

УДК 639.041.2: 597.552.51 (282.247.213/.218)

ИСПЫТАНИЕ ГНЕЗД-ИНКУБАТОРОВ ИКРЫ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*) «ШАЙБА 400» В МАЛЫХ ПРИТОКАХ РЕКИ МАЛКА (О. САХАЛИН)

**Д. А. Ефремов^{1,3}, А. Е. Веселов^{1,3}, М. А. Ручьев^{1,3},
М. А. Скоробогатов^{2,3}, Л. К. Федорова⁴, А. И. Мадудин⁵**

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия

² Тверской государственный технический университет, Россия

³ Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия

⁴ Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

⁵ ООО «Нерест-2008», Сахалинская обл., Россия

Представлен результат внезаводского метода воспроизводства кеты (*Oncorhynchus keta*), испытанного в малых притоках р. Малка (бассейн Охотского моря, Татарский пролив). Использованы специально сконструированные гнезда-инкубаторы, устанавливаемые на дно порогового участка реки. Каждое устройство представляет собой обтекаемую емкость, внутри которой в два яруса размещены инкубационные пластины с лунками для икры. В дне устройства имеется водозаборник, обеспечивающий постоянное поступление свежей воды, сверху установлен выпускной патрубок для выноса воды с продуктами жизнедеятельности эмбрионов из устройства. Гнездо позволяет инкубировать в течение зимы оплодотворенную икру кеты и весной получать жизнестойких личинок, самостоятельно расселяющихся в пороге реки или принудительно извлекаемых из устройств для подращивания в бассейнах. В ходе испытания выявлены как преимущества (повышенная емкость для инкубируемой икры до 404 икринок кеты на устройство, щели на дне лунок, ограничивающие икринки от проваливания в нижнюю накопительную камеру в период инкубации и одновременно позволяющие выходить личинкам в накопительную камеру после вылупления), так и конструктивные недостатки (слабая проточность при кассетном способе установки, а также нарушение проточности в условиях забивания водозаборного патрубка песком). В целом эффективность выклева личинок составила 97,8 %. Выход малька в реку не превысил 48,7 %. Гибель части мальков произошла из-за нарушения проточности устройств в результате критического падения уровня воды в зимнюю межень, а также из-за высокого, до 25 см, уровня наносов. Большой отход, в некоторых устройствах до 100 %, наблюдался в гнездах, установленных кассетами. При незначительной доработке устройство можно использовать для восстановления численности кеты и других тихоокеанских лососей в небольших реках.

Ключевые слова: внезаводской метод инкубации; икра кеты; гнезда-инкубаторы «Шайба 400»; технологии инкубации.

D. A. Efremov, A. E. Veselov, M. A. Ruch'ev, M. A. Skorobogatov, L. K. Fyodorova, A. I. Madudin. TRIALS OF "SHAYBA 400" INCUBATION NESTS FOR CHUM SALMON (*ONCORHYNCHUS KETA*) EGGS IN SMALL TRIBUTARIES TO THE MALKA RIVER (SAKHALIN ISLAND)

The outcome of a non-hatchery method for chum salmon (*Oncorhynchus keta*) reproduction is presented. The method was tested in small tributaries to Malka River (Sea of Okhotsk catchment, Tatar Strait). Specially designed incubation nests were deployed on the bottom of river stretches with rapids. Each device is a streamlined flattened vessel with two layers of incubation plates with wells for individual egg. There is a water inlet in the bottom of the device to secure continuous supply of fresh water; water with embryos' waste products is washed out of the device through an outlet tube on the top. The nest allows incubating fertilized chum salmon eggs during the winter and get viable larvae in spring, who would then either disperse across the rapid by themselves or be taken out of the devices to be post-reared in pools. The trial revealed both strengths (higher capacity for the incubated eggs – up to 404 chum salmon eggs per device, slots in the bottom of the wells preventing eggs from falling through to the underlying collection chamber during incubation but at the same time allowing the movement of larvae to the collection chamber after hatching) and structural flaws (poor water flow in the cassette installation mode, as well as flow blockage by sand clogging the water intake pipe). Overall, the hatching rate was 97.8 %. Not more than 48.7 % exited the next as larvae. Mortalities were partially due to the blockage of flow through the devices as a result of a critical drop in the water level during the winter low water period, and to the high sediment load, up to 25 cm. Losses were higher, in some devices up to 100 %, in the nests with cassette-type installation. After a minor upgrade, the device can be used to restore the numbers of chum salmon and other Pacific salmon species in small rivers.

