

# Инновационные технологии и устройства для инкубирования икры лососевых рыб в реках

Академик РАН, д-р биол. наук Д.С. Павлов – Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва; профессор, д-р биол. наук А.Е. Веселов – Институт биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск; профессор, д-р биол. наук М.А. Скоробогатов – ИПЭЭ РАН г. Тверь, К.В. Илюшин – ЦУРЭН, г. Москва; канд. биол. наук Д.В. Ефремов – ИБ КарНЦ РАН, аспирант М.А. Ручьев – ИБ КарНЦ РАН, аспирант С.А. Деревянко – Тверской государственный технический университет, г. Тверь; ippeedirector@gmail.com; veselov@krc.karelia.ru; skorobogatov1@rambler.ru; zurenexpert@mail.ru; denisefremov@list.ru; lsstyle@yandex.ru

**Ключевые слова:** лососевая икра, гнезда–инкубаторы, технологии инкубации

Разработаны и испытаны новые конструкции речных гнезд-инкубаторов лососевой икры с индивидуальными лунками и водозабором подруслового потока. Предложена длинноцикловая и короткоцикловая технологии инкубации, позволившие достичь 83-98% эффективности выхода жизнестойких личинок.

Одним из перспективных направлений по зарыблению лососевых рек является разработка устройств, позволяющих инкубировать икру рыб в реках [10; 5; 11; 1; 2; 12]. Эти устройства, с искусственно оплодотворенной икрой, размещают на порогах и перекатах. По завершении инкубационного периода жизнестойкие личинки лососевых рыб самостоятельно расселяются из гнезд-инкубаторов по порогам и ведут характерный для дикой молодежи образ жизни, их рост и развитие происходит на естественной кормовой базе.

Наши работы по созданию гнезд-инкубаторов были начаты в 2003 году. За текущее десятилетие было испытано 14 конструкций, которые устанавливали в разных, по гидрологическому режиму, реках и проводили тестирование в гидравлической лаборатории Тверского государственного технического университета. Среди них были устройства с русловым и подрусловым типом водного питания, отличающиеся по форме и размерам. Эти испытания показали, что для каждой реки, со своими гидрологическими особенностями, необходимо подбирать определенный тип гнезд-инкубаторов.

Доставку икры к порогам и перекатам рек можно осуществлять осенью, в течение 5-6 дней после ее оплодотворения, либо весной до ледохода на стадии развития «глазок».

В малых реках, часто труднодоступных, заводское воспроизводство по ряду причин невозможно или экономически не выгодно. Это определило выделение двух технологий, различающихся по продолжительности инкубации — длинноцикловой и короткоцикловой (рис. 1).

Под длинноцикловой технологией понимается инкубация икры в течение всего периода развития в гнездах-инкубаторах (октябрь-конец мая), т.е. получение жизнестойких личинок происходит полностью в естественных речных условиях, и в этом состоит основное отличие этой методики от искусственного заводского воспроизводства, кроме оплодотворения икры на рыбопункте. Испытания длинноцикловой технологии проведены нами на р. Индера (бассейн Белого моря) в 2006-2007гг., в реках Лижма и Суна – в 2010-2013 гг. (бассейн Онежского озера). В результате удалось получить 81-97% выхода личинок лосося [1], а на реке Суна – 98-100%.

