

УДК 591.545:597.552.51(282.247.211)

## **ОПЫТ ИСКУССТВЕННОЙ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) В р. СУНЕ (БАСЕЙН ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА)**

**А. Е. Веселов<sup>1</sup>, Д. С. Павлов<sup>2</sup>, М. А. Скоробогатов<sup>2</sup>, Д. А. Ефремов<sup>1</sup>,  
Е. Н. Белякова<sup>3</sup>, К. Ю. Потапов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт биологии Карельского научного центра РАН

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН

<sup>3</sup>Петрозаводский государственный университет

Разработана и испытана новая технология искусственного воспроизводства атлантического лосося. Завершение заводской инкубации икры происходит в речных условиях путем закладки в марте эмбрионов на стадии «глазок» в гнезда-инкубаторы и установки их на дно реки. Предложены две конструкции искусственных гнезд-инкубаторов икры, позволяющие получать жизнестойких мальков, самостоятельно расселяющихся по выростным участкам рек. В этих конструкциях для создания благоприятных условий развития эмбрионов используется естественно очищенный от наносов подрусловой поток. Испытания в течение 2,5 мес. гнезд, установленных на пороге р. Суны (бассейн Онежского озера), показали высокую эффективность инкубации икры в естественных условиях. В трубчатых гнездах-инкубаторах, вкручиваемых в грунт, выход личинок достиг 95 %, в плоских, прижимаемых ко дну, – 94–97 %. Результатом инкубации стало самостоятельное расселение жизнестойких личинок лосося из гнезд-инкубаторов по выростному участку порога.

**Ключевые слова:** атлантический лосось, инкубация икры, гнездо-инкубатор.

**A. E. Veselov<sup>1</sup>, D. S. Pavlov<sup>2</sup>, M. A. Skorobogatov<sup>2</sup>, D. A. Efremov<sup>1</sup>,  
E. N. Belyakova<sup>3</sup>, K. Yu. Potapov<sup>3</sup>. AN EXPERIENCE OF ARTIFICIALLY  
INCUBATING ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.) EGGS IN THE SUNA  
RIVER (LAKE ONEGA BASIN)**

A new technology for artificial reproduction of Atlantic salmon was developed and tested. The final stage of incubation of hatchery-reared eggs takes place in the river: in March eyed eggs are placed into incubation redds which are then planted into/onto the riverbed. We proposed two designs of artificial redds for egg incubation, which supply viable fry that would independently disperse across nursery areas. The «redds» are designed so that the underflow, where impurities are naturally filtered away, creates the conditions favourable for the embryos. Trials of the redds in a rapid in the Suna River (Lake Onega basin), which lasted 2.5 months, proved egg incubation in the natural settings to be very effective. Larvae emergence from pipe-shaped incubation redds twisted into the riverbed was 95 %, and that from flat ones pressed onto the riverbed – 94–97 %. Eventually, viable salmon fry from the incubation redds independently dispersed across the nursery area of the rapid.

**Key words:** Atlantic salmon, egg incubation, incubation redd.

## Введение

Известно, что неконтролируемое рыболовство, вырубка леса и молевой сплав древесины, строительство гидротехнических сооружений, сброс сточных вод и т. д. в прошлом веке привели к резкому сокращению численности в популяциях лососевых видов рыб. Некоторые из них безвозвратно исчезли. Вместе с тем интерес исследователей к созданию искусственных и эффективных устройств, позволяющих инкубировать икру в реках, отчетливо проявился лишь с 80-х гг. прошлого столетия, в основном в европейских странах и на Северо-Американском континенте. Связано это с практикой рекультивации нерестово-выростных биотопов и восстановлением запасов прежде всего лососевых видов рыб [Scrivener, 1988; Der Lachs..., 2005; Lippaue..., 2009]. Вместе с тем результаты инвентаризации и паспортизации нерестовых рек Восточной Фенноскандии позволили выявить и в этом регионе ряд рек с нестабильным воспроизводством, а также с утраченными популяциями лосося [Веселов, 2006]. В связи с этим проблема восстановления запасов нерестовых производителей лососевых рыб актуальна и для Северо-Запада России.

Существует ряд подходов к решению задачи восстановления численности лососевых рыб или воссоздания стад в реках, где они были утрачены. Наиболее распространено заводское воспроизводство с последующим выпуском молоди в реки на стадии пестрятка или смолт [Казаков, 1982]. Между тем для небольших или труднодоступных рек этот метод весьма затратен. Кроме того, хорошо известно, что заводская молодь слабо приспособлена к естественным условиям обитания и в большом количестве погибает [Щуров, 1990].

Идея инкубации икры лососевых рыб в естественных условиях возникала неоднократно на протяжении почти столетнего периода [Кузнецов, 1923; Тихий, 1925; Барков, Гринюк, 1970 и др.]. Суть ее заключается в искусственном оплодотворении икры и дальнейшей инкубации в речной гальке или специальных устройствах, размещенных в естественных условиях. Как известно, искусственное оплодотворение практически исключает потери, имеющие место при естественном нересте, – неполное оплодотворение, вымывание икры потоком при строительстве гнезда, выедание хищниками, гибель в плотном грунте при недостатке кислорода. Разрабатывая инкубационные устройства и технологии их использования, авторы стремятся получить жизнестойких личинок лосося, которые способны сами расселяться из них по выростным участкам рек. В результате из цикла воспроизводства исключается ряд не-

гативных последствий, имеющих место при заводском выращивании, таких как слабая физическая выносливость, отсутствие навыков пищевого и оборонительного поведения в интенсивном речном потоке и, как следствие, высокий уровень гибели такой молоди еще до ее ската в нагульные водоемы [Казаков, 1982; Щуров, 1990].

