

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного
рыбоводства - ФГБНУ ВНИИР**

**«Государственно-кооперативное объединение рыбного хозяйства
(Росрыбхоз)»**

ЗАО "Международный выставочный комплекс ВДНХ"

АКВАКУЛЬТУРА СЕГОДНЯ

**Доклады Всероссийской научно-практической конференции
4 февраля 2015 г.**



**Москва
2015**

6. Elliott J.M, Elliott J.A. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *J Fish Biol.* 2010 Nov;77(8):1793-817.

7. Доклад Коллегии Федерального Агентства по рыболовству. Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2008 году и задачи на 2009 год (20 марта 2009 г.). СПб.: Федеральное агентство по рыболовству. 2009. 91с.

8. Kircheis D., Liebich T. Habitat requirements and management considerations for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Gulf of Maine Distinct Population Segment. Critical habitat source-2007. (GOM DPS). 2007. 137p.

9. Гарлов П.Е., Кузнецов Ю.К., Федоров К.Е. Искусственное воспроизводство рыб. Управление размножением. Учебное пособие (СПбГАУ, СПбГУ, ФГБНУ «ГОСНИОРХ»). СПб.: «Лань», 2014. 256с.

10. Pankhurst NW, King HR. Temperature and salmonid reproduction: implications for aquaculture. *J Fish Biol.* 2010 Jan;76(1):69-85.

УДК 577.4:591.524.12

**СОСТОЯНИЕ БИОТЕХНИКИ ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА
АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ**

Гарлов П.Е., Титаренко К.А., Янбухтин Д.А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования «Санкт-
Петербургский государственный аграрный университет,
email: garlov@mail.ru*

**BIOENGINEERING PLANT REPRODUCTION OF ATLANTIC SALMON IN
THE NORTHWEST**

Garlov P.E., Titarenko K.A., Yanbukhtin D.A.

***Резюме.** В статье обсуждается состояние биотехники и результаты заводского воспроизводства популяций Атлантического лосося в Северо-Западном регионе. Анализ содержания последней инструкции по разведению Атлантического лосося 1979 года показывает, что она устарела. Обоснована необходимость разработать новую инструкцию по заводскому воспроизводству Атлантического лосося с полным описанием всех этапов современной биотехники его воспроизводства*

***Ключевые слова:** искусственное воспроизводство популяций рыб, Атлантический лосось, биотехника заводского воспроизводства лосося*

Summary. *The State of biotechnology and plant breeding populations of Atlantic salmon in the Northwest region is discussed. Analysis of content of the last instruction for Atlantic salmon breeding of 1979 indicates that it is out of date. The necessity to develop a new statement on factory reproduction of Atlantic salmon and fully describe all phases of modern bio-technique of its reproduction*

Key words: *artificial reproduction of fish populations, Atlantic salmon, salmon reproduction factory tech*

В Северо-Западном регионе численность популяций лосося сильно сократилась и поддерживается преимущественно за счет заводского воспроизводства в реках Нарова, Луга, Нева и Свирь [Христофоров, Мурза, 2003; 2014]. При этом эффективность искусственного заводского воспроизводства лососевых рыб здесь существенно отстает от южных и восточных регионов. Например, около 50% промысловых запасов тихоокеанских лососей обеспечивается за счет искусственного воспроизводства на 20 лососевых рыболовных заводах Дальнего Востока. Промысловый возврат их в Сахалино-Курильском регионе составляет по горбуше и кете, соответственно, от 25 до 95%. Естественное воспроизводство Балтийской популяции атлантического лосося на большинстве рек Северо-Запада прекратилось, а коэффициент промвозврата от заводского воспроизводства не превышает 3%. Столь невысокую эффективность искусственного воспроизводства здесь принято объяснять низкой технической оснащенностью заводов, биотехническими трудностями и поэтому проблема совершенствования биотехники воспроизводства весьма актуальна.

Ранее, до 10 тыс. шт. лосося в год вылавливали: в Неве - до начала XIX в., в Луге - до начала XX в, в Нарове - до 40-х гг.

В Нарове после резкого сокращения уловов почти до нуля к концу 50-х гг. и ввода в эксплуатацию Нарвского рыболовного завода (в 1957г.) численность лосося постепенно возрастала, варьируя в пределах 300 – 1500 шт с 90-х гг и по настоящее время.