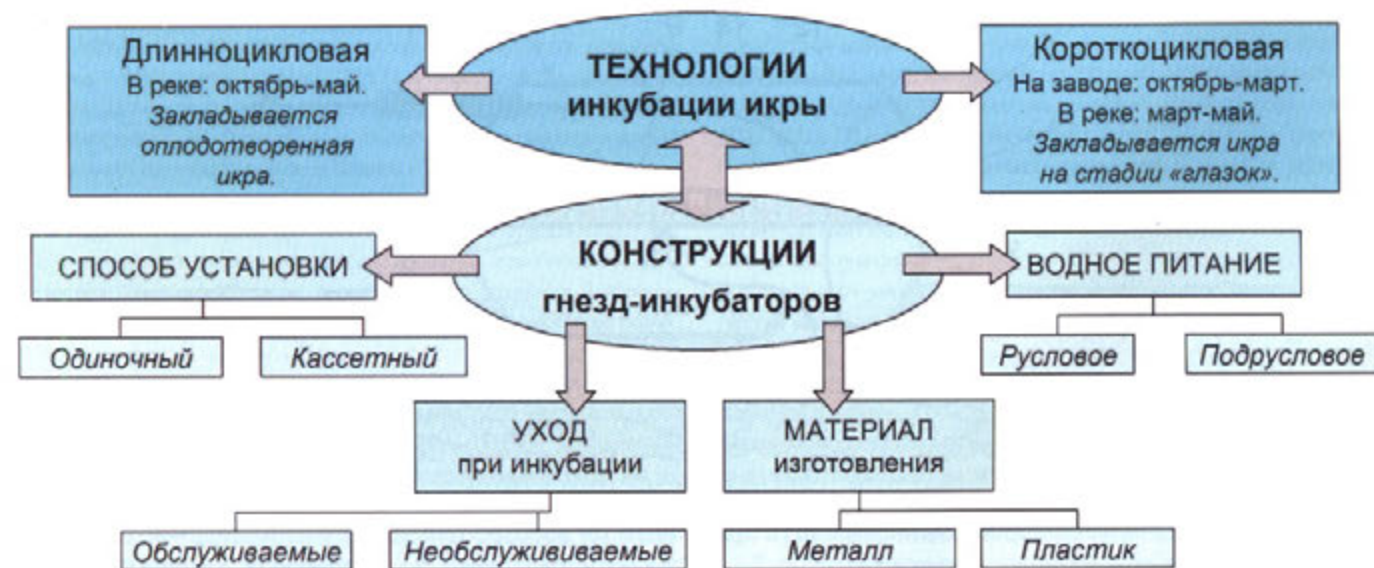


Рис. 1. Технологии инкубации икры и конструктивные признаки разрабатываемых устройств



Короткоцикловая технология предполагает частичную инкубацию икры на рыбоводном заводе до стадии «глазок» (март), когда эмбрионы можно транспортировать к реке и закладывать в гнезда-инкубаторы. Короткоцикловая технология удобна, если рядом расположен рыбоводный завод, инкубирующий икру лососевых рыб. В некоторых случаях эта методика незаменима при зарыблении труднодоступных рек и притоков, доставку икры на которые осуществляют с использованием снегоходов. Гнезда-инкубаторы устанавливают в майны или промоины на выбранные еще осенью площадки, на которых не происходит «перепахивания» грунта при весеннем ледоходе. Короткоцикловая технология была успешно апробирована нами на реках Суна и Лижма в 2008 и 2011 гг., где выход диких личинок пресноводного лосося составил 95-97% [2; 3].

Мы предлагаем классифицировать конструкции гнезд-инкубаторов по типу водного питания, способам установки, материалу изготовления и уходу за ними в период эксплуатации (рис. 1). Эту классификацию можно продолжить и по другим признакам: способу разделения икринок индивидуальными лунками или инкубационному субстрату; наличию покровного материала или мембраны на лунках, типу устройств для выхода личинок в речной поток; расположению гнезда на грунте, в грунте или над ним и т.д.

Из способов установки гнезд на речное дно можно выделить *одиночный* и *кассетный*. Наши разработки ориентированы, в основном, на *одиночный* способ установки. Практика показала, что одиночные конструкции устойчивы к паводкам и удобны для использования в реках с неровным рельефом дна. В этом случае их выставляют по 10-30 шт. на небольшом участке порога, площадь

которого составляет всего 2-4 м<sup>2</sup>. В некоторых крупных реках, имеющих более глубокие участки с ровным дном, оправдано использование *кассетного* способа. В этом случае 10-20 гнезд закрепляют на стальной раме. После загрузки оплодотворенной икры, рамы размещают на ровном дне, сразу перед порогом или после него. В местах установки гнезд скорость течения у поверхности предпочтительно должна составлять около 0,5-0,7 м/с, гнезда рекомендуется устанавливать на глубине 0,6-0,9 м. При этом следует учитывать колебания уровня воды в реке, чтобы не допустить обсыхания или промерзания гнезд в зимнюю межень.