Key words: non-hatchery incubation method; chum salmon eggs; nests incubators "Shayba 400"; incubation techniques.

Введение

Лососевые виды рыб в ходе эволюционного развития приобрели сложный жизненный цикл, включающий приуроченность к пресноводным водотокам в период размножения и роста молоди, а также необходимость миграции в нагульный период к водоемам, богатым пищевыми ресурсами, находящимся иногда за тысячи километров от места выклева личинки. Одним из наиболее критических периодов жизни лососей является период инкубации и выклева икры в грунте пресных водотоков. В этот период наблюдается наибольший уровень отхода неоплодотворенной икры, а также эмбрионов – до 90 % от икры, сформированной самкой в период нагула и созревания. В связи с этим уже более века ведутся работы, направленные на оптимизацию естественного нереста производителей лососевых рыб и повышение эффективности инкубации икры, с целью повысить продуктивность естественных нерестилищ и увеличить возврат товарной рыбы. Одно из направлений этой деятельности посвящено разработке искусственных устройств для инкубации лососевой икры в естественных условиях рек [Donaghy, Verspoor, 2000; Лупандин и др., 2005; Dumas, Marty, 2006; Веселов и др., 2007, 2011;

Pander et al., 2009]. Эти устройства с искусственно оплодотворенной икрой размещают на порогах и перекатах рек. По завершении инкубационного периода жизнестойкие личинки лососевых рыб самостоятельно расселяются из гнезд-инкубаторов по порогам и ведут характерный для дикой молоди образ жизни (их рост и развитие происходит на естественной кормовой базе). Также устройства предусматривают дальнейшее подращивание молоди в искусственно созданных заводях, бассейнах, прудах и т. д. с применением различных кормов.

На базе лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных Института биологии КарНЦ РАН уже больше 20 лет ведутся разработки искусственных гнезд-инкубаторов икры, сконструировано и испытано более 25 образцов гнезд-инкубаторов. В устройстве типа «Шайба» удалось добиться наибольшей эффективности выхода жизнестойких личинок – до 97 % [Веселов и др., 2011], но рассчитано оно на инкубацию только 100 икринок, что недостаточно для работ по интенсивному восстановлению запасов лососевых видов рыб. В ходе взаимодействия с рыбопромышленниками Сахалинской области была поставлена задача создать более емкое устройство для инкубации икры тихоокеанских лососей, позволяющее получать молодь рыб в больших

