

ИСКУССТВЕННАЯ ИНКУБАЦИЯ ИКРЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*Salmo salar* L.) В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**А. Е. ВЕСЕЛОВ¹, Л. В. АЛИКОВ², М. А. СКОРОБОГАТОВ³, А. В. ЗУБЧЕНКО⁴,
С. М. КАЛЮЖИН², Ю. А. ШУСТОВ¹, А. Г. ПОТУТКИН⁴**

¹*Институт биологии Карельского научного центра РАН*

²*Варзугский научно-исследовательский центр полярных экосистем*

³*Тверской государственный политехнический университет*

⁴*Полярный научно-исследовательский Институт морского рыбного хозяйства и океанографии*

Разработана и апробирована новая конструкция искусственного гнезда, в котором в речных условиях инкубируется оплодотворенная икра и развиваются личинки атлантического лосося. Испытания, проведенные в реке Индера (Кольский п-ов) в 2007 г. Показана возможность использования таких гнезд для интенсивного заселения пустующих порогов и перекатов лососевых рек. Эффективность выклева и выхода личинок, рассчитанная по соотношению заложенной и погибшей в гнездах икры, составила 81-97%.

A. Ye. VESELOV, L. V. ALIKOV, M. A. SKOROBOGATOV, A. V. ZUBCHENKO, S. M. KALIUZHIN, Yu. A. SHUSTOV, A. G. POTUTKIN. ARTIFICIAL INCUBATION OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.) EGGS UNDER NATURAL CONDITIONS

There has been developed and approved new design for the artificial redd aimed for the incubation of fertilized eggs and development of larvae of *Atlantic salmon* under river conditions. A trial conducted in the River Indera (Kola Peninsula) in 2007 has shown that such artificial redds can be used for the intensive population of vacant rapids and rifts in salmon rivers. The efficiency of hatching and fry emergence calculated as a ratio between laid and lost eggs was 81-97%.

Известно, что при естественном нересте атлантического лосося из-за «неудобного» рельефа, плотного или крупного грунта, а также по причине вымывания потоком происходит до 20-30% потерь икры. Различными исследователями показано, что в одном гнезде нерестового бугра может находиться от одной сотни до тысячи развивающихся эмбрионов. Следовательно, при порционном нересте, который чаще всего и наблюдается, одна самка может построить два-три нерестовых гнезда, заложив в них от трех сотен до трех тысяч икринок (Новиков, 1948, 1949). Этот результат, как нами было ранее показано (Лупандин и др., 2005) существенно ниже средней плодовитости самки, которая составляет 6-7 тыс. икринок. Кроме того, по

нашим данным, полученным при раскопках естественных бугров, гибель 15-22% икры происходит и в течение всего периода инкубации. Например, икра погибает если не оплодотворена, повреждена грунтом при постройке самкой гнезда, при недостаточном кислородном обеспечении по причине слабого подруслового потока, от поражения грибковыми и вирусными заболеваниями, а также в переходные периоды ледостава и ледохода при механической подвижке грунта. Поэтому в среднем до стадии личинки развивается 48-65% эмбрионов от заложенной самкой икры, а при подсчете будет еще меньше. Все это свидетельствует о весьма низкой эффективности естественного нереста.

Наибольшая гибель личинок — до 50-60% происходит при их расселении из естественных нерестовых гнезд и во время зимовки, т.е. на первом году жизни. Так, при активно-пассивном сносе потоком часть личинок попадает в мало-пригодные для обитания микробиотопы, где недостаточна скорость течения для транспортировки кормовых объектов дрейфа беспозвоночных. В результате энергетические траты на их поиск становятся невосполнимыми. Другая их часть выедается хищниками — хариусом, налимом, в некоторых случаях окунем. В целом от икры до смолта в различных по гидрологическим условиям реках Кольского полуострова выживаемость составляет в среднем от 0,35 до 1,05% (Азбелев, 1960; Яковенко, 1976). В лучшем случае до стадии смолта доживает не более 10-13% вышедшей из бугра молоди (Никифоров, 1959; Гринюк, 1971).

