

УДК 639.3041.2:597.552.511

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ГНЕЗДА-ИНКУБАТОРА ЛОСОСЕВОЙ ИКРЫ В РЕЧНЫХ УСЛОВИЯХ

**А. Е. Веселов<sup>1</sup>, Д. С. Павлов<sup>2</sup>, М. А. Скоробогатов<sup>2</sup>, Д. А. Ефремов<sup>1</sup>,  
Г. А. Нагирняк<sup>3</sup>, М. А. Ручьев<sup>1</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>Варзугский НИЦ полярных экосистем

Применительно к речным условиям разработана и испытана новая конструкция гнезда-инкубатора лосося икры с выносным водозаборником для питания устройства естественно очищенным подрусловым потоком (патент на полезную модель № 110229). В инкубационной камере использованы индивидуальные лунки, в которые размещается омываемая потоком икра. Лунки закрыты слоем гальки, имитирующей условия выхода личинок на поверхность грунта. В опыте использована искусственно оплодотворенная икра пресноводного лосося. Испытания проходили с середины октября по первую декаду июня на пороге р. Лижма (бассейн Онежского озера). Эффективность выклева жизнестойких личинок достигла 83–96 %.

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

**A. E. Veselov, D. S. Pavlov, M. A. Skorobogatov, D. A. Yefremov,  
G. A. Nagirnyak, M. A. Ruch'ev. RESULTS OF TRIALS OF A NEW DESIGN  
OF THE SALMON EGGS INCUBATION REDD IN FLUVIAL SETTINGS**

A new design of the salmon eggs incubation redd suited to fluvial conditions, fitted with a remote water intake device to feed naturally filtered underflow to the redd was developed and tested (utility model patent № 110229). The incubation chamber had individual wells to hold flow-bathed eggs. The wells were topped with a layer of gravel to simulate fry emergence conditions. The experiment was staged with artificially fertilized land-locked salmon eggs. The trials were carried out in a rapid in the Lizhma River (Lake Onega catchment) and lasted from mid-October to the first ten days of June. The hatching success of viable fry was 83–96 %.

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

### Введение

В нашей стране и за рубежом уже более полувека интенсивно ведется разработка устройств, позволяющих инкубировать икру лосося в реках [Кузнецов, 1923; Гринюк, 1971; Vams, 1985; Donaghy, Verspoor, 2000; Лу-

пандин и др., 2005; Dumas, Marty, 2006; Веселов и др., 2007, 2011; Pander et al., 2009; Павлов и др., 2009, 2010]. Эти устройства позволяют получить непосредственно на местах будущего обитания жизнестойких личинок лосося, которые расселяются самостоятельно и далее их развитие происходит на естественной кормо-

вой базе. Вместе с тем устройства-инкубаторы, применяемые в странах с умеренным и теплым климатом (Германия, Франция), где на реках нет устойчивого ледового покрова, являются обслуживаемыми – в них периодически заменяют фильтры и удаляют погибших личинок [Der Lachs..., 2005]. Для сурового климата Северо-Запада России и длительного периода ледостава обслуживаемые устройства непригодны. Это означает, что в течение всего периода инкубации для омыwania икринок необходимо сохранить поступление чистой воды.

Мы продолжили поиски оптимальной системы водозабора естественно очищенного подруслового потока, а также совершенствование внутренней схемы проточности гнезда и индивидуальных лунок для икры. С этой целью разработана новая конструкция гнезда-инкубатора, защищенная патентом на полезную модель (№ 110229 «Устройство для инкубации икры лососевых рыб в естественных условиях»), в которой учтен предыдущий опыт проектирования подобных устройств.

## Материалы и методы

Испытания гнезд-инкубаторов проводились с 29 октября 2010 г. по 6 июня 2011 г. на нижнем пороге лососевой нерестовой реки Лижма (62°22'39" с. ш., 34°29'47" в. д.). Использована икра шуйской популяции пресноводного лосося, оплодотворенная на рыбопункте Карельской рыболовной станции. Обе реки относятся к бассейну Онежского озера. Гнезда-инкубаторы устанавливались на глубине 0,7–0,8 м в двух метрах от берега. Полученные в конце опыта личинки лосося собирались в верхних накопителях гнезд-инкубаторов, выходные патрубки которых были закрыты сеткой (рис. 1). Этим не допускалось расселение личинок, обеспечивался точный учет выживших мальков и оценка состояния их развития по степени подвижности и рассасыванию желточного мешка.

## Конструкции гнезд-инкубаторов

Испытываемые устройства состояли из выносного водозаборника и основного корпуса инкубатора, которые были соединены между собой гофрированной, устойчивой к смятию грунтом трубкой (рис. 1, 2).