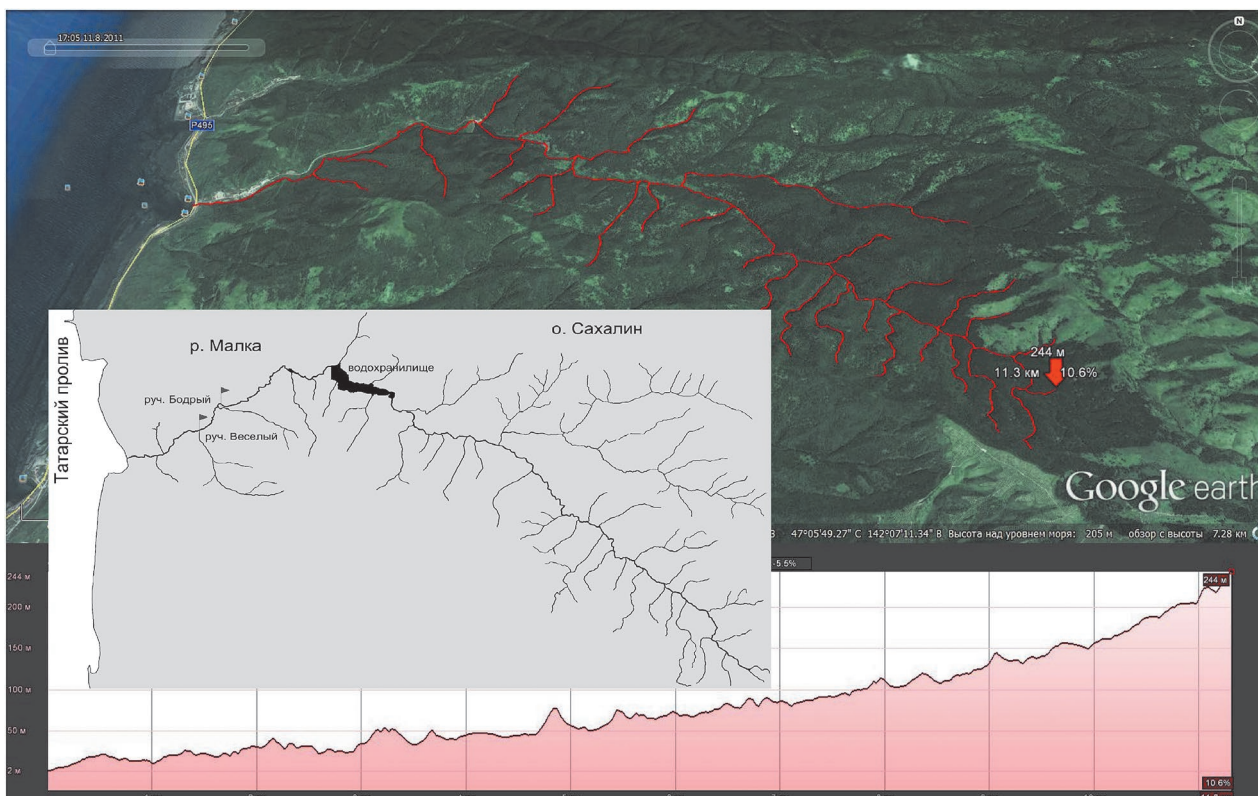


Рис. 1. Карта-схема водосбора и продольного профиля реки Малка. Стрелкой обозначен исток реки (из Google Earth)

Fig. 1. A schematic map of the catchment and elevation distance curve of the Malka River. The source of the river is shown by the arrow (as per Google Earth)

объемах. Гнездо-инкубатор типа «Шайба» было усовершенствовано, разработанное на его базе устройство получило наименование «Шайба 400». В нем изменен способ расположения икринок, выхода личинок, метод загрузки икры, а также внедрен принцип многослойного расположения инкубационного субстрата. Проведены испытания устройства с заложенной икрой Кумжи в ручье Улмосен-йоки [Ручьев и др., 2016], в ходе которых выявлен ряд недостатков макетного образца устройства. На основе натуральных испытаний устройство было доработано и подготовлено к испытаниям в реках Дальнего Востока с заложенной икрой тихоокеанского лосося – кеты (*Oncorhynchus keta*).

Цель работы – провести испытания конструкций гнезд-инкубаторов «Шайба 400» повышенной вместимости с заложенной в них икрой кеты на стадии развития «глазок», установленных двумя способами – одиночно и касетным способом; получить жизнестойких личинок с целью их принудительного извлечения из устройств для дальнейшего подраживания в бассейне и выпуска на нагул в море; выявить и устранить возможные конструктивные недостатки устройств и способов их установки.

