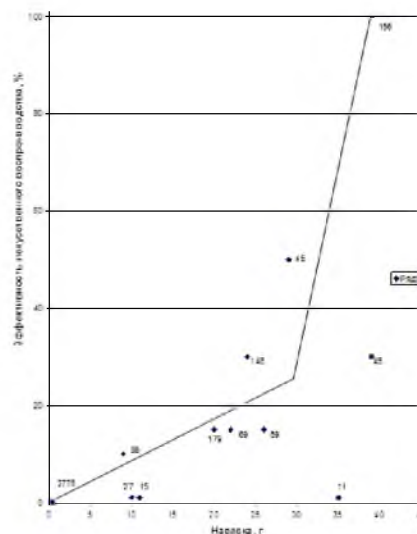


Рис. 1. Зависимость эффективности искусственного воспроизводства лососевых рыб от навески (масса, г.).  
Числа возле точек на графике – количество посадочного материала (тыс. шт.)

В заводском воспроизводстве используются системы видовых адаптаций речного периода жизни, обеспечивающие миграции, созревание, нерест, формирование и развитие особей в реке, которые связаны с расходом материально-энергетических ресурсов и обратимым снижением степени эврибионтности [5]. Конечная цель воспроизводства – достижение максимальной продуктивности популяции достигается в море в период нагула механизмами усиления выживаемости и роста. Основным фундаментальным обоснованием предлагаемого метода интенсивного выращивания молоди является необходимость практического использования систем видовых филогенетических адаптаций, обеспечивающих максимальную выживаемость и продуктивность, которые наиболее полно реализуются в период морского нагула в весьма узком диапазоне «критической» солености 4-8‰. Напомним, что критическая соленость, пороговая для созревания гамет морских и пресноводных организмов, определяет предел их физиологической устойчивости, а также ряд важных порогов, границ и градиентов взаимоотношений организма с внешней средой [6]. Важно, что эта среда, занимающая наибольшую (в мире) площадь Балтийского моря (62%, или 259,8 тыс. км<sup>2</sup>) и естественная для нагула молоди в Финском заливе, оказывает минимально необходимое, физиологически адекватное пороговое воздействие на организм. Поэтому вполне закономерно, что в солоноватой воде Балтийского моря и был впервые (Германия, 1916г) установлен эффект значительного (3-8-кратного) повышения темпов роста у ручьевой и радужной форелей в возрасте от сеголеток, что изложено в нашем обзоре [5]. На примерах усиленного роста форели, проходной сельди, камбалы в разных районах Балтики профессор Е.К. Суворов во ВНИОРХе рекомендовал и начал опыты по пересадке речной молоди семги в Белое море. Продолжение этих опытов позволило установить, верхний порог оптимального выживания личинок семги в 5‰. Чуть позднее на основе анализа механизмов осморегуляции удалось выяснить степень выживаемости личинок и молоди семги от вылупления до покатного состояния в различной солености: 5, 7, 10, 15‰. Было четко установлено, что личинки от вылупления до резорбции желтка полностью выживают при 5-7‰ (в 10‰ за 23 сут - 24% выживания). Сеголетки массой 150мг. лучше всего растут при солености 5-10‰, причем до годовиков (изученных в работе) выживаемость и кормовой коэффициент наиболее оптимальны (кормовой коэффициент равен 3, сравнительно с контролем: 5-6), при более высоком (на 10%) потреблении кислорода. В итоге была обоснована возможность выпуска молоди в солоноватые воды: сеголетков – до 10‰, годовиков – до 15‰. В ГосНИОРХе Ю.П. Бабушкин выращивал в садках в солоноватоводном оз. Липовском (соединенном с Копорской губой Финского залива) годовиков Невского лосося исходной массой 15г. в период с мая по октябрь. В результате средняя масса двухлеток в конце выращивания составила 55г. сравнительно с заводской в речной воде на Невском лососевом рыбноводном заводе – 41,6г (рис. 2).