Водозаборник представлял собой заглушенную с обоих концов вставками пластиковую трубку диаметром 50 мм и длиной 500 мм, которая была перфорирована с фронтальной к подрусловому потоку стороны. Водозаборник и соединительная гофрированная трубка длиной 1, 2 и 3 м для трех устройств (далее по длине

трубки будут нумероваться устройства), закапывались в грунт впереди гнезда-инкубатора. Вода поступала в водозаборник и затем по трубке – в корпус устройства. За счет перепада уровня, обеспечиваемого естественным уклоном порога, в испытываемых гнездах возникала проточность. Чем длиннее трубка, тем проточность была больше. Опытным путем, с применением красителя, впрыскиваемого в водозаборник, установлено, что если у поверхности скорость течения в реке 0,9–1,1 м/с, то расход воды, проходящей через гнездо-инкубатор, составлял для трубки длиной 1 м – 4,17 см<sup>3</sup>/с, при длине 2 м – 6,25 см<sup>3</sup>/с, а при длине 3 м – 12,5 см<sup>3</sup>/с.

Основной корпус гнезда-инкубатора разделен пластиной с лунками на две части. В нижнюю часть, или отстойник, очищенная вода поступает из водозаборника. Затем она проходит через лунки с инкубируемой в них икрой, далее через покровную гальку попадает в верхнюю накопительную камеру. Из нее вода вытекает по выпускному патрубку наружу (рис. 1). Вылупившиеся и окрепшие личинки протискиваются через слой покровной гальки в накопительную камеру, откуда они могут выплывать через выходной патрубок и расселяться в придонном межгалечном пространстве дна реки.

В лунки инкубационной пластины каждого гнезда закладывалось около 100 оплодотворенных икринок лосося. Точное их количество определялось по сделанным фотографиям. Пластина закреплялась в корпусе устройства. Сверху на лунки слоем 20 мм засыпалась покровная галька (диаметром 12–15 мм) и гнездо закрывалось крышкой. Расстояние от покровной гальки до крышки составляло около 15–18 мм, этого было достаточно для образования пространства накопительной камеры.

Устойчивое удержание гнезд-инкубаторов на дне надежно обеспечивалось весом покровной гальки. Корпуса устройств были выкрашены в черный цвет, что делало их незаметными.

## Результаты испытаний и обсуждение

Промежуточную проверку процесса инкубации проводили 3 мая, подняв и вскрыв гнездо-инкубатор № 1 с коротким шлангом. Установлено, что личинки несколько дней назад вылупились из икры и находились в своих лунках. Они имели яркую оранжево-желтую окраску и крупный жировой мешок, лежали на боку и изредка совершали движения хвостовым стеблем, что приводило к их переворачиванию. Температура воды в реке к этому времени повысилась до 2,2 °С, ледовый покров сошел. Отметим, что полного учета выклюнувшихся

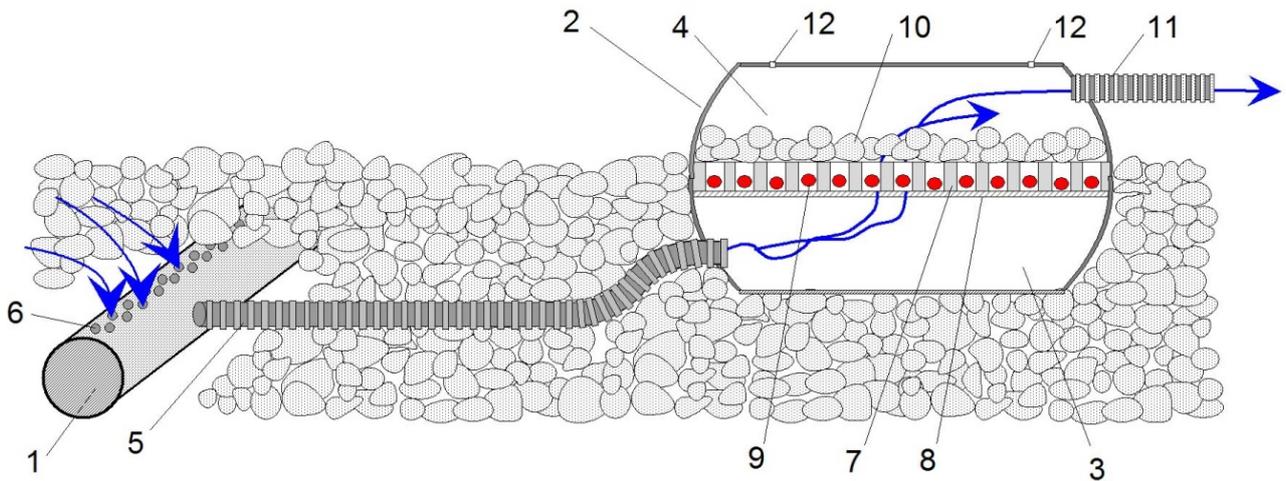


Рис. 1. Схема конструкции гнезда-инкубатора: 1 – выносной водозаборник, 2 – основной корпус, 3 – отстойник, 4 – накопительная камера, 5 – гофрированная трубка, 6 – перфорация, 7 – пластина с лунками, 8 – защитная сетка, 9 – икра, 10 – покровная галька, 11 – выходной патрубок, 12 – дренажные отверстия.