В Луге после такого же сокращения уловов к концу 60-х гг. численность производителей снизилась до 50 – 100 шт. к началу 90-х гг. После ввода в эксплуатацию Лужского рыболовного завода (в 1989г.) и создания собственного ремонтно-маточного стада, обеспечивающего бесперебойную работу завода, численность промысловой части стада лосося к настоящему времени возросла почти до исходных показателей.

В реку Свирь Ладожский лосось заходил до 20-30-х гг. в количестве более 10 тыс. производителей. К 40-50 гг. численность его Свирской популяции сократилась до 500 – 1000 шт и к настоящему времени она не превышает 200

шт. Поэтому Свирский рыболовный завод, введенный в эксплуатацию в 1933г., испытывает постоянный недостаток в производителях.

В Неве вскоре после начала работы Невского рыболовного завода в 1921 г. максимальные уловы лосося достигали 3 тыс. шт. (1930-1934 гг.). Однако к 90-м гг. в связи с ухудшением экологической обстановки и интенсивным выловом произошло сокращение запасов лосося в Балтийском море и численность его в Неве резко снизилась до 200 – 400 шт. Только после завершения реконструкции завода (в 1999г.) и введения запрета на промысел, количество производителей заготавливаемых для воспроизводства увеличилось (Рис. 1). Невский рыболовный завод занимает особое положение среди рыболовных заводов области, поскольку находится на территории мегаполиса и имеет соответствующие нагрузки и возможности. Поэтому, наряду с характеристикой региональных особенностей биотехники, оценка ее состояния на этом заводе и перспектив развития представляет особый интерес (Гарлов, Бугримов, 2011; Христофоров, Мурза, 2014). Предполагается, что с учетом вылова в море, численность промысловой части стада Невского лосося также может достигать 1-1,5 тыс. шт.

Анализ результатов работы с производителями позволил установить динамику заготовки, использования и оценить рыболовное качество производителей (включая размерно-весовые показатели, коэффициент упитанности), в т.ч. и по качеству потомства (Рис. 1 а, б).

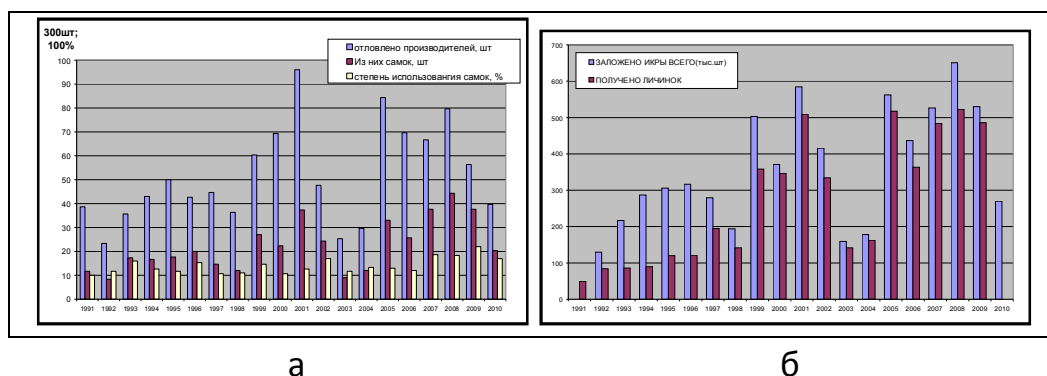


Рисунок 1 - а. Соотношение показателей заготовки производителей, включая самок (шт.) и степени их рыболовного использования (%) на Невском рыболовном заводе. б. Результаты закладки икры и выклева личинок на Невском лососевом рыболовном заводе

Ухудшение этих показателей в последние годы, сходное с наблюдавшимся в 1992-1998гг. в результате нерегулируемого промысла и разрушения нерестилищ, связано, по-видимому, и с резкими нарушениями гидрологических условий в результате температурных аномалий, вызвавшими

миграционные сдвиги. Условия заготовки производителей и их частая нехватка, особенно в северных регионах, делают необходимым формирование и содержание ремонтно-маточных стад, что освобождает рыбоводные заводы от промышленной зависимости, а нерестилища от промышленной нагрузки [Гарлов и др., 2014]. Необходимость разработки такой биотехники, т.е. переход на полносистемный цикл графика работы заводов, подчеркнута еще в Федеральной программе «Аквакультура России в период до 2005г.» и на Коллегии Федерального Агентства по Рыболовству в 2009г. Однако положительный опыт создания маточного стада лосося получен только на Лужском рыбоводном заводе.