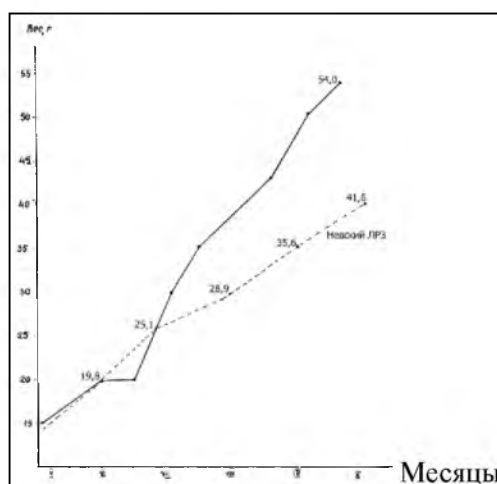


Рис. 2. Результаты садкового выращивания годовиков Невского лосося на Липовском озере, сравнительно с многолетними средними показателями на Невском лососевом рыбноводном заводе

Средний общий прирост их за период выращивания составил 40г. при кормовом коэффициенте – 8,8. Сопоставление графиков роста на рисунке 2 показывает, что прирост опытной молоди начинает резко превышать заводской с начала 2-го (июля) месяца выращивания по

достижении массы 25г. Позднее было установлено нормальное развитие лосося от оплодотворения до стадии малька в 4-5%, причем инкубация икры и выращивание личинок в этой среде достоверно повышает устойчивость организма к внешним воздействиям вплоть до смолтификации [7]. Повышается эффективность использования желтка на рост зародышей, масса которых в этой среде возрастает на 10%, при том, что рост тела зародыша и резорбция желтка – процессы независимые. В итоге на I Советско-Американской научной конференции по охране и воспроизводству Атлантического лосося была подчеркнута «необходимость разработки новых методов биотехники воспроизводства с целью использования потенциальных возможностей вида» [7].

Целью настоящей работы и является значительное повышение эффективности биотехники выращивания заводской молоди лосося путем разработки метода управления темпами роста, степенью развития и подготовленности ее к морскому образу жизни, в частности сроками наступления массовой смолтификации [5]. Основа метода заключается в дорращивании годовиков лосося (а возможно и сеголетков - в начале смолтификации, как сигнального «маркерного» состояния) в солоноватой морской воде, близкой к «критической» солености.

Выращивание молоди Атлантического лосося в производственных масштабах (более 3 тыс. шт. трехлеток) проводили в садках в солоноватой морской воде 2,5‰, близкой к критической солености на рыбоводном хозяйстве (рыбопромысловом участке) у пос. «Прибылово» в Выборгском заливе. Кормление рыбы, включая подопытные партии лосося, производили кормами «Биомар» и Гатчинского комбикормового завода при расходе кормов 1,3-1,4 кг. Опытные партии выращивали до сеголетков (0+), годовиков, (1), двухлеток (1+), двухгодовиков (2), трехлеток (2+). Условия опытов и бонитировок детально изложены в нашей статье в предыдущем номере этого журнала. В результате бонитировок были установлены основные рыбоводно-биологические характеристики роста молоди (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Характеристика межбонитировочного прироста молоди лосося, выращенной в садках Выборгского залива (рыбопромысловый участок «Прибылово»)

Срок выращивания: $\Delta t$ (сутки) между бонитировками	Начальный вес тела: $P^0$ (средний, грамм)	Конечный вес тела: $P_t$ (средний, грамм)	Прирост: (средний, грамм/сут)
172	15	160	0,84
183	160	280	0,65
305	280	700	1,38
395	740	910	1,89

Статистически обработанные усредненные данные по основным возрастным группам приведены в табл. 2.

Сравнение показателей роста и развития молоди двухлетнего и трехлетнего возраста показывает неравномерное увеличение частей тела. Так, рост молоди происходит преимущественно за счет головной части тела, поскольку максимально увеличилась длина головы – на 170%, а длина тела увеличена всего на 36%. Показатели высоты тела и, главное коэффициент упитанности молоди увеличиваются сходно и незначительно: 35-57% (табл. 3).

Средняя масса сеголетков в садках в солоноватой воде достигла 15г., годовиков - 160 г., двухлеток - 280 г., в то время как в заводских условиях она составила соответственно 11,3, 26 и 41,6 г. И, наконец, в трехлетнем возрасте средняя масса молоди, выращенной в садках, достигла практически товарной величины – 694 г. Анализ первичных материалов по степени неоднородности индивидуальных показателей молоди в пределах каждой возрастной группы показывает наибольшее разнообразие их у двухлеток. Степень разнообразия коэффициентов вариации у них достигает 23%, в то время как у трехлеток этот показатель ниже и составляет от 4,5% до 17%. Это свидетельствует о возрастном снижении интенсивности процессов развития особей. Напротив, масса тела у трехлеток увеличивается почти на 250%, что свидетельствует о преобладании процессов роста. Таким образом, развитие молоди с наступлением смолтификации (гомологичной метаморфозу) сменяется интенсивным ростом, соответствующем нагульной морской среде.