По *водному питанию* гнезда-инкубаторы подразделяются на устройства с *руслowym* и *подруслowym* водозабором. В первом случае вода в устройства поступает непосредственно из речного потока, и тогда обычно используются сменные фильтры, а во втором – из подруслового потока в галечном грунте с глубины 2-25 см, как в естественных нерестовых гнездах лососевых рыб. Поэтому, за счет естественной фильтрации воды в грунте, поступление взвеси резко снижено, а в паводок ее практически нет. Губительное воздействие взвеси связано с покрытием оболочки эмбрионов инородным слоем, препятствующим нормальному газообмену и метаболизму развивающихся организмов.

По *уходу за конструкциями* можно выделить две группы гнезд-инкубаторов – *обслуживаемые* и *необслуживаемые*. В устройствах, разрабатываемых для рек, где нет устойчивого ледового покрова, например, для умеренного климата Европейских стран, чаще всего используют *русловой* тип питания. В этом случае внутри инкубаторов, установленных в реках, попадают губительные для эмбрионов

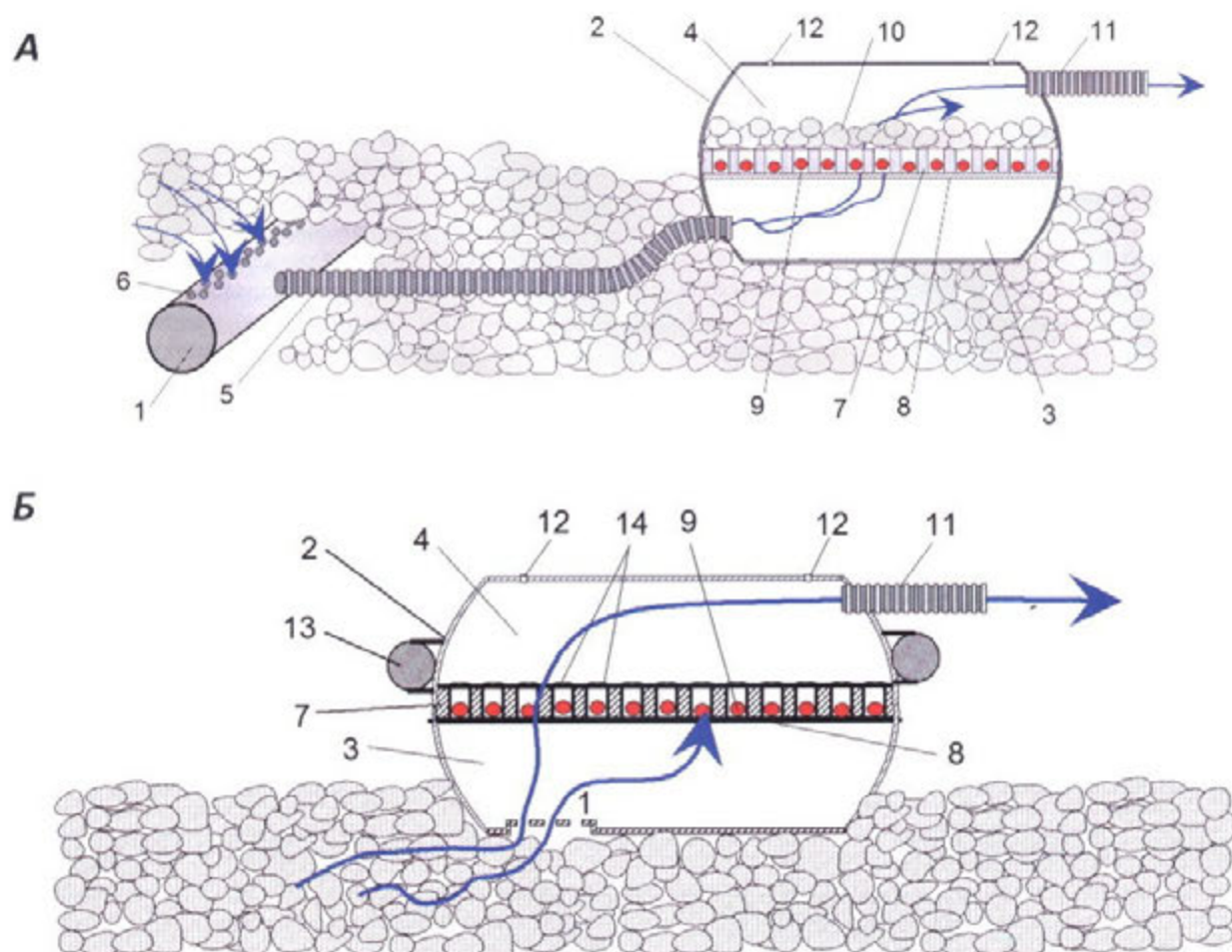


Рис. 2. Схема гнезд-инкубаторов с выносным (а) и придонным (б) водозаборником: 1 – водозаборник, 2 – корпус, 3 – отстойник, 4 – накопительная камера, 5 – гофрированная трубка, 6 – перфорация, 7 – пластина с лунками, 8 – защитная сетка, 9 – икра, 10 – покровная галька, 11 – выходной патрубков, 12 – дренажные отверстия, 13 – грузовое кольцо, 14 – лепестковая мембрана





Рис. 3. Испытание гнезд-инкубаторов с выносным (а, б) и прижимным (в) водозаборниками на реках Лижма и Суна. Личинки лосося из гнезд р. Лижма (г)

частицы ила или детрита, поэтому их необходимо периодически обслуживать, заменяя фильтры и удаляя погибших личинок [9]. В условиях сурового климата Северо-Запада России обслуживаемые устройства непригодны, т.к. невозможно их поднимать в период ледостава. В связи с этим, а также по причине снижения трудозатрат, предпочтительнее использование необслуживаемых устройств, запитанных на естественно очищенном подрусловом потоке [5; 2; 3].