Анализ производственных материалов по результатам закладки и инкубации икры показывает, что качество половых продуктов, процент оплодотворения, особенности эмбриогенеза и динамика отхода икры за периоды инкубации и выклева значительно варьируют. Если общий процент выклева до конца 90-х гг не превышал 50%, то с 2000 г. он заметно возрастал и достигает к настоящему времени 80-90%. Динамика отхода при переводе личинок на смешанное питание соответствует промышленным нормативам. Однако, к настоящему времени выживаемость от икры до двухгодовиков, рекомендованных в последней инструкции [Яндовская и др., 1979] составила по нормативам 1978 г. – 40 %, 1991 г. – 35 % и порядка 20% к настоящему времени. Поэтому необходимо усовершенствовать биотехнику заводского воспроизводства атлантического лосося и разработать новую современную инструкцию по воспроизводству с учетом мирового опыта и с описанием, наконец, биотехники выпуска молоди в водоем [Инструкция..., 1995].

Анализ рыбоводно-биологических показателей выращивания сеголеток, годовиков, двухлеток и двухгодовиков позволяет установить, что наибольшей выживаемостью обладают двухгодовики массой более 20 г. (до 40), прошедшие стадию смолтификации [1, 4, 5]. Объемы выпуска разновозрастной заводской молоди Атлантического лосося за ряд лет приведены на рисунке 2.

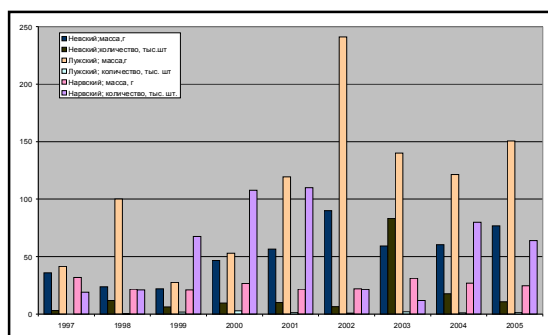


Рисунок 2 - Сравнительные показатели объема выпуска молоди Балтийской популяции лосося рыбоводными заводами

Сравнительная оценка условных показателей эффективности воспроизводства (отношение величины современного улова к максимально известному) лососевых в водоемах Северо-Запада показывает, что только сочетание высокой навески (39г) и большого количества посадочного материала (156 тыс. шт.) обеспечивают высокую эффективность (Рис. 3).

Однако современная заводская биотехника выращивания годовиков лосося средней навеской 26г не дает необходимой степени выживаемости и, соответственно, эффекта промвозврата. При этом в сравнительном плане напомним, что 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 осетроводства. Для заводского осетроводства производителей заготавливают в низовьях рек на местах промысла, при полном запрете лова на нерестилищах. Напротив, подавляющее большинство лососевых рыбодных заводов страны располагается на акватории низовых нерестилищ, непосредственно откуда и изымает зрелых производителей.

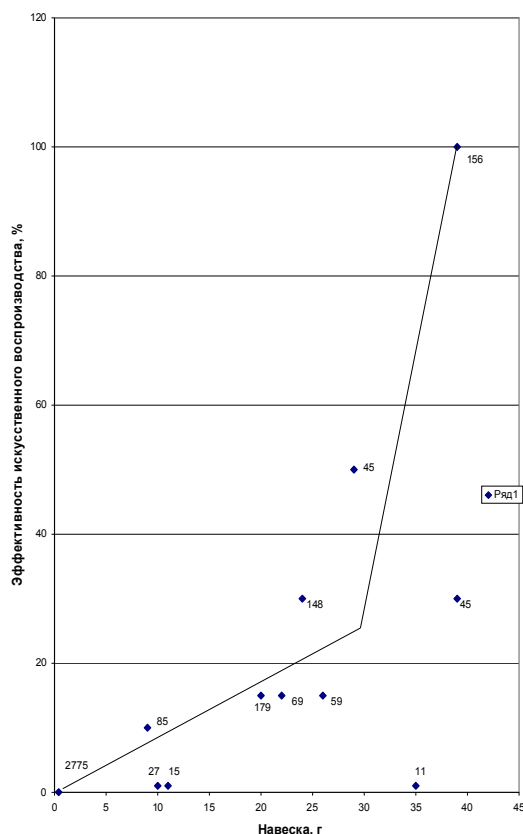
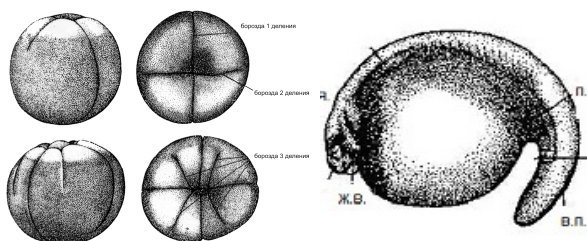