В условиях усиливающегося антропогенного воздействия на нерестовые реки одним из альтернативных способов поддержания численности стад лососевых является искусственное воспроизводство на рыбоводных заводах. В этом случае доля оплодотворенной икры достигает почти 98-99%, а выращиваемая в искусственных емкостях до различных возрастных групп молодь затем в больших количествах выпускается в реки. На Европейском Севере России в настоящее время действует 10 рыбоводных заводов, выпускающих свою продукцию в 50 с лишним нерестовых рек (Ихтиофауна малых рек..., 2005). Вместе с тем заводской способ воспроизводства по ряду причин также остается малоэффективным, т.к. выращиваемая молодь слабо приспособлена к естественным условиям интенсивного потока, не имеет навыков охоты за живыми кормовыми объектами и активно выедается хищниками. Недостатки заводского воспроизводства заключаются и в том, что искусственно выращенная молодь по ряду физиологических показателей и сформировавшемуся поведению отличается от дикой. При выпуске в реку эта молодь менее жизнестойка, не проявляет территориального поведения, в затишных участках рек в значительных количествах поедается щукой и окунем. Кроме того, как показано многими исследователями, заводская технология воспроизводства лосося нарушает естественную структуру популяций, что отрицательно сказывается на восстановлении численности стад рыб (Алтухов, 2003). Например, сокращается количество ходовых групп, меняется соотношение самцов и самок, уменьшаются размерно-весовые показатели и многое другое (Зубченко и др., 2007). Немалую долю критики составляет и затратная сторона содержания инфраструктуры рыбоводных заводов. Конкретные

успехи заводского воспроизводства связаны лишь с отдельными реками. Так, на р. Шуе (бассейн Онежского озера) стадо поддерживается на 70% искусственно (Щуров и др., 2000), такая же доля наблюдается и в р. Умба (Кольский полуостров) (Зубченко и др., 2007).

Как ранее было установлено, эффективность заводского воспроизводства зависит от возраста выпускаемой в реки молоди лосося, повышаясь от личинок к смолтам. Например, при выпуске с завода сеголеток возврат составляет всего 0,1-0,2%, двухлетками — около 2%, а смолтами — 3-10% (Казаков, 1982). По данным В. А. Carlin (1955, 1960), возврат от диких смолтов может достигать 13,9%, в то время как от выращенных в искусственных условиях он не превышает 7,3-11,6 %.

Впервые инкубацию икры кумжи (*Salmo trutta*) в грунте осуществил в 1905-1906 гг. В. Гейн (Тихий, 1925), показав преимущества нового метода выращивания личинок в слое гальки по сравнению с заводским разведением. Затем Дж. Бабкок (Babcock, 1911) продолжил подобные опыты по инкубации икры в грунте, установив, что таким путем можно получить здоровую и более жизнестойкую молодь лосося, которая выгодно отличается от выращиваемой на рыбоводных заводах. На Дальнем Востоке И. И. Кузнецов (1923) проводил также эксперименты по закапыванию оплодотворенной икры кеты (*Oncorhynchus keta*) в грунт. Он подтвердил преимущества этого метода над заводским воспроизводством в части получения жизнестойкой молоди. Вместе с тем трудоемкость работ по закапыванию икры в грунт, по мнению М. И. Тихого (1925), оставалась главным препятствием в расширении географии опытов.

На Кольском полуострове в начале 70-х гг. прошлого века И. Н. Гринюк (1974) предложил для повышения эффективности естественного воспроизводства атлантического лосося производить закладку икры в грунт с помощью лопатки с крышкой. Посадки икры были проведены на р. Порья, но результаты остались неизвестными, т.к. предварительно не регистрировалось количество дикой молоди на участке и отсутствовало водолазное оборудование.

Очевидно, что исследователи и рыбоводы заинтересованы в разработке эффективного метода инкубации икры лососевых рыб в естественных условиях. Однако его осуществлению прежде всего препятствовали заиление искусственных конструкций в реке и последующая гибель икры.