**Материал изготовления** гнезд-инкубаторов должен быть биоинертным. Наш опыт показывает, что при использовании оцинкованной стали или медных элементов, выживаемость эмбрионов не превышает 15-25%, а в некоторых случаях наблюдается 100% гибель. Подходящим материалом является пищевой пластик – полиэтиленотерфталат (PET) и экологически чистая нержавеющая пищевая сталь 18/10 (12х18Н10Т). Пластиковые конструкции значительно дешевле металлических, однако они требуют наличия грузового пояса, в нашем случае – в виде стального кольца, обеспечивающего придавливание к грунту. Гнезда из обоих материалов пригодны для многократного использования.

В последние годы нами разрабатываются технологии и конструкции гнезд-инкубаторов, в которых, для создания благоприятных гидравлических условий, используется подрусловый поток. В этом случае конструкции гнезд-инкубаторов частично заглублены в грунт. Проведенные испытания на реках Лососинка, Суна, Лижма (Республика Карелия), Индера (Мурманская обл.) и др. показали перспективность данного направления. В результате был предложен ряд новых конструкций, на которые получены патенты РФ [6; 7; 8]. В каждом последующем устройстве использовались удачные элементы от предыдущих инкубаторов. Так, например, была разработана и испытана конструкция с выносным водозаборником, в которой эффективность инкубируемой икры достигала 94-97%,

и с придонным водозаборником, с эффективностью 98% (рис. 2а, б). В первом устройстве для прикрытия икры в лунках использовалась покровная галька [3], а во втором – специальная лепестковая мембрана. Оба способа позволяли сохранять икру и эмбрионы в лунках до выхода личинок, обеспечивая постоянную проточность – доставку кислорода и вынос метаболитов [8]. В каждый из испытываемых инкубаторов закладывалось от 96 до 130 икринок, что оптимально при быстрой загрузке икры, препятствующей ее обсыханию или обморожению перед установкой на дно реки.