Необходимо отметить, что естественные речные условия, в которых проводятся испытания конструкций и технологий, существенно различаются. Так, в нерестовых реках Германии, Шотландии или южной Норвегии в зимний период практически нет устойчивого ледового покрова, и это позволяет разработчикам закладывать в технологию периодический контроль процесса инкубации, включающий очистку фильтрующих элементов и удаление погибших эмбрионов [Bams, 1985; Donaghy, Verspoor, 2000 и др.]. Между тем на севере России в реках образуется мощный и устойчивый ледовый покров на протяжении 5–7 месяцев, что практически исключает использование инкубационных устройств, в которых предусматривается обслуживание.

В связи с этим цель настоящей работы заключалась в разработке технологии и инкубационных устройств, которые позволяют в реках Восточной Фенноскандии получать жизнестойкую молодь атлантического лосося. Это наиболее важно для восстановления численности стад лососевых рыб в реках, где их запасы по различным причинам существенно снизились, а также для воссоздания стад на тех реках, где популяции лосося были утрачены.

## Материалы и методы

Работа проводилась с 20 марта по 22 июня 2008 г. на территории заповедника «Кивач», на одноименном пороге р. Суны (62°16' с.ш., 33°59' в.д.), расположенном в 300 м ниже водопада. Река относится к бассейну Онежского озера, до 1964 г. имела статус лососевого нерестового водоема [Смирнов, 1971]. В настоящее время в результате планомерных выпусков молоди шуйской популяции пресноводного лосося в реку в районе порога Кивач наблюдаются возврат производителей, их нерест и появление новых генераций молоди. Таким образом, использование икры пресноводного лосося шуйской популяции, географически близкой к р. Суне, вполне оправданно. В условиях высокой прозрачности воды немаловажно расположение порога Кивач на заповедной территории, то есть весьма заметные испытываемые конструкции фактически находились под охраной.

Икра пресноводного лосося была получена на Шуйском рыбопункте (п. Нижний Бесовец) и

инкубировалась с осени 2007 г. на Кемском рыбоводном заводе. Согласно разработанной нами сокращенной технологии, оплодотворенную икру выдерживали на рыбоводном заводе с октября по март. Ко второй половине марта развитие эмбрионов достигало стадии «глазок». В течение указанного периода процесс инкубации икры контролировался, производился отсев погибших эмбрионов. Затем 20 марта, когда с большей части порога в р. Суна сошел лед, икра, помещенная в термо-бокс, была доставлена с рыбоводного завода в заповедник. В тот же день ее заложили в гнезда-инкубаторы и установили на двух площадках галечно-валунного грунта порога.

Специально были разработаны и изготовлены два типа компактных конструкций гнезд-инкубаторов лососевой икры с целью получения жизнестойких, свободно расселяющихся личинок. Одна из них – цилиндрическая, вкручиваемая или погружаемая в галечный грунт, условно названная «штопор». Вторая – по виду уплотненная «шайба», прижимаемая ко дну под весом стального грузового кольца (рис. 1а, б, г). В обеих конструкциях гнезд-инкубаторов заложена идея использования подруслового потока для обеспечения благоприятных условий развития икры – омывания, оттока метаболитов и аэрации.

Всего было установлено три вкручиваемых и 10 донных гнезд, в которые загружено около 1150 икринок. Точное количество икры определялось по фотографиям, сделанным перед закрытием гнезд (см. рис. 1в). В дальнейшем область расселения и плотность распределения сеголеток лосося из искусственных гнезд контролировали подводными наблюдениями.

## Конструкции гнезд-инкубаторов

В разработанной конструкции «штопор» естественно очищенная от наносов вода подруслового потока забиралась с оптимальной глубины (10–12 см) в грунте порога. Данное устройство за счет вспомогательного приспособления может быть установлено в разных по гидрологическим условиям реках, в том числе в таких руслах, дно которых сложено крупными фракциями гальки и мелкого валуна. Устройство состоит из корпуса цилиндрической формы, внутреннее пространство которого используется в качестве инкубационной камеры (рис. 2а). Сверху камера закрыта крышкой, имеющей наклон к горизонтальной поверхности под углом от 5 до 45°. При ее наклоне менее 5° выход активно плавающих личинок из устройства затруднен, поэтому они могут в нем задерживаться. Наибольший эффект концентрации личинок перед выходным патрубком наблюдался при наклоне крышки на угол более 15°. При углах свыше 45° приходилось увеличивать высоту устройства, что делало его не защищенным от сносимых остатков древесины или кусков льда. Крышка может быть повернута относительно оси и установлена вертикально, что удобно при загрузке оплодотворенной икры в устройство. Инкубационная камера разделена на две части концентрирующим кольцом с внутренним диаметром 10–15 мм. Величина отверстия определялась возможностью попадания подвижных личинок через концентрирующее кольцо в верхнюю часть камеры и последующего их выхода из устройства. Кольцо также снижало вероятность обратного ската личинок. В нижней части камеры установлен