Материалы и методы

Испытания гнезд-инкубаторов «Шайба 400» проводили в реке Малка. Это умеренно-холодноводный водоток горно-равнинного типа, достаточно разветвленный, главное русло принимает 28 притоков (рис. 1), часть из которых пересыхают в летний или зимний период. Бассейн реки на севере граничит с рекой Ханкотан, на востоке – с бассейнами рек Андросовка и Кама, а на юге – с рекой Одиночка. Река протекает в горно-холмистой местности юго-западной части острова Сахалин. Исток ее находится в горной (гора Камышовая) болотистой местности на высоте 246 м над уровнем моря (47°22'22" с. ш., 142°03'10" в. д.), а впадает река в Татарский пролив между Японским и Охотским морями (47°21'24" с. ш., 141°59'51" в. д.) (рис. 1).

Следует отметить, что в нижнем течении с левой стороны на расстоянии 950 и 1100 м от устья реки расположены два незамерзающих притока – ручьи Бодрый и Веселый, температура воды в которых зимой не опускается ниже 3,5 °С. Длина этих притоков около 1 км, ширина 0,3–0,5 м, скорость течения 0,2–0,5 м/с. Рас-

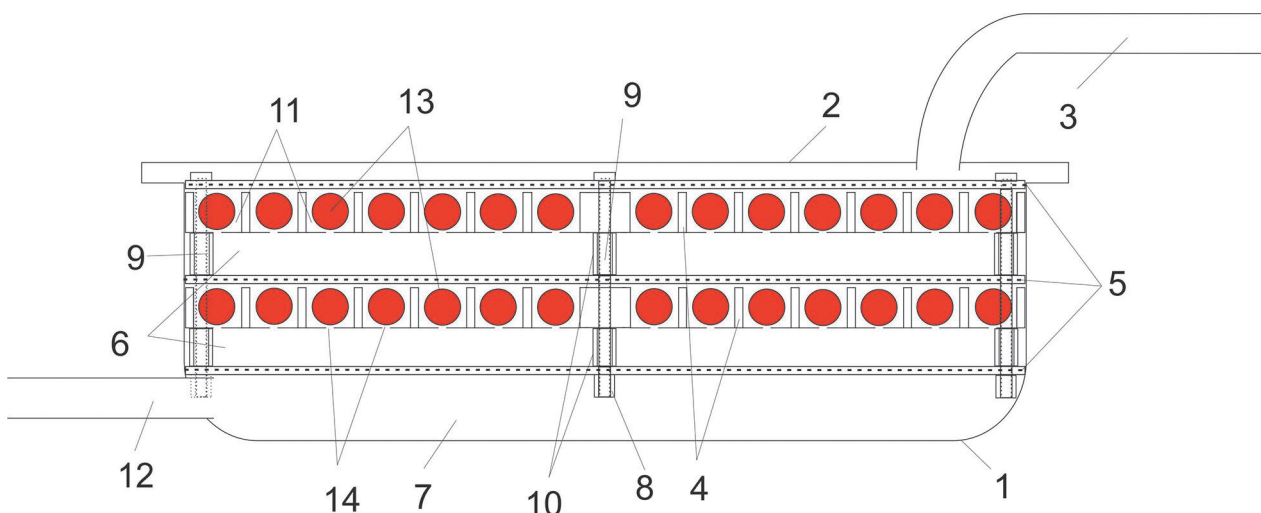


Рис. 2. Гнездо-инкубатор икры «Шайба 400»: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – выпускной патрубок; 4 – пластина с канавками для икры; 5 – удерживающая решетка с сеткой; 6 – накопительная камера; 7 – отстойная камера; 8 – гайка М4; 9 – болт М4/70 мм; 10 – втулка М5; 11 – инкубационные канавки; 12 – впускной патрубок; 13 – инкубируемая икра; 14 – щели 4 мм для выхода личинок в нижележащую накопительную камеру