В связи с этим цель настоящей работы состояла в разработке и апробации в речных условиях новой конструкции искусственного гнезда-инкубатора лососевой икры и в целом осно-

ванной на этом технологии интенсивного восстановления численности стад. Эти работы продолжают начатую нами с 2003 г. отработку методов искусственного воспроизводства лосося в естественных условиях. Суть метода заключается в загрузке оплодотворенной икры в специальные пластиковые контейнеры и размещение их на дне порогов или перекатов рек. Базисные положения предлагаемой технологии искусственного воспроизводства лосося в естественных условиях запатентованы (Патенты № 38532, 46626). Методом предусматриваются: отлов и выдерживание производителей; взятие половых продуктов и оплодотворение икры; укладка икры в искусственные гнезда-инкубаторы; размещение этих гнезд на участках реки, где гидравлические условия позволяют обеспечить нормальное развитие икры. Далее происходит выклев личинок и их развитие внутри гнезда до момента рассасывания желточного мешка и перехода к экзогенному питанию. Затем они покидают гнезда-инкубаторы, и дальнейшая их жизнь протекает в речных условиях.

Конструкция новых гнезд-инкубаторов

В качестве корпуса гнезда-инкубатора нами использованы малогабаритные пластиковые контейнеры (гнезда) с закругленными краями, дно которых укреплялось внутри при помощи саморезов (рис. 1).

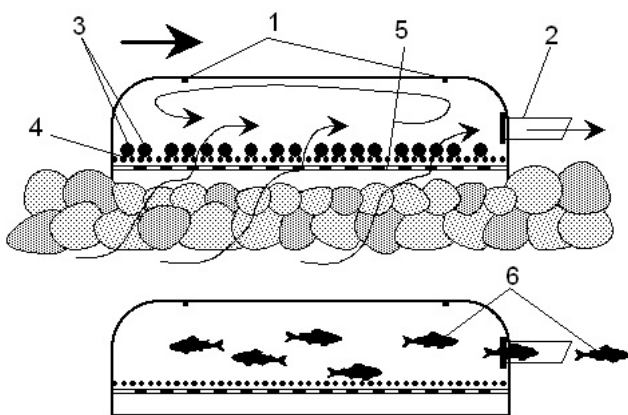


Рис. 1. Схема конструкции искусственного гнезда-инкубатора

1 – воздушные отверстия, 2 – выходной патрубок, 3 – икра, 4 – сетка-субстрат, 5 – перфорированное дно, 6 – выход личинок. Стрелки – направление потока

На испытании находились два типа дна: гладкое без субстрата и с субстратом (дель 5x5 мм). В дне были проделаны 9-12 отверстий, диаметром 2-3 мм. С верхней стороны корпуса просверлены 2 отверстия (1 мм) для выхода скапливающегося воздуха. В качестве груза для

каждого контейнера использованы гвозди 200 мм, что способствовало придавливанию ко дну всей конструкции. Гнезда не тонирировались краской, как на аналогичных испытаниях, выполненных в р. Лососинке (20.III – 28.V. 2007.), т.к. на стадии развития «глазок» на эмбрион освещение не оказывает летального воздействия. Кроме того, на р. Индере нет необходимости скрывать гнезда от вандалов. Для выхода личинок наружу в каждом контейнере с разворотом против течения закреплен патрубок с диаметром выходного отверстия 7 мм. Это позволило при погружении на дно избежать потери икры через патрубок, как это было при испытаниях на р. Лососинке, где диаметр патрубка составлял 15 мм. При постановке гнезд на дно в р. Индере отверстия патрубков были заклеены делью 5x5 мм, что сделано с целью точного учета выклюнувшихся личинок, а также потому, что использовалась икра, полученная от популяции р. Умбы и выпуск таких личинок в р. Индере был не желателен.

Установка и снятие гнезд-инкубаторов

Перевозка икры, инкубируемой на Умбском рыбозаводе, производилась во влажной марле и коробке-термосе и заняла 5 ч. Отход не зарегистрирован. Визуально эмбрионы находились в хорошем состоянии, цвет — ярко-красный. В разобранные гнезда наливалась вода из реки и при помощи мягкой кисточки загружалась икра: от 100 до 150 икринок. Гнезда в перевернутом состоянии закрывались дном с закрепленной на нем сеткой-субстратом (5x5 мм) и закручивались саморезами. Затем на них устанавливались грузы (гвозди 200 мм) (рис. 2).