Т а б л и ц а 2. Средние величины морфометрических показателей двухлеток и трехлеток лосося по всем партиям, выращенным в садках Выборгского района

Показатели	Обозначения	Средняя величина показателей	
		Двухлетки 1+	Трехлетки 2+
Длина головы	<b>ao</b>	4,6 ± 0,19	7,4 ± 0,32
Длина рыла	<b>an</b>	1,8 ± 0,08	2,2 ± 0,17
Диаметр глаза	<b>np</b>	1,26 ± 0,10	1,3 ± 0,11
Заглазничный отдел головы	<b>po</b>	2,88 ± 0,14	4,2 ± 0,10
Высота головы	<b>lm</b>	4,0 ± 0,17	5,38 ± 0,24
Ширина лба	<b>oz</b>	2,01 ± 0,09	3,4 ± 0,19
Длина тела	<b>ab</b>	28,7 ± 3,35	39,1 ± 1,55
Длина тела без хвостового плавника	<b>ad</b>	26,2 ± 1,93	35,06 ± 1,50
Максимальная высота тела	<b>gh</b>	6,42 ± 0,31	8,7 ± 0,33
Минимальная высота тела	<b>ik</b>	2,19 ± 0,17	3,32 ± 0,26
От вершины рыла до спинного плавника	<b>ag</b>	13,1 ± 0,19	15,92 ± 0,35
От вершины рыла до анального плавника	<b>ay</b>	19,16 ± 0,28	25,01 ± 3,42
Длина основания спинного плавника	<b>qs</b>	2,74 ± 0,16	4,88 ± 0,16
Наибольшая высота спинного плавника	<b>tu</b>	2,0 ± 0,15	2,9 ± 0,21
Наибольшая высота анального плавника	<b>h</b>	1,82 ± 0,12	2,3 ± 0,14
Длина основания анального плавника	<b>l</b>	2,6 ± 0,18	2,67 ± 0,13
Масса	<b>m</b>	280 ± 20,08	694,97 ± 96,59

Т а б л и ц а 3. 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

Сравнительная динамика роста (увеличения массы) молоди лосося в садках в солоноватой воде (2,5%), в речной воде в заводских условиях (ЛРЗ) и согласно нормативам (Норм.) представлена на рис. 3.

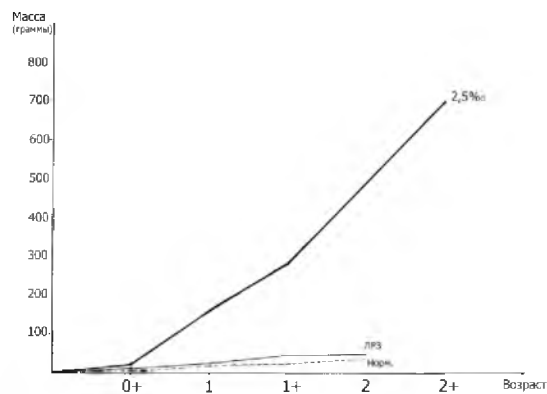


Рис. 3. График сравнительной динамики роста молоди лосося в различных условиях

Сравнение массы молоди, выращенной в солоноватой воде с заводскими и нормативными данными показывает многократное усиление темпов роста при прочих равных условиях (температуры, кормления и т.д.), особенно значительное с годовалого возраста: в 5-7 раз. Важно, что в солоноватой воде процесс смолтификации молоди имеет массовый синхронный характер и такое выращивание практически исключает появление «речных» карликовых самцов, характерных для заводской продукции.

Однако при аномальных повышениях температур (до 24°C в 2010г.) был установлен сравнительно высокий отход молоди, преимущественно из-за вибриоза (*vibrio anguillarum*). Это вполне объяснимо сравнительно низкой соленостью среды – 2,5‰, поскольку известный бактерицидный и биостимулирующий эффекты критической солености проявляется от 4‰ и выше (до 12‰). Так, уже первые опыты по длительному резервированию производителей воibly (*Rutilus rutilus caspicus*; более 350 особей) показали, что именно эта среда способствует высокой выживаемости рыб, оказывая биостимулирующее действие на организм [5]. Была установлена полная выживаемость рыб на фоне сохранения их благоприятного физиологического состояния в 5‰, при гибели всех особей в речной воде и в 3‰. Наиболее яркий эффект этой среды – сохранение высокой степени выживаемости и рыбоводного качества особей был доказан многолетними исследованиями (и производственными проверками) возможностей длительного резервирования в ней производителей осетровых и костистых рыб с получением доброкачественного потомства, что защищено авторскими свидетельствами СССР №№ 682197, 965409 и заявкой на изобретение № 2014132322/13 (052080) от 05.08.2014.