Рис. 1. Порог под водопадом Кивач (20.03.2008). Вкручивание гнезда типа «штопор» в грунт (а), рабочее положение «штопора» (б). Фотографирование икры для учета заложенного количества в каждое из гнезд (в), гнезда типа «шайба» перед загрузкой оплодотворенной икры (г)

перфорированный поддон, на котором закреплен искусственный инкубационный субстрат в виде бугорков из силикона. В полузатопленном состоянии устройства на субстрат «проливается» оплодотворенная икра. Ниже поддона в корпусе со стороны подсосываемого из грунта подруслового потока высверлены отверстия для поступления очищенной воды внутрь корпуса устройства. Еще ниже отверстий находится разрыхлитель грунта. Он изготовлен в виде двух перпендикулярно установленных пластин треугольной формы с углом при вершине от 90 до 120°. Лабораторные гидравлические исследования показали, что указанные пределы изменения угла при вершине наиболее оптимальны для разрыхления грунта путем вкручивания данного устройства. Для крепления коловорота при вкручивании гнезда в грунт с внешней части корпуса имеются вертикальные приливы. Расселение личинок лосося происходит из верхней части камеры, где предусмотрен эвакуационный патрубок. Вода подруслового потока просачивается через отверстия и пространство между пластинами рыхлителя грунта, попадая в инкубационную камеру, где постоянным свежим потоком эмбрионы омываются и аэрируются, подобно тому, как это происходит в естественных нерестовых гнездах.

Инкубатор типа «шайба» представляет собой цилиндрический уплощенный полимерный бокс диаметром 12 см (рис. 2б). Внутри устройства расположен перфорированный поддон, на поверхности которого нанесен силиконовый субстрат в виде разделительных бугорков. В верхней части гнезда закреплен эвакуационный патрубок. С наружной стороны инкубатора насаживается стальное грузовое кольцо

цо, обеспечивающее прижим ко дну и устойчивость конструкции в период паводка.

Перед установкой «шайбы» в речной поток в камеру через патрубок с помощью воронки заливают вместе с водой около 100 оплодотворенных икринок лосося. Затем при погружении в воду выходное отверстие патрубка закрывают крышкой. В воде через отверстие в пробке воздух выпускается из гнезда. При его покачивании икра, находящаяся в камере, равномерно распределяется по инкубационному субстрату в пространстве между силиконовыми бугорками. Гнездо-инкубатор ставят на мелкую гальку дна и слегка вдавливают, чтобы поддон тесно соприкасался с грунтом, а патрубок был направлен по течению. При снятии пробки с патрубка в гнездо начинает поступать вода подруслового потока, подсосываемая через поддон. Весь период инкубации происходит омывание эмбрионов слабым и ровным потоком, который выводится через эвакуационный патрубок.

После того как из икринок вылупятся личинки, они некоторое время лежат на боку на субстрате, а затем поднимаются «на плав», совершая хаотичные движения. При полном рассасывании желточного мешка движение становится круговым, и это способствует случайному попаданию личинок в эвакуационный патрубок и выходу их наружу в естественный поток. Подъем «на плав» может растянуться по времени на одну неделю, поэтому личинки «выходят» через патрубок постепенно. Расположение устройства в речном потоке, использование подруслового потока для омывания икры и снабжения ее кислородом создают условия в инкубационной камере, близкие к условиям в естественных нерестовых гнездах.

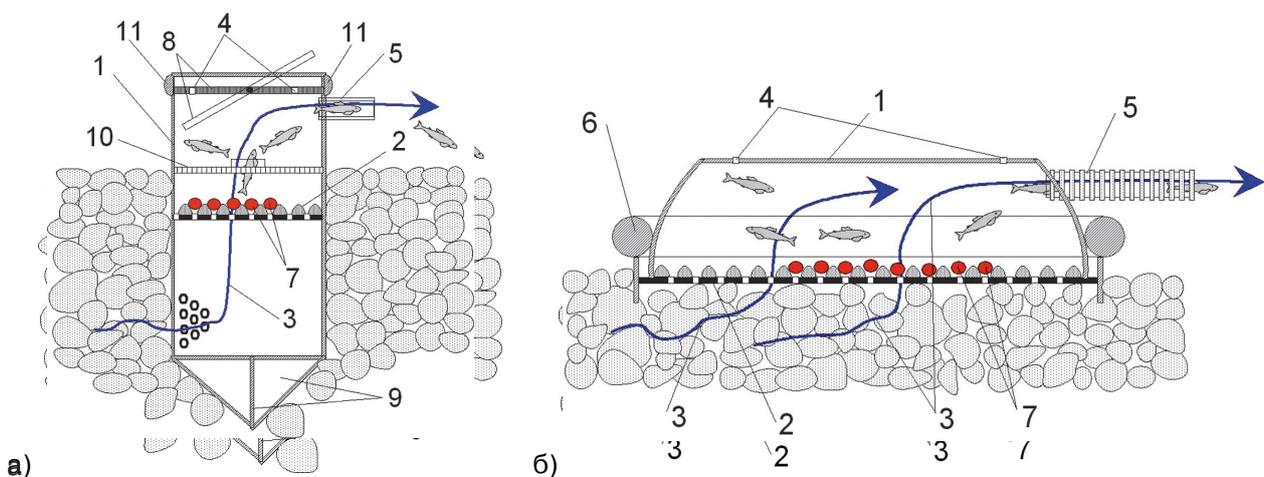


Рис. 2. Схема гнезд-инкубаторов типа «штопор» (а) и «шайба» (б)