В связи с тем что считать количество икры, закладываемое в гнездо-инкубатор проблематично (обветривается, излишне испытывает механическое воздействие), ее фотографировали загруженной в конструкции перед закрытием крышек, а подсчет проводили в лабораторных условиях на изображении.

Установку гнезд осуществляли методом плотной «посадки» в небольшие майны (2x3 м), прорубленные во льду, где на дно реки на 1 м² водозащитом было закреплено 10 гнезд-инкубаторов, содержащих около 1500 икринок. Отметим, что это весьма высокая плотность посадки, превышающая эффективность естественного нереста.

Снятие гнезд проведено 15.VI, когда уровень воды от весеннего паводка значительно снизился. В это время температура воды достигла 12°C и, как известно, начинается естественное расселение личинок (Веселов, Калюжин, 2001).



Рис. 2. Собранные гнезда-инкубаторы (а), установка их на грунте (б), выклюнувшиеся в гнездах личинки лосося

Результат испытаний

Из 10 установленных конструкций были обнаружены только 5, причем сохранились те, что были закреплены в углублениях дна и дополнительно обложены валунами. По-видимому, как и предполагалось ранее, необходимо навешивать дополнительный груз для достижения отрицательной плавучести конструкции. Недостающие гнезда, как потом выяснилось, были снесены течением на 100-150 м вниз и оказались осушенными на отмелевой косе. Это произошло в результате закупоривания воздушных отверстий в крышке, которые были предназначены для выпуска скапливающегося под ней воздуха. В результате гнезда приобрели положительную плавучесть и в период паводка были снесены с мест установки.

В каждом из снятых гнезд инкубировалось 150 ± 10 икринок. Количество погибшей икры в разных гнездах колебалось в пределах 4-29 шт. Личинки внутри конструкций были весьма подвижны, с наполовину рассосавшимся желточным мешком. Эффективность выклева составила 81-97%.

Заиления внутри гнезд не было, если не считать отдельные песчинки, которые попадали через выходной патрубок. На сетке-субстрате местами встречались следы органического налета – здесь и были обнаружены погибшие эмбрионы.

В вынесенных на берег конструкциях выклюнулось свыше 90% личинок, но все они погибли из-за обезвоживания и сильного заиления. При сносе произошло поступление мелкого песка во внутрь пространства гнезд. Наносы проникали через выходные патрубки, которые также были закупорены.

Отметим, что в апробированных конструкциях на р. Индере еще не использовался полностью очищенный подрусловой поток, т.к. его необходимо «добывать» с глубины не менее 10 см специальным водозаборником, выполненным в виде стальной трубки с мелкими отвер-

стиями. Предложенное к испытанию искусственное гнездо имеет жесткий «фартук», позволяющий осуществлять водозабор из самого придонного слоя, который все же чище в паводок, чем выше лежащие слои потока. Поступлению во внутрь гнезда сносимых осадков дополнительно препятствует поднятое на 2 см от края «фартука» перфорированное дно, на котором закреплен субстрат-сетка. Этому также способствует небольшое количество отверстий в дне с малым диаметром.

Достоинства конструкции

В результате проведенного испытания было установлено, что предлагаемая конструкция работоспособна и выполняет функцию инкубатора. Малые размеры конструкции наиболее оптимальны для быстрой сборки и легкой установки на неровные и твердые галечно-валунные грунты. Такие гнезда можно устанавливать без использования гидрокостюма. Важным моментом является загрузка икры в воду, которая налита в корпус гнезда. Это защищает ее от пересыхания. Сетка из дели оказалась оптимальным субстратом для икры, снижающим ее подвижность внутри гнезда и способствующим равномерному распределению. В гнездах без сетки наблюдался повышенный отход эмбрионов. Конструкции могут быть окрашены в черный или защитный цвет, что делает их не заметными для посторонних лиц. Прозрачность корпуса гнезда не влияет на инкубацию икры, заложенную со стадии «глазок». Экспериментом установлена возможность зимней установки гнезд-инкубаторов и закладки икры на стадии «глазок».