Рис. 2. Конструкция гнезда-инкубатора и установка его на дне реки

личинок в устройстве не проводили, т. к. открывали только часть покровной гальки. Затем гнездо было собрано и установлено на прежнее место с подсоединением гофрированной трубки водозаборника.

Полная проверка результатов инкубации икры в испытываемых устройствах была выполнена 6 июня. К этому времени вода в реке прогрелась до 10–11 °С. Со дна были подняты все три гнезда и открыты. Предварительно под

водой отсоединяли трубки водозаборников, а отверстия соединительных патрубков затыкали пробкой, удерживая воду в устройствах для предотвращения обсыхания личинок.

Почти все личинки в трех гнездах находились в накопительных отсеках. Они активно плавали, желточный мешок к этому времени полностью рассосался, спинка тела имела темно-серую окраску. После снятия покровной гальки установлено, что единичные личинки остались в лунках всех трех гнезд.

Гнездо-инкубатор № 1. В это устройство на инкубацию было заложено 96 икринок. Из них 4 остались в своих лунках и погибли (4 %), не пройдя все стадии эмбриогенеза. Остальные личинки были обнаружены в накопительной камере, где они активно плавали. Эффективность инкубации в этом устройстве оказалась самой высокой – 96 %.

Гнездо-инкубатор № 2. Из 93 икринок вылупилось 85 личинок, из них одна погибла в накопительном отсеке. В лунках осталось 7 икринок. Всего погибло 8 эмбрионов (9 %). Эффективность инкубации составила 91 %.

Гнездо-инкубатор № 3. Из 97 заложенных на инкубацию икринок погибло 16 (17 %). Эффективность инкубации составила 83 %.

Испытаниями установлено, что из трех инкубационных устройств, находящихся в одинаковых гидрологических условиях, наибольший выход жизнеспособных личинок лосося наблюдался в гнезде № 1. Отличительными особенностями новых гнезд-инкубаторов были: зарываемый в грунт выносной водозаборник, присоединяемый к корпусу шлангом, и покровная галька, отделяющая лунки с икрой от накопительного отсека. Как показала практика, питание устройства чистой водой из подруслового потока, а также сохранение икринок в индивидуальных лунках гарантирует высокий процент выклева и выхода в естественную среду личинок лососевых рыб [Лупандин и др., 2005; Веселов и др., 2007, 2011; Павлов и др., 2009, 2010].

В устройстве № 1 длина соединяющего водозаборник с корпусом шланга составляла 1 м, что позволило создавать скорость обтекания икринок в лунках 0,056 см/с. При более высоких скоростях течения, имеющих место в устройствах № 2 и 3 (длина шланга 2 и 3 м), значительно увеличивался процент гибели эмбрионов. Наибольший отход эмбрионов был обнаружен в гнезде-инкубаторе № 3 с самым высоким расходом воды – 12,5 см<sup>3</sup>/с. Здесь же наблюдалось покрытие погибших икринок мелкодисперсным илом, который проникал через зарытый в грунт водозаборник, частично оседая в отстойнике. Причем слой ила в отстойни-

ке достигал половины его объема. В устройстве № 2, с расходом 6,25 см<sup>3</sup>/с, также отмечен отход эмбрионов и заполнение илом отстойника, однако всего на 1/5 объема.

По-видимому, более важной характеристикой является не общая проточность устройства, а индивидуальная в лунках. Так, в каждой инкубационной пластине было высверлено по 100 лунок. Скорость течения в лунках зависела от диаметра входного отверстия на дне лунки. В нашем случае он составляет 12 мм, соответственно, с учетом расходов 4,17; 6,25 и 12,5 см<sup>3</sup>/с, скорость течения в лунках гнезда № 1 была 0,056 см/с, № 2 – 0,075 см/с, № 3 – 0,15 см/с.

Если сравнивать эти значения со скоростью подруслового потока в нерестовых гнездах лосося (0,03–1,2 см/с), то окажется, что скорость течения в устройствах находится в пределах природных значений, найденных В. Н. Леманом и Л. Б. Кляшториным [1987]. Это условие обеспечивает незаиливаемость икринок в естественном гнезде нерестового бугра и достаточную проточность для дыхания эмбрионов и оттока метаболитов [Леман, Кляшторин, 1987; Tonina, Buffington, 2009].