1 – корпус гнезда, 2 – субстрат с силиконовыми лунками, 3 – поступление воды подруслового потока, 4 – дренажные отверстия, 5 – патрубок для оттока воды и выхода личинок, 6 – грузовое кольцо, 7 – икра, 8 – поворачиваемая крышка для загрузки икры, 9 – разрыхлитель грунта, 10 – концентрирующее кольцо, 11 – приливы

## Результаты

На р. Суне под водопадом Кивач 2 мая проведена первая проверка искусственных гнезд-инкубаторов, которые были установлены 20 марта 2008 г. с загруженной в них икрой пресноводного лосося на стадии развития «глазок». Температура воды достигла 2–3°C, река в районе порога полностью освободилась от льда. Для контроля развития эмбрионов, оценки характера и степени заиления были подняты три конструкции типа «штопор» и четыре – типа «шайба» (рис. 3 а–г).

**Конструкция «штопор».** После поворота крышек и последовательного переливания содержимого гнезд в отдельные пластиковые контейнеры установлено, что практически все личинки выклюнулись. Выживаемость эмбрионов во всех трех гнездах составила 96–97%. От погибших икринок остались почти пустые белые оболочки. Следует отметить высокую чистоту воды внутри конструкций – заиление к моменту проверки отсутствовало, однако в целом производительность данной конструкции остается весьма низкой из-за малой площади инкубационного субстрата. По этой причине в гнездо типа «штопор» загружалось всего 24–27 икринок.

**Конструкция «шайба».** Содержимое поднятых конструкций было также перелито в отдельные пластиковые контейнеры. Визуальный контроль показал, что выклюнулось 96–97 % эмбрионов, то есть из 100 загруженных икринок число погибших составило всего 3–4 шт. Выклюнувшиеся эмбрионы, как и в гнезде «штопор», демонстрировали высокую подвижность, несмотря на наличие крупного желточного мешка, перемещались они в основном лежа на боку.

Отметим, что в конструкции «шайба» наблюдалось заиление в виде мелкодисперсного ила, который комковался внутри инкубационного пространства, а также им были забиты некоторые отверстия в поддоне, через которые вода поступает в гнездо.

По окончании контрольных работ, проводившихся 2 мая, эмбрионы были «перелиты» в гнезда, конструкции собраны и установлены в пороге на прежние места.

**Вторая проверка** осуществлялась 23 мая, когда температура воды достигла 7–8°C. Перед этим, с 5 по 17 мая, в реке прошел основной пик паводка и уровень воды стал весьма быстро снижаться. Срок проверки выбран не случайно, так как при такой температуре в естественных гнездах личинки лосося находятся в активном состоянии и далее при ее повышении до 10–11°C начинают постепенно «выбираться» из гальки на поверхность дна. К этому моменту в реке изменились гидрологические условия: уровень воды после основного паводка остался повышенным на 10 см, и на 30 % снизилась прозрачность воды. За истекший период с правой стороны порога (по течению) грунт оказался сильно вспаханным за счет сброса через водопад льдин с вышерасположенных озеровидных расширений. Это затруднило поиск установленных там конструкций типа «шайба». В дальнейшем такие особенности весеннего паводка следует учитывать при выборе мест для установки гнезд-инкубаторов. Всего было поднято одна конструкция типа «штопор» и две – типа «шайба» (рис. 4 а–г).

**Конструкция «штопор».** Содержимое через верхнюю поворотную крышку перелито в пластиковый контейнер (рис. 4б). За истекший пе-



Рис. 3. Первая контрольная проверка успешности выклева личинок лосося в гнездах-инкубаторах типа «штопор» (а, б) и «шайба» (в, г) (02.05.2008) на пороге под водопадом Кивач



Рис. 4. Вторая контрольная проверка (23.05.2008) жизнеспособности личинок лосося в гнездах-инкубаторах (а), содержимое «штопора» (б) и «шайбы» (в), личинки лосося перед выходом из гнезда (г)

риод погибло только две личинки, а остальные оказались живыми и подвижными. Желточный мешок рассосался у них на 2/3 объема. Вода содержала незначительное количество взмученного мелкодисперсного ила.

**Конструкция «шайба».** Подсчет личинок и оценка их состояния осуществлялись также после открытия крышки и переливания содержимого в пластиковый контейнер. Замутнение воды в этом типе гнезда было несколько выше, чем в «штопоре», однако выживаемость личинок тоже оказалась высокой – всего в гнезде № 10 погибла одна личинка и в гнезде № 6 – две (рис. 4 в, г).

Снижение количества личинок на 2–3 экз. в обоих типах конструкций свидетельствовало о начале их выхода из гнезд в межгалечное пространство речного грунта. Причем это был активный выход жизнеспособных личинок, так как вымывание погибших невозможно из-за конструктивных особенностей обоих гнезд.

С целью продолжения испытания содержимое контейнеров было снова залито в соответствующие гнезда, которые затем установили на прежние места в грунт реки.