Принцип работы гнезд основан на промывании икры в лунках струйками воды с низкой скоростью течения. Корпус гнезда инкубатора разделен пластиной с лунками на две части (рис. 2а, б). В нижнюю часть или отстойник (3) очищенная вода поступает из водозаборника (1). Затем она проходит через защитную сетку (8) в лунки (7) с инкубируемой в них икрой (9), далее – через покровную гальку (10) или лепестковую мембрану (14) и попадает в верхнюю накопительную камеру (4), из которой вода вытекает по выходному патрубку (11) наружу. Вылупившиеся и окрепшие, за счет постепенного использования желточного мешка, личинки продвигаются через слой покровной гальки или открывают лепестки мембраны и оказываются в накопительной камере. Здесь происходит их дальнейшее развитие до завершения эндогенного питания. В конце этого периода увеличивается двигательная активность личинок, и они выплывают из устройства через патрубок наружу, где расселяются в придонном межгалечном пространстве дна реки и переходят на экзогенное питание.

С помощью гидравлических испытаний определяли оптимальную проточность гнезд-инкубаторов. Установлено, что расход воды в устройстве, и соответственно скорость обтекания икринок в лунках, зависят от величины скорости течения над гнездом инкубато-



ром, определяемой уклоном водной поверхности, а также длиной шланга от устройства до водозаборника.

Полученные результаты лабораторных исследований позволили разработать методику гидравлического расчета конструкций гнезд-инкубаторов, использованную при их проектировании, изготовлении и испытании.

Так, например, испытания устройств с выносным водозаборником проводили в р. Лижма (полощиколая технология) с 29 октября 2010 г. по 6 июня 2011 г., а с донным – в р. Суна с 9 апреля по 24 мая 2013 г. (сокращенная технология) (рис. 3). Реки относятся к бассейну Онежского озера, поэтому использована икра Шуйской популяции пресноводного лосося, оплодотворенная на рыбопункте Карельской рыболовной станции. Гнезда-инкубаторы устанавливались на глубине 0,7-0,8 м в двух-трех метрах от берега. В конце опыта выклюнувшиеся личинки лосося скапливались в накопительных камерах гнезд-инкубаторов. В одном случае выходные патрубки этих камер были закрыты сеткой, препятствующей выходу мальков (р. Лижма), а в другом – происходило их естественное расселение (р. Суна). Это позволило в гнездах из р. Лижма проводить точный учет выживших мальков и оценить состояние их развития по степени подвижности и рассасывания желточного мешка, а в случае с гнездами из реки Суна – вести наблюдение за расселением личинок.

Установлено, что скорость обтекания икринок в лунках варьировала от 0,056 см/с до 0,15 см/с. Это соответствовало данным, полученным в лаборатории. Если сравнивать эти значения со скоростью подруслового потока в нерестовых гнездах лосося (0,03-1,2 см/с) [4], то окажется, что скорость течения в устройствах соответствует природным значениям. Эффективность инкубации икры в гнездах из р. Лижма составляла 83-96%, а из р. Суна – 98-100%. Через две недели на пороге в р. Суна плотность мальков лосося составляла 7-12 экз./100 м<sup>2</sup>, что является высоким показателем. Предполагается продолжить испытание данных конструкций инкубаторов в иных гидрологических условиях.

Таким образом, на основе проведенных испытаний, мы рекомендуем использовать гнезда-инкубаторы обтекаемой уплощенной формы. Предпочтительно, чтобы они были диаметром 15-25 см и высотой не более 5-7 см. Этим обеспечивается простота установки, сохранность при ледоходе, защита и устойчивость на неровном дне в паводки.

Использование подруслового водного питания позволяет в течение всего периода инкубации омывать икринок естественным очищенным потоком и сделать конструкции необслуживаемыми. Как показали испытания на реках Индера, Писто-йоки, Суна, Лижма, Лососинка, именно такое водное питание, а также расположение икринок в индивидуальных лунках с покровной галькой или мембранами гарантируют высокий процент (более 90%) выклева и выхода в естественную среду личинок лососевых рыб [5; 1; 2; 3]. В дальнейшем будет продолжен поиск оптимальной системы конструкции заглубляемого в грунт или прижимаемого к нему водозаборника подруслового пото-

ка; совершенствование внутренней схемы проточности устройства; разработка методов быстрой загрузки икры в гнезда-инкубаторы, а также способов их установки на речное дно без применения специальных средств крепления.