Конструктивные недостатки

К ним следует отнести малый вес гнезда и высокую возможность потери его при прохождении паводка в реке. По-видимому, необходимо соединять гнезда стальной цепочкой (дополнительный груз) и использовать в качестве гру-

за стальное дно. Применение металлической цепочки обеспечит придавливание гнезд к грунту и исключит их потерю, а также ускорит поиск гнезд при весеннем паводке, когда вода замутнена.

Через выходной патрубок во внутрь конструкции, при определенном ее положении к потоку, в период паводка могут интенсивно поступать взвешенные частицы, что приводит к гибели личинок. Это свидетельствует об установлении в некоторых случаях обратного направления течения в гнезде – через патрубок ко дну. Следовательно, необходимо изменить форму, длину, диаметр выходного патрубка. Вероятно, надо делать грузовой фартук, который бы плотно прилегал ко дну. Для исключения скапливания воздуха в гнезде следует подобрать оптимальный размер отверстий, предназначенных для его выпуска. Субстрат в виде деля пригоден для использования, однако его необходимо прочно закреплять на дне конструкции, т.к. личинки могут проникать под дель и там гибнуть. Отверстие выходного патрубка следует установить таким образом, чтобы икра не могла вымываться из гнезда при его установке, а личинки свободно находили выход. В дне нет необходимости делать сетку вентиляционных отверстий, и они должны быть малого диаметра (1,5-2 мм). Это предотвратит плавание икры в корпусе гнезда. Необходимо существенно утяжелить конструкцию для обеспечения прижатия ко дну.

Заключение

В результате проведения натурного эксперимента было показано, что устанавливать гнезда можно не только в осеннее время перед ледоставом, но и ранней весной (март), используя для этого икру, находящуюся на стадии развития «глазок». Перевозка икры (лососевых) в этот период на расстояние 200 км и механические воздействия при закладке в гнезда не приводили к ее гибели. К концу марта в р. Индере пороги укрыты ледовым покрытием и сохраняется низкий уровень воды, что также существенно облегчает работу. В целом можно утверждать, что для испытываемой конструкции гнезда удачно выбрана форма и объем. Ее главное достоинство — компактность (14x9 см), возможность загружать 150 икринок. Гнезда позволяют получать личинок, которые самостоятельно расселяются из него.

Таким образом, результаты испытаний показали, что искусственные гнезда-инкубаторы икры лосося работают достаточно эффективно, обеспечивая выход более 90% личинок от жизнеспособной икры. Гнезда могут быть использо-

ваны для воспроизводства популяций лососевых рыб в реках, где по ряду причин этот вид отсутствует или численность стад существенно подорвана в результате хозяйственной деятельности человека. Такая технология выгодно отличается от применяемой на рыбоводных заводах: она несравнимо дешевле, позволяет воспроизводить жизнестойкую молодь лосося и обеспечить воспроизводство рыб в большем количестве рек и нерестовых притоков. Она отличается и от естественного воспроизводства лосося искусственным осеменением, что обеспечивает более высокий процент оплодотворения икры, защищает икру и личинок лосося от поедания их хищниками.

В дальнейшем необходимо осуществить проектирование гнезд с учетом обнаруженных недостатков. Следует провести испытания по массовой установке гнезд и зарыблению личинками экспериментальных участков на реках разного типа, используя икру не только лосося, но и кумжи. Важно оптимизировать структуру течения в проточной части гнезда, устранить причины внутреннего заиления и создать самоочищающиеся конструкции искусственного гнезда-инкубатора лососевой икры.

Авторы признательны местным жителям А. Н. Тропину, Н. А. Тропину и М. А. Тропину за активную помощь в проведении испытаний искусственных гнезд-инкубаторов на р. Индере.

Работа в 2007 г. выполнена по проекту «Разработка технологии искусственного воспроизводства лососевых рыб в естественных условиях», финансируемого программой фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования».