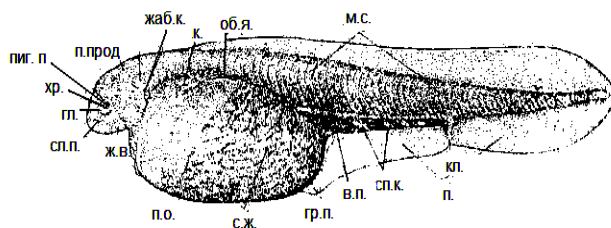
Рисунок 3 - Зависимость эффективности искусственного воспроизводства лососевых рыб от навески (числа возле точек на графике – количество посадочного материала, тыс. шт.; по: Отчет ГОСНИОРХ о НИР, 2008. 35с.)

И, наконец, уровень и перспективы развития видоспецифической биотехники воспроизводства полностью зависят от качества разработки ее фундаментальной биологической основы, которая должна быть завершена современными производственными инструкциями [Гарлов и др., 2014]. Так, биотехника современного осетроводства в значительной степени основана на фундаментальных теоретических разработках этапности развития раннего онтогенеза осетровых рыб [Детлаф, Гинзбург, Шмальгаузен, 1981; Мильштейн, 1982]. На рисунке 4 показаны некоторые важнейшие стадии эмбрионального и личиночного развития осетровых, связанные со сменой экологической обстановки.

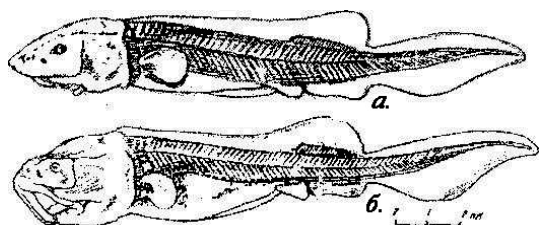


Эмбрионы на стадии второго и третьего делений

Стадия 29 - изгиб сердечной трубки, пульсация сердца

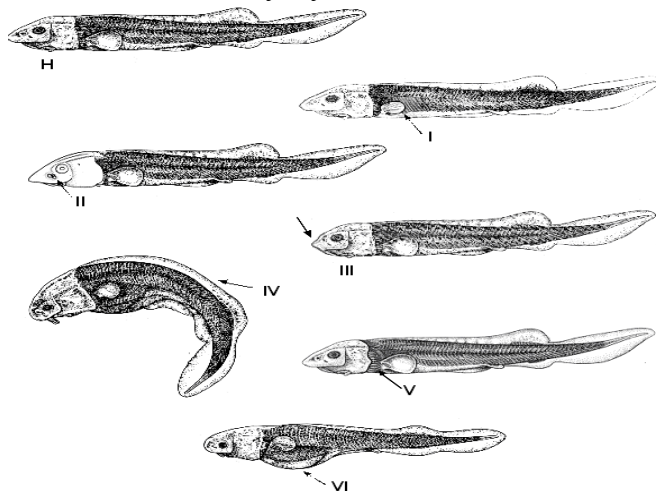


Стадия 36 – массовое вылупление, В глазу четкое пигментное пятно. Внизу головы - ротовое углубление



Стадия 45 - переход личинок на активное питание

- а. Осетр
- б. Белуга



Типы характерных морфологических аномалий личинок осетровых (Н - норма; стрелки указывают на аномалии: I - грудных плавников; II - обонятельных органов; III - формы головы; IV - формы тела; V - жаберных крышек; VI - пищеварительной системы)

Рисунок 4 - (по: Детлаф и др., 1981)

В этих работах, начиная с графического анализа условий созревания производителей после инъекций, четко представлены последовательные стандарты заводской продукции на всех этапах биотехники. Установлена

жесткая зависимость развития личинок и молоди от биотехнологических условий (прежде всего температурного и газового режимов, кормления), оптимальных и допустимых. По большинству этапов развития сопоставлены норма и патология, результаты исследований изложены в книгах, производственных инструкциях, вошли в учебники и широко используются в производстве [Мильштейн, 1982; Пономарев, Иванов, 2013].