**Заключительная проверка искусственных гнезд-инкубаторов в р. Суне** была проведена 6 июня 2008 г. (рис. 5). Все три конструкции типа «штопор» были обнаружены и подняты. Личинки вышли из гнезд в окружающее придонное пространство. Повреждений корпуса или нарушения установки в грунт не наблюдалось. Эффективность инкубации икры в них составила около 93%. Из десяти установленных гнезд-инкубаторов типа «шайба» найдено девять. По соотношению заложенной икры, выклюнувшихся эмбрионов и покинувших гнезда личинок

эффективность инкубации в 8 конструкциях достигла 94–97 %. В некоторых гнездах еще оставались отдельные личинки, у которых полностью рассосался желточный мешок (рис. 5 а). В гнезде № 5, которое оказалось засыпанным мелким песком, икра погибла (рис. 5 б). Это связано со вспахиванием грунта льдинами, сносимыми в паводковый период, и перемещением песка.

**Расселение личинок из гнезд.** В обоих вариантах конструкций выход и расселение личинок из гнезд-инкубаторов начались с 22 мая и продолжались до первых чисел июня, то есть в те же сроки, что и при естественном нересте. Подводными наблюдениями, выполненными 23 и 25 мая, установлено, что при прогреве воды до 11–12°C происходило массовое расселение личинок лосося из гнезд-инкубаторов. К этому моменту желточные мешки полностью рассосались и личинки лосося покидали гнезда через эвакуационные патрубки, попадая в поверхностный слой грунта. Возле гнезд на площади около 5 м<sup>2</sup> плотность распределения личинок достигала 17±6 экз./м<sup>2</sup>. Затем в течение 5–7 сут происходило их первичное расселение вниз по течению на расстояние около 20–25 м, почти до границы порога с плесом. К 30 мая плотность распределения личинок возле гнезд-инкубаторов снизилась до 8±3 экз./м<sup>2</sup>. В процессе расселения личинки становились мальками – переключались на экзогенное питание и приобретали чешуйный покров (рис. 5 в). На этой стадии их перемещение по течению заканчивалось и начиналось вторичное перераспределение из центральной части русла к прибрежным участкам порога. Как нами показано ранее, вторичное расселе-



Рис. 5. Третья контрольная проверка (06.06.2008) результатов выхода личинок лосося из гнезд: последние личинки в «шайбе» (а), погибшие личинки в гнезде, засыпанном песком (б), отловленные возле гнезд мальки (в)

ние сеголеток лосося происходит при активной локомоции против течения и связано с устойчивым проявлением у них реореакции [Veselov et al., 1998]. К III–IV декадам июня, с переходом паводкового режима в меженный, расселение сеголеток лосося завершалось и их распределение приняло мозаично-агрегированный характер, как и у диких пестряток лосося старших возрастных групп.

### Обсуждение

Известно, что еще в 1905–1906 гг. Вальтер Гейн провел опыты по инкубации икры и выдерживанию личинок форели в грунте. Он выявил преимущества такого метода выращивания личинок под слоем гальки по сравнению с искусственным разведением, так как были достигнуты высокая выживаемость и самораспространение личинок по участкам обитания. В 1908 г. появились новые образцы искусственных инкубаторов, представлявшие собой деревянные ящики (120·60·45 см). Эти ящики устанавливали осенью в русле ручьев на предполагаемых выростных участках и последовательно загружали слоем гальки, затем слоем оплодотворенной икры и покрывали снова галькой. Ящики «зимовали» до весеннего выхода из них и самостоятельного расселения личинок [Тихий, 1925].

Наш соотечественник И. И. Кузнецов [1923] писал: «... достигнуть правильного решения ... можно только тогда, когда явится возможность приблизить способ искусственного размножения к размножению естественному, то есть если будем пользоваться для оплодотворения икры рыбою в тех реках... которая зайдет в речку сама, а икру выращивать не в заводах, а в речке, применяясь, с одной стороны, к благоприятным условиям выращивания в естественных условиях и, с другой стороны, устраняя все неблагоприятные в них условия развития икры и мальков (обсыхание, промерзание гнезд и проч.)». Выводы И. И. Кузнецова были основаны на проведенном в 1918 г. опыте с закапыва-

нием оплодотворенной икры кеты и горбуши в галечный грунт на р. Праурэ (приток р. Амур, Дальний Восток). Результат превзошел ожидания. Проверка состояния искусственных гнезд в марте показала наличие первых жизнеспособных личинок в поверхностном слое гальки «...среди которых немного было со всосавшимися пузырями, а большинство еще с узким не сросшимся продольным швом на брюшке... окрашенным в розово-серебристый цвет». Повторная проверка через пять дней выявила, что личинки из средних слоев гальки «перебрались» в верхние и группировались у поверхности в межгалечном пространстве, постепенно расселяясь по участку обитания.

Все это довольно точно отражает расселение личинок лосося из естественных гнезд [Phillips, Koski, 1969; Веселов, Калюжин, 2001] и подтверждает идею возможности искусственной инкубации оплодотворенной икры в реках с получением практически «дикой» молоди без затратного заводского выращивания. И. И. Кузнецов показал преимущества этого метода над заводским воспроизводством, однако военно-политическая обстановка и экономические трудности в реализации проводимых мероприятий не давали возможности развиваться этому направлению еще долгое время. Вместе с тем М. И. Тихий [1925] подвел итог работам того периода: как отечественные, так и иностранные исследователи не имели возможности полного учета результатов инкубации при экспериментах и, следовательно, эффективность метода неизвестна, закапывание икры в грунт – весьма трудоемкий процесс, оптимальная глубина закладки икры не проработана.