Гнезда-инкубаторы планируется использовать при восстановлении численности популяций и воссоздании стад лосося, кумжи в реках с критически низким количеством производителей или с утраченными популяциями.

*Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» (2012–2014 гг.).*

*Авторы выражают глубокую благодарность за помощь в работе сотрудникам заповедника «Кивач».*

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Веселов А.Е., Аликов Л.В., Скоробогатов М.А., Зубченко А.В., Калюжин С.М., Шустов Ю.А., Потупкин А.Г. Искусственная инкубация икры атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в естественных условиях // Труды КарНЦ РАН. Серия Экология. Экспериментальная генетика и физиология. Выпуск 11. Петрозаводск, 2007. С. 14–19.
2. 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. Суна (бассейн Онежского озера) // Труды КарНЦ РАН. Серия «Экспериментальная биология». Выпуск 3. Петрозаводск, 2011. С. 28–38.
3. Веселов А.Е., Павлов Д.С., Скоробогатов М.А., Ефремов Д.А., Нагирняк Г.А., Ручьев М.А. 2013. Результаты испытаний новой конструкции гнезда-инкубатора лососевой икры в речных условиях // Труды Карельского научного центра РАН. Серия «Экспериментальная биология», №3. С. 179–184.
4. Леман В.Н., Кляшторня Л.Б. 1987. Оценка состояния нерестилищ тихоокеанских лососей // Методические указания. М.: ВНИРО. 28 с.
5. 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.
6. Павлов Д.С., Скоробогатов М.А., Веселов А.Е., Калюжин С.М., Волков Б.А. 2010а. Устройство для инкубации икры в естественных условиях // Патент на полезную модель №99688. Бюл. №33 (от 2010). 4 с.
7. Павлов Д.С., Веселов А.Е., Скоробогатов М.А., Волков Б.А. 2010б. Устройство для инкубации икры лососевых рыб в естественных условиях // Патент на полезную модель №110229. Бюл. от 2011. 2 с.
8. Павлов Д.С., Веселов А.Е., Скоробогатов М.А., Волков Б.А., Ефремов Д.А. 2013. Устройство для инкубации икры и получения личинок лососевых рыб в естественных условиях // Патент на полезную модель №127587. Бюл. №13 от 2013. 4 с.
9. Brenner T, Schneider J. Der lachs kehrt zurück // Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, 2005. 63 p.
10. 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, v. 20, 2000. P. 521–527.
11. Dumas J, Marty S. A new method to evaluate egg-to-fry survival in salmonids, trials with Atlantic salmon // Journal of Fish Biology, v. 68, 2006. P. 284–304.
12. 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, v.74, 2009. P. 683–690.

## Innovation techniques and facilities for hatching salmon spawn in rivers

**Pavlov D.S.**, academician – A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS; **Veselov A.E.**, Doctor of Sciences, professor – Karelian Research Centre Institute of Biology, RAS; **Skorobogatov M.A.**, Doctor of Sciences, professor – A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS; **Ilyushin K.V.** – Central Department for Fisheries Expertise and Norms for Protection and Reproduction of Fish Stock, **Yefremov D.V.**, PhD, **Ruchiyev M.A.**, postgraduate – Karelian Research Centre Institute of Biology, RAS; **Derevyanko S.A.**, postgraduate – Tver State Technical University, [ippeedirector@gmail.com](mailto:ippeedirector@gmail.com); [veselov@krc.karelia.ru](mailto:veselov@krc.karelia.ru); [skorobogatov1@rambler.ru](mailto:skorobogatov1@rambler.ru); [zurenexpert@mail.ru](mailto:zurenexpert@mail.ru); [denisefremov@list.ru](mailto:denisefremov@list.ru) [lsstyle@yandex.ru](mailto:lsstyle@yandex.ru)

The new structures of river salmon spawn nest-hatchers with individual holes and underflow water intake are developed and tested. The long- and short-cycle incubation techniques are proposed, 83-98% viable larva efficiency being achieved.

**Key words:** salmon spawn, nest-hatchers, incubation techniques