Fig. 2. “Shayba 400” incubation nest: 1 – body; 2 – cover; 3 – outlet tube; 4 – incubation plate with wells for eggs; 5 – holding grating with a net; 6 – collection chamber; 7 – settling chamber; 8 – nut M4; 9 – bolt M4/70 mm; 10 – bush M5; 11 – incubation wells; 12 – inlet tube; 13 – incubated eggs; 14 – 4 mm slots allowing the movement of larvae to the collection chamber

ход воды составляет менее $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Береговая растительность сформирована из ивы, ольхи, ели, иногда пихты, встречается белая береза, тополь и рябина, мелкие кустарнички. В верхнем и среднем течении берега обрастают курильским бамбуком. Гнезда устанавливали на галечный грунт на участках ручьев с поверхностной скоростью течения $0,4 \text{ м/с}$ и глубиной $0,3 \text{ м}$.

В работе использовалось модифицированное двухслойное гнездо-инкубатор вместимостью 404 икринки «Шайба 400» (рис. 2). Устройство выполнено из пищевого пластика – полиэтилентерфталата (PET). Данное устройство устанавливали без использования дополнительного груза в виде стальных колец, в качестве груза использовали мелкие валуны и гальку.

Из способов установки гнезд на речное дно выделяют одиночный и кассетный. В нашем случае были применены оба способа установки. Практика показала, что одиночные конструкции устойчивы к паводкам и удобны для использования в реках с неровным рельефом дна. Конструкции были выставлены на небольших, площадью $1\text{--}2 \text{ м}^2$, участках ручьев Бодрый и Веселый. На участках установки были подготовлены площадки с глубинами $0,2\text{--}0,3 \text{ м}$ и поверхностными скоростями течения $0,2\text{--}0,3 \text{ м/с}$. Часть устройств устанавливали кассетным способом с использованием дополнительного водозаборника, соединительного патрубка и сепаратора, распределяющего воду на устройства.

Кассетным способом устройства устанавливали в группы по 5 и 8 штук.

Выбранный тип конструкций относится к группе необслуживаемых гнезд-инкубаторов. Так как перед попаданием в конструкцию вода фильтруется через слой грунта, количество иловых и взвешенных частиц значительно снижается. В этом случае не требуется периодически обслуживать гнезда, заменяя фильтры и удаляя погибших личинок.

Икру для закладки в гнезда брали на рыбноводном заводе, расположенном на реке Сова (ОАО ЛРЗ «Доримп», место покупки посадочного материала), на стадии «глазок». На этой стадии эмбрионы нечувствительны к встряске и их можно транспортировать к реке. Работы по установке гнезд-инкубаторов в реку осуществлялись 7 ноября. Места установки обозначены на рис. 3.

Икра была заложена в гнезда-инкубаторы «Шайба 400», имеющие конструктивные отличия от предыдущих испытанных нами устройств [Веселов и др., 2007, 2011; Ручьев и др., 2016]. Устройство для инкубации икры и получения личинок тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* выполнено в виде цилиндрического контейнера с впускным патрубком, расположенным в его нижней части, снабженного крышкой с выпускным патрубком. Внутреннее пространство контейнера разделено на инкубационные пластины-субстрат, накопительную и отстойную камеры удерживающей решеткой



Рис. 3. Карта-схема нижнего участка реки Малка. Стрелкой обозначено устье ручья Веселый (18 м над ур. моря, 1,21 км от устья), желтыми кнопками показано место установки гнезд-инкубаторов и бассейна для подращивания молодежи (из Google Earth)

Fig. 3. A schematic map of the lower part of the Malka River. The mouth of the Vesely Stream is shown by the arrow (18 m above sea level, 1,21 km from the mouth), yellow pins indicate the sites of the incubation nests installation and the pool for juveniles maturing (as per Google Earth)