Аналогичное фундаментальное исследование зародышевого и личиночного развития атлантического лосося было начато эмбриологом ЛГУ Ю.Н. Городиловым [Городилов, 1993, 1998]. Некоторые важнейшие этапы эмбрионального и личиночного развития лосося показаны на рисунке 5.

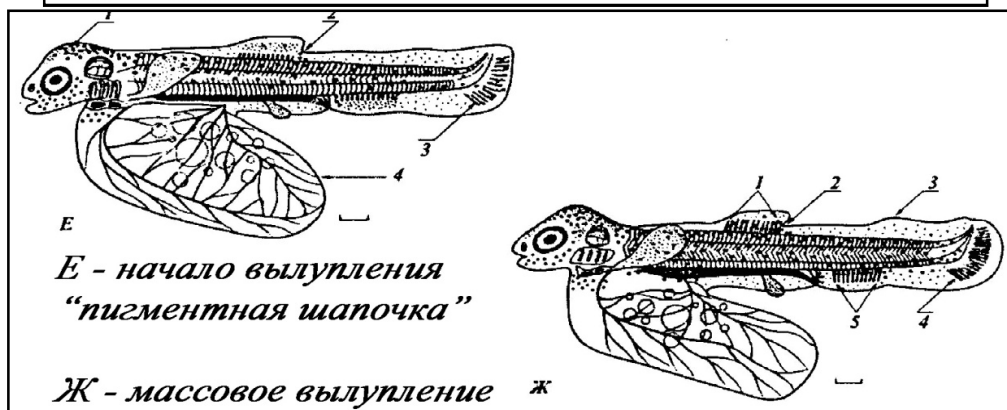
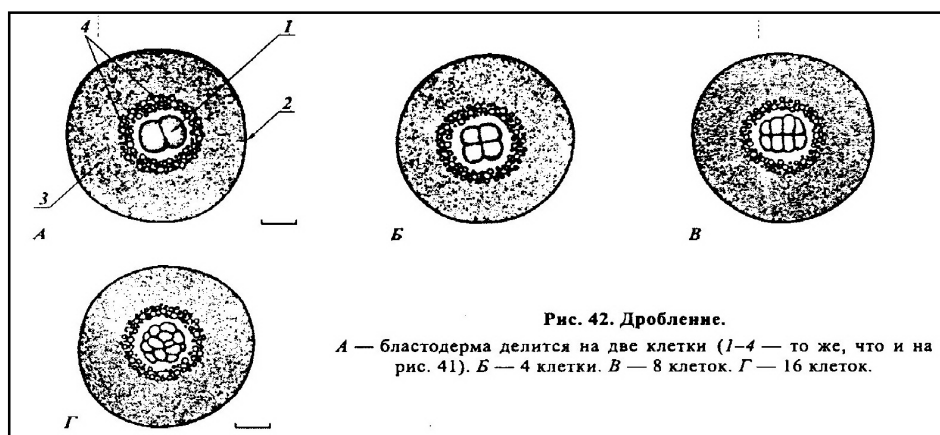


Рисунок 5 - (по: Городилов, 1998)

В этих работах развитие личинок прослежено только до стадии пигментирования всего тела, редукции желточного мешка и полного перехода их на активное питание (Рис. 5 в). Продолжительность дальнейшего развития молоди до стадии смолтификации, конечной для заводского выращивания, составляет как минимум летне-осенний сезоны выращивания.