Затем в начале 70-х гг. прошлого века появилась разработка С. И. Баркова и И. Н. Гринюка [1970, 1971]. Они предложили закапывать оплодотворенную икру в речной грунт с помощью специальной лопатки. К сожалению, авторы повторили печальный опыт – в тот период не было возможности контролировать результат, используя метод подводных наблюдений

или электролов, поэтому приспособление так и осталось не востребованным.

С конца 70-х гг. прошлого столетия широкое распространение среди экспериментаторов получили боксы Виберта (Vibert boxes), представлявшие собой перфорированные пластиковые коробки, умещавшиеся на ладони, в которые послойно закладывали гальку и оплодотворенную икру лососевых видов рыб. Сами боксы или их модификации в виде сетчатых цилиндров после загрузки закапывались на разную глубину в речной грунт. В большинстве случаев авторы сталкивались с главной проблемой – накоплением в боксах губительных для эмбрионов осадков, постепенно затруднявших аэрацию икры и эмбрионов, отток метаболитов. Вместе с тем в чистых реках удавалось получить высокий выход саморасселяющихся личинок [Harshbarger, Porter, 1979, 1982; Rubin, 1995 и мн. др.].

Таким образом, способ закладки оплодотворенной икры в грунт и дальнейшее развитие молоди лосося в естественных речных условиях давно привлекали рыболовов, но их осуществление затруднялось из-за технических сложностей и трудоемкости работ. В настоящее время, с появлением новых технологий и материалов, проведением детальных исследований естественного нереста, структуры и гидравлики нерестовых гнезд, а также возможностями транспортной доставки икры, такой способ воспроизводства лосося снова становится перспективным [Лупандин и др., 2005; Веселов и др., 2007].

Основная проблема искусственных гнезд-инкубаторов – это накопление внутри конструкций осадков типа ила, песчинок, растительных остатков. В речных условиях, как известно, в галечном грунте существует естественно-очищенный подрусловый поток [Леман, Кляшторин, 1987], который формирует благоприятные условия для развития эмбрионов лососевых рыб – транспорта кислорода и оттока продуктов жизнедеятельности.

Ряд европейских исследователей пошел по пути конструирования речных гнезд-инкубаторов, которые периодически должны обслуживаться, то есть изыматься из реки для промывки или смены фильтра, отсева погибших эмбрионов. В условиях теплой зимы и практически при отсутствии ледового покрова это вполне оправданно [Vams, 1985; Donaghy, Verspoor, 2000], однако на территории Северо-Запада России, при суровых зимах и ледоставе на протяжении 7–8 месяцев, наблюдение и корректировка процесса инкубации становятся невозможными. В связи с этим в основу функционирования конструкций гнезд-инкубаторов лососевой икры, устанавливаемых в реках, на-

ми было положено использование подруслового потока.

Разработка технологии искусственного воспроизводства лососевых рыб в естественных условиях была начата нами в 2003 г. на реках Умба, Индере (бассейн Белого моря) и Лососинка (бассейн Онежского озера) [Лупандин и др., 2005]. С 2006 г. и по настоящее время они проводятся в двух направлениях.

Первое – это разработка полноциклового и сокращенной технологий. Полноциклового – когда сразу после оплодотворения (октябрь) икра закладывается в устройства, устанавливаемые на порогах рек до весны следующего года. Сокращенная – инкубация икры на рыболовном заводе происходит только до стадии «глазка», достигаемой в марте (использована на р. Суне). Затем ее транспортируют к реке и закладывают в гнезда-инкубаторы, которые через пропиленные во льду майны устанавливают на дне реки. В обоих вариантах выход и расселение жизнестойких личинок из гнезд-инкубаторов происходит в конце мая – начале июня, как и при естественном нересте. Существенно и то, что сокращенная технология позволяет доставлять икру по бездорожью с помощью снегоходов, и то, что эта икра уже пройдет контроль на выживаемость на рыболовном заводе. На стадии «глазок» икра имеет высокую устойчивость к механическим воздействиям, поэтому допускается ее длительная транспортировка [Казаков, 1982]. Выбор периода перевозки – март – обусловлен еще и тем, что температура воздуха становится близкой к нулю или несколько выше, что также защищает икру от повреждения низкими температурами при загрузке в искусственные гнезда-инкубаторы.

Второе направление исследований – это разработка конструкций гнезд-инкубаторов, устанавливаемых на дне реки, в которых для инкубации икры используется вода подруслового потока. Положительный результат удалось достичь в тех конструкциях, где водозабор осуществлялся через перфорированный поддон [Веселов и др., 2007]. В просторанстве поддона, прижатого к галечному грунту, происходило резкое снижение скорости течения. За счет этого наносные взвеси осаждались, а очищенный поток проникал через отверстия в субстрате, омывая икру. В этом случае конструкции гнезд-инкубаторов можно было сделать более компактными и защищенными от внешних повреждений сносимым льдом или древесиной. Испытания в 2007 г. на реках Лососинке (Карелия) и Индере (Кольский п-ов) показали перспективность данного направления работ по искусственному воспроизводству лосося в естественных условиях. В резуль-

тате был предложен новый способ и две новые конструкции гнезд-инкубаторов, которые в условиях р. Суны позволили достичь высокой эффективности инкубации икры (в отдельных гнездах она составляла 97 %). Этим способом можно устанавливать гнезда-инкубаторы со льда или в промоины в весеннее время, когда икра находится на стадии «глазок». Следует, однако, принять во внимание то, что вода в р. Суне относительно более чистая, чем в других лососевых реках, поэтому необходимо продолжить совершенствовать способ водозабора подруслового потока и провести испытания на реках с большим количеством влекомых потоком частиц.