с защитной сеткой. Над накопительной камерой на расстоянии от удерживающей решетки закреплены две инкубационные пластины, в которых по концентрическим окружностям образованы инкубационные канавки для расположения в них оплодотворенных икринок, рассчитанные на инкубацию 4–5 эмбрионов кеты каждая. На дне каждой канавки выполнена сквозная щель для выхода личинок в нижележащую накопительную камеру. Над пластиной с оплодотворенной икрой для исключения выноса икры и личинок закреплена прижимная решетка с защитной сеткой. Прижимная и удерживающая решетки с защитными сетками связаны с пластинами через втулки крепежными элементами, фиксирующими каждый диск с икрой на заданной высоте внутри основного корпуса. Защитная сетка выполнена с ячейками размером 1 × 1 мм. Контейнер снабжен одним-двумя входными перфорированными патрубками длиной от 0,3 до 1 м.

Устройство работает следующим образом. Гнездо-инкубатор рассчитано на одновременную инкубацию 400–500 икринок кеты. Устройство устанавливают в осенний период до ледостава или в зимнее (весеннее) время при наличии ледяного покрова на реке по одному или группой через пропиленную майну или естественные промоины (рис. 4). При установке устройства сначала отдельно снаряжают пластины с канавками. Пластины снаряжают

на ровной поверхности под слоем воды с помощью дополнительного устройства для равномерного снаряжения инкубационного субстрата в виде диска из пластика толщиной 5 мм с лунками для икры и ограничивающей пленкой. Силиконовой кистью икринки равномерно распределяют по лункам до их заполнения. Диск с установочными отверстиями располагают над пластиной с канавками с помощью крепежных элементов. Далее на диск с помощью мерного стаканчика выливают порцию икры в количестве от 210 до 250 штук и распределяют ее с помощью силиконовой кисточки по отверстиям диска. Излишки икринок удаляют с поверхности диска. Посадочная пластина отделена от диска пластиковой пленкой, которую удаляют при сборке устройства. Икринки проваливаются через отверстия диска, которые ориентированы над канавками пластины, и равномерно в них распределяются (в каждую из канавок помещается 4–5 икринок), после чего диск удаляют. Затем начинают собирать все детали послойно. Сначала на 5 болтов надевают одну защитную решетку с сеткой через установочные отверстия; на 5 болтов надевают 5 втулок, по одной на каждый; следом на болты через технические отверстия надевают пластину с икринками в канавках. Сверху пластину накрывают защитной решеткой с сеткой. Далее на болты надевают еще 5 втулок, а затем – вторую пластину с икринками в канавках, следом – верхнюю за-



а) подготовка участка ручья для установки гнезд



б) ручей Бодрый, подготовленные участки для установки гнезд



в) ручей Веселый, подготовленные участки для установки гнезд



г) загрузка икры в диск



д) установка диска с икрой на направляющие



е) сборка гнезда «Шайба 400»



ж) установка гнезд «Шайба 400», кассета 8 шт.



з) установка гнезд «Шайба 400», одиночно



и) установленные гнезда «Шайба 400»

Рис. 4. Река Малка. Этапы подготовки гнезд-инкубаторов: сборка конструкций, загрузка икры, установка на специально подготовленное дно

Fig. 4. The Malka River. Stages of nests incubators preparation: assembling, eggs loading, installation on the specially prepared bottom

щитную решетку с сеткой через крепежные отверстия, в конце на 5 болтов затягивают 5 гаек. Собранный конструкцию помещают в основной корпус с предварительно установленным впускным патрубком, закрывают его крышкой с установленным выпускным патрубком, закрепляют на корпусе устройства с помощью двух пластиковых хомутов. Снаряженное устройство с оплодотворенной икрой сразу помещают в воду, чтобы избежать обсыхания икринок. Устройство устанавливают одиночно либо группами на грунте речного русла, пригодного для обитания молоди лосося. Чистая вода из подруслового потока поступает в отстойную камеру через водозабор, находящийся на поверхности грунта русла реки, и далее естественным током