При этом тщательно выполненное детальное описание 50 ступеней развития (в эмбриональном периоде – 33 стадии) связывается здесь только со скоростью сомитогенеза - закладки одной пары сомитов в период сегментации осевой мезодермы. Работа завершается уравнением (параболической) температурозависимости этого процесса, причем автор допускает экстраполяцию выведенного логарифмического уравнения для описания температурозависимости эмбриогенеза рыб в целом [Городилов, 1998]. С этапностью онтогенеза, сменой требований организма к экологическим условиям и, соответственно с этапами биотехники эти процессы не связываются. В более раннем исследовании автор постулирует оптимальные температуры для зародышей лосося: 5 - 6°C, допустимые для нормального развития: 0,5 - 11,0°C, хотя и признает, что нерест и эмбриогенез лосося в природе происходит при 5°C и ниже [Городилов, 1983]. В последней «Инструкции по разведению атлантического лосося» указано даже на необходимость регулирования температуры воды на рыбоводных заводах, поскольку в условиях теплой весны гибель свободных зародышей и личинок всегда ниже [Яндовская и др., 1979: стр. 19]. Однако указывается, что при раннем вылуплении внешне нормальных зародышей в феврале-марте (задолго до весеннего потепления) наблюдается повышенная, а иногда массовая гибель личинок. При этом нормальные соотношения между массами зародыша и желточного мешка могут нарушаться. Терморегуляцией (1-15°C) рекомендуется сокращать эмбрионально-личиночный период (инкубации) и удлинять вегетационный период в течение первого лета жизни лосося, что «обеспечивает устойчиво высокую выживаемость молоди, главным образом в течение первого года выращивания и дает возможность более точно планировать количество выращенных сооружений и расход кормов» [Там же: стр. 23]. При этом, естественно, упрощается возможность в течение одного года заводского выращивания акселерировать развитие молоди до стадии смолтификации [Черницкий и др., 1981].

Сравнительному анализу смолтификации лосося и кумжи в природных и заводских условиях посвящены работы А.Г. Черницкого [Черницкий и др., 1981; Черницкий, Лоенко, 1990]. Смолтификация рассматривается здесь как сложный комплекс морфо-физиологических и поведенческих перестроек, направленных на повышение выживаемости смолтов при переходе в морскую

среду. Показано, что еще в реке у них происходит формирование механизмов гипоосмотической «морской» осморегуляции и расширение адаптивных возможностей в целом. Однако низкую выживаемость выпущенной заводской двухгодовалой молодежи (0,1%, Кандалакшский лососевый завод) автор объясняет массовой гибелью в реке от хищников (82%) и далее в море (17,9%) из-за нарушений осморегуляции при низких температурах. Для снижения гибели смолтов автор рекомендует метод адаптации их к соленой воде (путем управления температурой и соленостью) и постулирует необходимость разработки биотехники выпуска молодежи для каждого конкретного завода. Заводская молодежь, мигрирующая в море после зимовки в реке и прожившая в реке 1-2 года после выпуска (период преадаптации) показывает наибольший промысловый возврат. Ее выживание в северном регионе от выпуска до возврата составляет 0.02-0.43%, при этом выживание в море - 0.09-2.16%, а отход в речной период - 32-93%.

Согласно нашим представлениям популяция - это единое целое и существующая единая система адаптаций "река-море" проявляется в скате молодежи, в сезонной динамике и возрастной структуре покатников, что связано с кормовой базой мест нагула и ее плавным и полным использованием разносезонной и разновозрастной молодью [Гарлов, 2011]. Искусственный сдвиг этих соотношений и, прежде всего, неадекватное природе (см. биогенетический и системогенетический законы) ускорение темпов эмбриогенеза, роста личинок, скороспелости, сокращение жизненного цикла, может привести к нарушению и популяционного гомеостаза. Результаты таких воздействий могут быть особенно необратимы на ранних этапах онтогенеза, возможно и до этапа смолтификации лососевых, а проявляться могут до конца жизненного цикла. Действительно, в основе большинства методов экологических воздействий, используемых в рыбоводстве, заложен принцип эколого-физиологической адекватности нормам естественного развития, при котором степень воздействия (чаще всего температурного) ограничивается пределами физиологической нормы для данного вида либо экологической нормы для данной популяционной субъединицы (Голованов, 2013). Физиологически мягкие по степени воздействия, например, температурные, соленостные, световые либо иные, вызывающие необходимые физиологические сдвиги, адекватные естественным при оптимальных условиях среды, рекомендованы нами при резервации производителей (авт. свид. СССР № 147863, 682197, 965409) и стимуляции их созревания (авт. свид. СССР № 719571). Наоборот, нарушение температурных режимов инкубации приводит к эмбриональным нарушениям и уродствам либо к последующим изменениям скорости органогенеза и темпов развития в целом. Это доказано исследованиями школ И.И. Шмальгаузена, В.В. Васнецова, Г.И. Никольского,

Н.И. Драгомирова, Д.С. Павлова, Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург и др., выполненными с начала 50-х гг. и до конца XX в. Именно по этим причинам в 70-х гг. отказались от ускорения сроков инкубации икры белорыбицы после экспериментов на осетрово-белорыбьих заводах Нижней Волги, а вопрос о возможности искусственной стабилизации температур при инкубации икры, например, осетровых уже давно не обсуждается [Гарлов, 2011; Голованов, 2013].