С помощью покровной гальки достигался необходимый вес устройства, позволяющий ставить гнездо на грунт без специального крепежа. Другая ее функция заключалась в имитации естественных условий выхода личинок на поверхность грунта, как это происходит в природных условиях [Phillips, Koski, 1969; Гринюк, 1971; Веселов, Калюжин, 2001]. Личинки успешно преодолевали гальку в испытываемых устройствах и собирались в накопителе. Затем они могли бы (при отсутствии защитной сетки) свободно покинуть устройство через выходной патрубок и самостоятельно расселиться по участкам обитания, как это нами было показано в эксперименте на р. Суна [Веселов и др., 2011].

## **Заключение**

Таким образом, разработан новый тип гнезда-инкубатора с выносным водозаборником. Гнезда с оплодотворенной икрой атлантического лосося устанавливались на пороговый нерестово-выростной участок лососевой реки. Опытным путем была определена необходимая проточность гнезда и индивидуальных лунок для икринок. Испытания показали: при расходе воды в устройствах 4,17–12,5 см<sup>3</sup>/с скорость течения в лунках гнезд изменяется от 0,056 см/с до 0,15 см/с, что позволяет достичь эффективности инкубации 83–96 %. Полученный результат указывает на перспективность разработанной конструкции гнезда-инкубатора.

Работа выполнена по программе Отделения биологических наук «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» (тема: «Разработка инновационной технологии и эффективных конструкций гнезд-инкубаторов для интенсивного воспроизводства лососевых рыб в реках», 2012–2014 гг.); при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям (госконтракты 02.740.11.0280, 14.740.11.0165, 16.740.11.0174); Программы Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-719.2012.4; гранта Президента РФ 3682.2011.4.

## Литература

- 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., Зубченко А. В., Калюжин С. М., Шустов Ю. А., Потуткин А. Г.* 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.
- Веселов А. Е., Павлов Д. С., Скоробогатов М. А., Ефремов Д. А., Белякова Е. Н., Потапов К. Ю.* Опыт искусственной инкубации икры атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в р. Суне (бассейн Онежского озера) // Труды КарНЦ РАН. Серия «Экспериментальная биология». 2011. № 3. С. 28–38.
- 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.
- Кузнецов И. И.* Значение промысла лососевых Дальнего Востока и искусственное рыбозаведение 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: методические указания. М.: ротопринт 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.
- Патент на полезную модель № 110229 / Павлов Д. С., Веселов А. Е., Скоробогатов М. А., Волков Б. А. Устройство для инкубации икры лососевых рыб в естественных условиях. Заявка № 2011120652/13 от 20 мая 2011. 4 с.
- Bams R. A.* Comparison of Three Instream Incubation Techniques for Coho Salmon // North American Journal of Fisheries Management. 1985. № 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.
- Dumas J., Marty S.* A new method to evaluate egg-to-fry survival in salmonids, trials with Atlantic salmon // Journal of Fish Biology 68. 2006. P. 284–304.
- Pander J., Schnell J., Sternecker K., Geist J.* The «egg sandwich» a method for linking spatially resolved salmonid hatching rates with habitat variables in stream ecosystems // Journal of Fish Biology 74. 2009. P. 683–690.
- 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.
- Tonina D., Buffington J. M.* A three-dimensional model for analyzing the effects of salmon redds on hyporheic exchange and egg pocket habitat // Canadian Journal Fish and Aquatic Science. Vol. 66. P. 2157–2173.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### **Веселов Алексей Елпидифорович**

главный научный сотрудник, д. б. н., проф.  
Институт биологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,  
Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: veselov@krc.karelia.ru  
тел.: (8142) 767812

### **Павлов Дмитрий Сергеевич**

директор, 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

### **Veselov, Aleksey**

Institute of Biology, Karelian Research Centre  
Russian Academy of Sciences  
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 Sciences  
33 Leninskii pr., 119071 Moscow, Russia  
e-mail: pavlov@sevin.ru  
tel.: (495) 9522088

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

**Ефремов Денис Александрович**  
научный сотрудник, к. б. н.  
Институт биологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,  
Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: denisefremov@list.ru  
тел.: (8142) 769810

**Ручьев Михаил Андреевич**  
аспирант  
Институт биологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,  
Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: lsstyle@yandex.ru  
тел.: (8142) 769810

**Skorobogatov, Mikhail**  
Institute of Ecology and Evolution,  
Russian Academy of Sciences  
33 Leninskii pr., 119071 Moscow, Russia  
e-mail: skorobogatov1@rambler.ru  
tel.: (495) 9522088

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

**Ruch'ev, Mikhail**  
Institute of Biology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,  
Karelia, Russia  
e-mail: lsstyle@yandex.ru  
tel.: (8142) 769810