Литература

- Азбелев В. В.* 1960. Материалы по биологии семги Кольского полуострова и ее выживаемости // Тр. ПИНРО. Вып. 12. С. 5-70.
- Алтухов Ю. П.* 2003. Генетические процессы в популяциях. Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИКЦ «Академкнига». 431 с.
- Веселов А. Е., Калюжин С. М.* 2001. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия, 2001. 160 с.
- Виролайнен М. П.* 1946. Нерестилища семги (*Salmo salar*) на р. Кеми // Тр. Карело-финского отд. ВНИОРХ. Т. 2. С. 341-353.
- Гринюк И. Н.* 1971. Выход личинок из нерестовых бугров и распределение сеголеток семги в русле реки // Тез. докл. симпозиума по естественному и искусственному воспроизводству атлантического лосося и его промыслу. Мурманск. С. 47-49.
- Гринюк И. Н.* О повышении эффективности воспроизводства семги // Мат. рыбохоз. исслед. Северного бас. 1974. Вып. 21. С. 127-137.

- Зубченко А. В., Калюжин С. М., Веселов А. Е.* и др. 2007. Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реке Умба (Кольский полуостров). Петрозаводск: Скандинавия. 163 с.
- Ихтиофауна малых рек и озер восточного Мурмана: биология, экология, ресурсы. 2005. Апатиты: изд-во КНЦ РАН. 264 с.
- Казиков Р. В.* 1982. Биологические основы разведения атлантического лосося. М.: Легкая и пищевая пром. 144 с.
- Кузнецов И. И.* Значение промысла лососевых Дальнего Востока и искусственное рыбозаведение, как одно из главных средств для охраны рыбных запасов // Рыбные и пушные богат. Дальнего Востока. Владивосток. 1923. С. 135-214.
- Лупандин А. И., Павлов Д. С., Веселов А. Е., Калюжин С. М.* 2005. Искусственное воспроизводство атлантического лосося (*Salmo salar*) в естественных условиях // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: КМК. С. 434-445.
- Никифоров Н. Д.* 1959. Развитие, рост и выживаемость эмбрионов и молоди семги в естественных условиях // Изв. ВНИРО. Т. XL VIII. С. 65-79.
- Новиков П. И.* 1949. Об эффективности естественного нереста атлантического лосося (*Salmo salar*) // ДАН. Т. XL VIII. № 6. С. 1129-1131.
- Новиков П. И.* 1948. Результаты вскрытия гнезд беломорской семги на нерестилищах реки Кемь в апреле 1947 года // Бюл. Рыного хоз. Карело-финской ССР. № 1. С. 57-59.
- Павлов Д. С., Лупандин А. И., Калюжин С. М., Веселов А. Е.* 2004. Патент на полезную модель №38532. Устройство для инкубации икры. Заявка №2004109094 от 10 июля 2004 г.
- Павлов Д. С., Лупандин А. И., Калюжин С. М., Веселов А. Е.* 2005. Патент на полезную модель №46626. Устройство для инкубации икры. Заявка №2005101500 от 27 июля 2005 г.
- Тихий М. И.* 1925. О разведении лососевых в грунте // Изв. отдела прикладной ихтиологии. Л. Т. III. Вып. 2. С. 125-133.
- Щуров И. Л., Широков В. А., Гайда Р. В.* 2000. Репродуктивный потенциал атлантического лосося реки Шуи (бассейн Онежского озера) // Атлантический лосось (биология, охрана и воспроизводство): Тез. докл. междунар. конф. (4-8 сентября 2000 г., Петрозаводск). Петрозаводск. С. 64.
- Яковенко М. Я.* 1976. Выживаемость атлантического лосося при естественном воспроизводстве // Тр. ВНИРО. Т. CXIII. С. 43-45.
- Babcock J. P.* 1911. Some experiments in the burial of salmon-eggs suggesting a new method hatching salmon and trout // Transaction Americ. Fisheries Society. P. 393-395.
- Carlin B. A.* 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan // Inst. Freshw. Res. Drott., Ann. Rep. N 36. P. 57-74.
- Carlin B. A.* 1960. Swedish view of the value of stocking of river with salmon // Salmon and Trout Assoc. P. 1-6.