Таким образом до настоящего времени на Атлантическом лососе не проведено единого законченного – полносистемного фундаментального исследования, охватывающего весь ранний онтогенез от начала развития организма до смолтификации молоди. «Инструкция по разведению Атлантического лосося» 1979 г. не содержит биотехники создания и эксплуатации ремонтно-маточных стад и конечного выпуска молоди. В ней нет современной биотехники интенсивного выращивания годовалой молоди. Рекомендованную инкубацию икры при повышенных температурах для ускорения эмбриогенеза мы считаем эмбриопатогенной и, поэтому, недопустимой. На основании всего вышеизложенного мы считаем необходимым составление новой Инструкции по заводскому воспроизводству Атлантического лосося с полным описанием всех этапов современной биотехники.

Литература

1. Гарлов П.Е. Биотехника управления размножением рыб. (ФАР ФГБНУ «ГосНИОРХ»). СПб, 2011. 95с.
2. Гарлов П.Е., Бугримов Б.С. «Инновационные аспекты биотехники заводского воспроизводства популяций рыб» // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2011. № 7. С. 28-35.
3. П.Е. Гарлов, Б.С. Бугримов, Д.К. Дирин. К состоянию искусственного воспроизводства и сохранению биоразнообразия ценных видов проходных рыб. Современное состояние биоресурсов внутренних вод. Материалы докладов II Всероссийской конференции с международным участием. 6–9 ноября 2014 г., Борок, Россия. М.: ПОЛИГРАФ- ПЛЮС, 2014. Том 1. С. 125-132.
4. П.Е. Гарлов, Ю.К. Кузнецов, К.Е. Федоров. Искусственное воспроизводство рыб. Управление размножением. Учебное пособие (СПбГАУ, СПбГУ, ФГБНУ «ГОСНИОРХ»). СПб.: «Лань», 2014. 256с.
5. Голованов В.К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. М.: Полиграф-Плюс, 2013. 300с.

6. Городилов Ю.Н. Стадии эмбрионального развития Атлантического лосося *Salmo salar* L. Сборник научных трудов ГосНИОРХ НПО «Промрыбвод». 1983, вып. 200. с. 107-126.
7. Городилов Ю.Н. Зародышевое и личиночное развитие атлантического лосося. В кн.: «Атлантический лосось». (ГосНИОРХ. Под ред. проф. Р.В. Казакова). СПб.: Наука. 1998. С. 142-158.
8. Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. Развитие осетровых рыб (созревание яиц, оплодотворение, развитие зародышей и предличинок). – М.: Наука, 1981. 234с.
9. Доклад Коллегии Федерального Агентства по рыболовству. Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2007 году и задачи на 2009 год (20 марта 2009 г.). СПб.: Федеральное агентство по рыболовству. 2009. 91с.
10. Инструкция о порядке учета рыболовной продукции, выпускаемой организациями Российской Федерации в естественные водоемы и водохранилища. Федеральное Агентство по Рыболовству. 1995. 49с.
11. Мильштейн В.В. Осетроводство. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 151 с.
12. Пономарев С.В., Иванов Д.И. Осетроводство на интенсивной основе. СПб.: Лань, 2013. 351 с.
13. Христофоров О.Л., Мурза И.Г. Состояние популяций и воспроизводство атлантического лосося в Российском секторе Балтийского моря // Атлантический лосось: биология, охрана и воспроизводство. Петрозаводск. КНЦ РАН Институт Биологии. 2003. С. 165-174.
14. Христофоров О.Л., Мурза И.Г. Значение заводского разведения для сохранения невской популяции лосося. Сборник материалов XV Международного экологического форума «День Балтийского моря». 2014. С. 112-113.
15. Черницкий А.Г., Бакштанский Э.Л., Нестеров В.Д. Рекомендации по выпуску молоди атлантического лосося и кумжи. М.: ВНИРО, 1981. 29с.
16. Черницкий А.Г., Лоенко А.А. Биология заводской молоди семги после выпуска в реку. Апатиты: Кольский научный центр АН СССР, 1990. 120с.
17. Яндовская Н.И., Казаков Р.В., Лейзерович Х.А. Инструкция по разведению Атлантического лосося. (под. ред. А.И. Левитан). Л.: ГосНИОРХ. 1979. 96с.