через нижнюю защитную сетку поступает в нижнюю накопительную камеру, затем в нижнюю пластину с канавками, из нее через инкубационные канавки, через среднюю защитную сетку поступает в верхнюю накопительную камеру и из нее через инкубационные канавки верхней пластины, через верхнюю защитную сетку – под крышку основного корпуса и изливается наружу через выпускной патрубок, обеспечивая отток метаболитов. Вылупившиеся из икринок личинки некоторое время находятся в инкубационных канавках, а затем ундулирующими движениями тела и хвоста проталкивают себя через выходные щели диска в нижележащую накопительную камеру, на поверхность защитной сетки, где и лежат на боку, омываемые струйками воды,

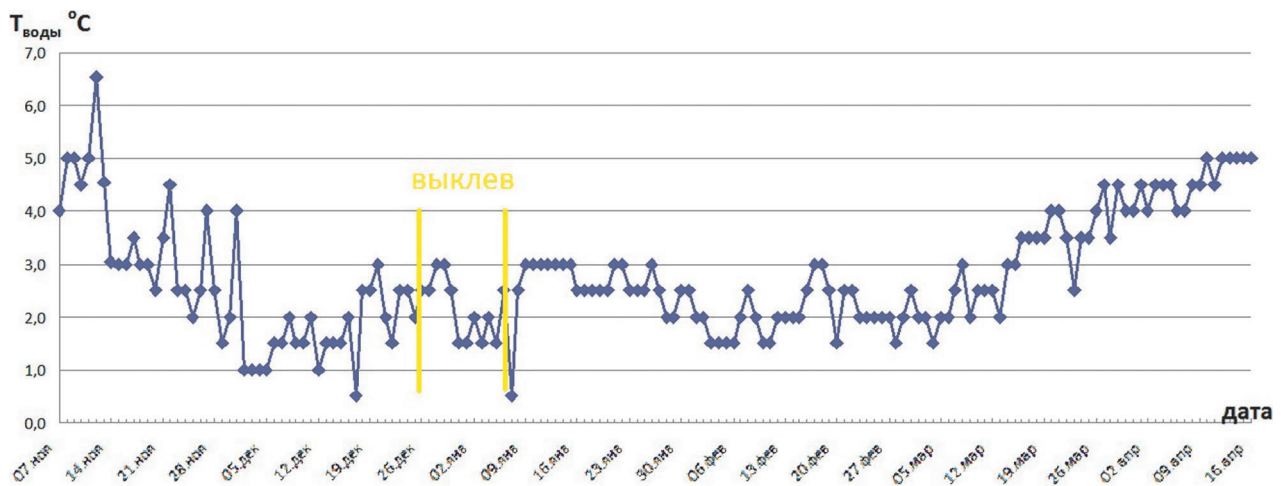


Рис. 5. Температурный режим ручья Бодрый (река Малка, 07.11.2014–20.04.2015), желтым показан расчетный период наступления и окончания вылупления предличинок

Fig. 5. Temperature regime of the Bodry Stream (the Malka River, 07.11.2014–20.04.2015), the estimated beginning and the end of polarvae hatching are shown by the yellow lines

при этом оболочки от икринок остаются в инкубационных канавках. В течение 12–16 суток личинки поднимаются «на плав» в накопительных камерах. При рассасывании желточного мешка и проявлении плавательной способности личинки начинают хаотично перемещаться по камерам. Личинок извлекают из инкубационных камер при вскрытии устройства, после чего их пересчитывают и выпускают в водоем. Обычно это происходит в конце мая – начале июня. После выхода личинок устройство поднимают со дна реки, разбирают, очищают от ила и наносов, промывают защитную сетку либо заменяют при необходимости. Устройство можно использовать вторично. Количество циклов использования устройства не ограничено, по мере повреждения возможно заменять отдельные элементы конструкции.