Таким образом, апробированная новая технология исключает полноцикловую инкубацию икры на рыбоводных заводах, подращивание молоди и транспортировку ее к месту выпуска в реку. Она также не предусматривает наличие необходимого для нереста субстрата и может применяться на достаточно обширных частях порогов и перекатов рек, при наличии подходящих гидравлических режимов потока, идентичных естественным выростным участкам. При высоком проценте искусственно оплодотворенной икры и защите ее в гнездах-инкубаторах от хищников разработчики, как показали результаты эксперимента, вправе рассчитывать на высокий процент выхода жизнестойких личинок лосося, которые будут развиваться в природной среде, физически не отличаясь от дикорастущей молоди.

## Заключение

Разработана новая технология искусственного воспроизводства лососевых рыб в естественных условиях, основанная на завершении заводской инкубации эмбрионов со стадии «глазок» до полноценных личинок с помощью гнезд-инкубаторов, устанавливаемых на дне реки. Предложены две новые компактные конструкции, позволяющие получать жизнестойких мальков, самостоятельно расселяющихся по выростным участкам рек. В этих гнездах для создания благоприятных условий развития эмбрионов используется естественно очищенный от наносов подруслового потока (патент на полезную модель №83687, 2009 г. и патент на изобретение №2386248, 2010 г.).

Испытание в течение 2,5 мес. (конец марта – начало июня) двух типов конструкций, установленных на пороге р. Суны, показало высокую эффективность инкубации икры в естественных условиях. В конструкциях гнезд типа «штопор» выход личинок лосося составил около 95 %, типа «шайба» – 94–97 %. В первой на-

блюдается меньшее заиливание, однако во второй инкубируется значительно большее количество икры.

Гибридный вариант обеих конструкций в настоящее время испытывается на р. Лижме (Кондопожский район, Карелия), проверку которых предполагается провести 2 и 20 мая 2011 г., перед началом естественного выхода личинок из нерестовых гнезд.

Следующим этапом работ станет масштабное испытание усовершенствованных конструкций с целью получения высоких плотностей распределения сеголеток лосося (3–5 экз./м<sup>2</sup> к началу августа). Провести такую работу предполагается на пустующих порогах и перекатах нерестовых модельных рек Карелии и Кольского п-ова. Положительный опыт создания искусственных гнезд и инкубации в них икры будет использован для восстановления численности популяций атлантического лосося на рекультивированных после лесосплава реках. Этот опыт необходим для полной реконструкции стад на бывших лососевых реках, которые утратили их в результате гидростроительства или иной хозяйственной деятельности, но сохранили к настоящему времени все необходимые гидробиологические показатели, соответствующие требованиям к размножению и развитию лососевых видов рыб.

*Работа выполнена по программе Президиума РАН «Биологические ресурсы России», тема «Разработка инновационной технологии искусственного воспроизводства лососевых рыб в естественных условиях с использованием гнезд-инкубаторов».*

## Литература

- Барков С. И., Гринюк И. Н. Приспособление для закладки оплодотворенной икры лососевых рыб в искусственные нерестовые бугры. Авторское свидетельство №286399. Официальный бюллетень изобретений и открытий. М., 1970. № 34. 4 с.
- Веселов А. Е. Инвентаризация и систематизация рек Карелии и Кольского полуострова как среды воспроизводства атлантического лосося *Salmo salar* L. // Доклады Академии наук. Общая биология. Наука, 2006. Т. 407, № 3. С. 1–5.
- Веселов А. Е., Калюжин С. М. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия, 2001. 160 с.
- Веселов А. Е., Аликов Л. В., Скоробогатов М. А. и др. Искусственная инкубация икры атлантического лосося *Salmo salar* L. в естественных условиях // Труды Карельского научного центра РАН. Вып. 11. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. С. 14–20.
- Гринюк И. Н. Результаты опыта по разведению семги методом посадки икры на ранней стадии ее развития в искусственные гнезда. Фонды ПИНРО, № 2881. 1971. 11 с.

Казаков Р. В. Биологические основы разведения атлантического лосося. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 144 с.

Кузнецов И. И. Значение промысла лососевых Дальнего Востока и искусственное рыборазведение как одно из главных средств для охранения рыбных запасов // Рыбные и пушные богатства Дальнего Востока. Сб. статей. Владивосток: изд. Научпромбюро Дальрыбохоты, 1923. С. 134–214.

Леман В. Н., Кляшторин Л. Б. Оценка состояния нерестилищ тихоокеанских лососей: метод. указ. М.: ВНИРО, 1987. 28 с.