В итоге, в производственные циклы работы лососевого рыбоводного завода предлагается включить деятельность и продукцию морского садкового рыбопромыслового участка как внешнего цеха завода по эффективному дорастиванию молоди. Такая комплексная биотехника воспроизводство лосося позволит сочетать индустриальные возможности стартового речного заводского цикла выращивания и «нагульного» садкового дорастивания серебрищей заводской молоди в солоноватой воде до жизнестойких стадий развития (массой значительно более 40г) с зачетом результатов ее выпуска в продукцию рыбоводного завода. Усиление роста и выживаемости молоди путем перевода конечного заводского цикла биотехники в море возможно и 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. Это показано, например, опытами Хаслера из Лимнологического центра Висконсинского университета на сеголетках кижуча, выращенных в течение 1-го месяца в бассейнах с добавлением N-гидроксиэтилморфолина, либо в другом варианте опыта - фенетилового спирта [8, 9]. После выпуска и 18-месячного нагула в море у подопытной молоди был получен яркий эффект управляемого («облигатного») хоминга – возвращение в реки с содержанием этих растворенных химикатов (соответственно: 95 и 92% возврата в обработанные каждым препаратом «чужие» реки). Поведенческие реакции с признаками ольфакторного импринтинга были установлены также в ранние сроки у личинок осетровых -- уже в период перехода на активное питание [10]. Понятно, что для Атлантического лосося с его иногда длительным периодом речной жизни (до 5 лет) выяснение этого важного вопроса требует специальных экспериментальных исследований.

Разработка новой биотехники эффективного выращивания рыб в среде критической солености, позволяющей выявлять и использовать скрытые видовые потенции роста и выживаемости, перспективна и для решения проблемы импорт-замещения в аквакультуре [szrybvod.ru/news], особенно в форелеводстве.

#### Л и т е р а т у р а

1. **Яндовская Н.И., Казаков Р.В., Лейзерович Х.А.** Инструкция по разведению Атлантического лосося. Под ред. А.И. Левитан. МРХ РСФСР ГосНИОРХ. - Л.: ГосНИОРХ, 1979. - 96с.
2. **Stefansson S.O., Vjörnsson 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.
3. **Христофоров О.Л., Мурза И.Г.** Значение заводского разведения для сохранения Невской популяции лосося: матер. XV Международного экологического форума «День Балтийского моря», 2014. - С. 112-113.
4. **Михайленко В.Г., Гарлов П.Е., Шведов В.П.** «Оценка эффективности искусственного воспроизводства рыб (лосось, семга, паля, сиг, ряпушка) в Лен. Обл. и Карелии и разработка плана мероприятий по ее повышению»: Отчет НИР ГосНИОРХ. - СПб, 2008.- 36с.
5. **Гарлов П.Е.** Биотехника управления размножением рыб. ФАР ФГБНУ «ГосНИОРХ». СПб, 2011. - 95с.
6. **Хлебович В.В.** Критическая соленость биологических процессов. - Л.: Наука, 1974.
7. **Куфтина Н.Д., Новиков Г.Г.** О новом в биотехнологии искусственного воспроизводства лососей рода //Salmo. Сб. «I Советско-Американская Научная конференция по охране и воспроизводству Атлантического лосося»: Тезисы докладов.- М., 1988. - С 30-32.
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. **Хаслер (Hasler A.D.).** Восстановление запаса лосося в реке Амур. Сборник материалов I Советско-Американской научной конференции по охране и воспроизводству Атлантического лосося: Тезисы докладов. - М.: Союз охотн., рыбол., Амер. ассоциация "Trout Unlimited", 1988. - С. 45-47.
10. **Boiko N.E.** Hexachloran and oil contaminations alters memorisation of odors in sturgeon, *Acipenser gildenstädtii* Brandt. // J. Environmental Protection and Ecology. - 2003.- Vol. 4.- №1.- P.134-140.