Лупандин А. И., Павлов Д. С., Веселов А. Е., Калюжин С. М. Искусственное воспроизводство атлантического лосося (*Salmo salar*) в естественных условиях // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М: КМК, 2005. С. 434–445.

Павлов Д. С., Скоробогатов М. А., Веселов А. Е., Калюжин С. М. Устройство для инкубации икры в естественных условиях. Патент на полезную модель № 83687. Заявка № 2008144253 от 20 июня 2009 г. 2009. 4 с.

Павлов Д. С., Скоробогатов М. А., Веселов А. Е., Калюжин С. М. Способ инкубации икры в искусственных гнездах-инкубаторах, устанавливаемых в реках. Патент на полезную модель № 99688. Заявка № 2010124239, приоритет от 16 июня 2010 г. 2010. 4 с.

Смирнов Ю. А. Лосось Онежского озера. Биология, воспроизводство, использование. Л.: Наука, 1971. 141 с.

Тихий М. И. О разведении лососевых в грунте // Известия отдела прикладной ихтиологии и научно-промысловых исследований. 1925. Т. III, вып. 2, С. 125–133.

Щуров И. Л. Экологические аспекты поведения заводской молоди атлантического лосося в речных условиях: автореф. ... канд. биол. наук. КарНЦ АН СССР, 1990. 25 с.

Bams R. A. Comparison of Three Instream Incubation Techniques for Coho Salmon // North American Journal of Fisheries Management. 1985. N 5. P. 159–172.

Der Lachs kehrt zurück. Stand der Wiederansiedlung in Rheinland-Pfalz / Redaktion: Brenner T., Schneider J. (BFS). Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (MUF). 2005. Mainz. 63 s.

Donaghy M. J., Verspoor E. A New Design of Instream Incubator for Planting Out and Monitoring Atlantic salmon Eggs // North American Journal of Fisheries Management. 2000. N 20. P. 521–527.

Harshbarger T. J., Porter P. E. Survival of Brown Trout Eggs: Two Planting Techniques Compared // The Progressive Fish-Culturist. 1979. Vol. 41, N 4. P. 206–209.

Harshbarger T. J., Porter P. E. Embryo Survival and Fry Emergence from Two Methods of Planting Brown Trout Eggs // North American Journal of Fisheries Management. 1982. N 2. P. 84–89.

Lippeaue. Eine Flusslandschaft im Wandel. Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V. (ABU). 2009. 47 s.

Phillips R. W., Koski K. V. A fry trap method for estimating salmonid survival from egg deposition to fry emergence // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 1969. N 26. P. 133–141.

Rubin J.-F. Estimating the success of natural spawning of salmonids in streams // Journal of Fish Biology. 1995. N 46. P. 603–622.

Scrivener J. C. Two Devices to Assess Incubation Survival and Emergence of Salmonid Fry in an Estuary Streambed // North American Journal of Fisheries Management. 1988. N 8. P. 248–258.

Veselov A. Je., Kazakov R. V., Sysoyeva M. I., Bahmet I. N. Ontogenesis of reotactic and optomotor responses of juvenile Atlantic salmon // Aquaculture. 1998. Vol. 168. P. 17–26.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### **Веселов Алексей Елпидифорович**

главный научный сотрудник, д.б.н., профессор  
ИБ КарНЦ РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: veselov@krc.karelia.ru  
тел. (8142) 767812

### **Павлов Дмитрий Сергеевич**

директор ИПЭЭ РАН, академик РАН  
Институт проблем экологии и эволюции  
им. А.Н. Северцова РАН  
Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071  
эл. почта: pavlov@sevin.ru  
тел. (495) 9522088

### **Скоробогатов Михаил Александрович**

ведущий научный сотрудник, д.т.н., профессор  
Институт проблем экологии и эволюции  
им. А.Н. Северцова РАН  
Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071  
эл. почта: skorobogatov1@rambler.ru  
тел. (495) 9522088

### **Veselov, Alexey**

Institute of Biology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Science  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: veselov@krc.karelia.ru  
tel. (8142) 767812

### **Pavlov, Dmitry**

Institute of Ecology and Evolution,  
Russian Academy of Science  
Leninsky pr., 33, 119071, Moscow, Russia  
e-mail: pavlov@sevin.ru  
tel. (495) 9522088

### **Skorobogatov, Mikhail**

Institute of Ecology and Evolution,  
Russian Academy of Science  
Leninsky pr., 33, 119071, Moscow, Russia  
e-mail: skorobogatov1@rambler.ru  
tel. (495) 9522088

**Ефремов Денис Александрович**

ведущий биолог, аспирант  
ИБ КарНЦ РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: denisefremov@list.ru  
тел. (8142) 769810

**Белякова Елена Николаевна**

аспирант  
Петрозаводский государственный университет  
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: belyakovalena@yandex.ru  
тел. (8142)781741

**Потапов Кирилл Юрьевич**

аспирант  
Петрозаводский государственный университет  
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: lirikman@gmail.com  
тел. (8142)781741

**Efremov, Denis**

Institute of Biology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Science  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: denisefremov@list.ru  
tel. (8142) 769810

**Belyakova, Elena**

Petrozavodsk State University  
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: belyakovalena@yandex.ru  
tel. (8142)781741

**Potapov, Kirill**

Petrozavodsk State University  
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: lirikman@gmail.com  
tel. (8142)781741