Температурный режим реки Малка. Измерение температуры в ручье Бодрый (река Малка) проводили на протяжении всего периода установки гнезд с помощью логгера DS9490B. Датчик запрограммировали на измерение температуры ежедневно в 18.00 по сахалинскому времени (GMT +11). Далее поместили его в пластиковый контейнер. В качестве груза использовали мелкую гальку. Затем контейнер погрузили в реку на участок установки гнезд в затишную зону, привязав веревкой к корням деревьев. 16 апреля 2015 года логгер подняли со дна. Затем с помощью ПК сняли показания, которые представлены на рис. 5. За период установки было сделано 161 измерение температуры. После измерения логгер снова вернули на тот же участок реки для продолжения измерения температуры в летний период.

Температурный режим на протяжении всего периода инкубации был нестабильным. После осеннего снижения температуры с 5 до 3 °C с начала ноября до начала апреля следующего года показатель колебался в диапазоне 1,0–4,0 °C. По-видимому, это связано с небольшими размерами водотока, температура воды которого менялась вслед за изменениями температуры воздуха. В то же время падения ниже 1 °C наблюдались лишь дважды на один день – вероятно, ручей имеет родниковое питание, что обеспечивает относительно высокую температуры воды в ручье на протяжении зимы. Зная температуру воды и то, что выклев кеты происходит примерно при 500 градусоднях, рассчитали примерные даты вылупления предличинок. По расчетным данным, выклев предличинок продолжался с 27.12 по 7.01. Далее в гнездах-инкубаторах находились предличинки и личинки.

Гидрологический режим реки. По наблюдениям, проведенным сотрудниками ООО «Фермер», уровень воды в реке в период с третьей декады ноября по вторую декаду марта практически не изменялся. Цветность воды в этот период составляла около 0 баллов.

Весной наблюдалось раннее таяние снега, в связи с чем паводок на реке Малка начался на две недели ранее обычных сроков и пришелся на третью декаду марта. Уровень воды в реке в этот период повышался не более чем на 0,5 м, однако вода была очень мутной, грязной и имела цвет кофе с молоком. В этот же период наблюдался рост уровня воды и в ручьях Веселый и Бодрый, но вода в них оставалась прозрачной.



Рис. 6. Ручьи Веселый и Бодрый (река Малка). Этапы снятия гнезд, разборка, выгрузка живых личинок, транспортировка в бассейн для подращивания

Fig. 6. The Vesely and Bodry Streams (the Malka River). Stages of nests removal, disassembling, living larvae unloading, transporting to the pool for maturing

Результаты и обсуждение

В ручей Веселый 7 ноября заложено 11 гнезд-инкубаторов «Шайба 400», из них 6 одиночно и 1 кассета из пяти гнезд; в ручей Бодрый – 25 гнезд «Шайба 400», из них 17 одиночно и 1 кассета из восьми гнезд. В каждое устройство было заложено по 404 икринки, всего 14544 икринки.

Работы по снятию конструкций начались в апреле следующего года в ручье Веселый. Снятие гнезд завершилось 21 апреля. Вода в ручье Веселый прозрачная, хорошо видно дно реки. Заиление незначительное, гнезда были занесены гравием и песком, некоторые на 20–25 см. Имелось небольшое количест-

во мелкодисперсного ила в затишных зонах. По берегам лежал нерастаявший снег.

При снятии все гнезда освободили от валунов и наносов. Далее по одному поднимали на берег, рукой перекрывая отверстия водозаборника для сохранения внутри воды и избегания потери мальков. На берегу устройства помещали в емкость с водой, таким образом, чтобы гнездо целиком находилось в воде. Далее отрезали хомуты и вскрывали устройства. С помощью ножниц открывали крышку гнезда, с помощью крючков извлекали пластину с ячейками. Мальков из инкубационной камеры помещали в емкость с ситом (рис. 6). Затем считали живых личинок и пересаживали их в емкость для транспортировки. Также

вели подсчет погибших личинок и эмбрионов (табл.).

Во всех гнездах основная доля отхода пришлась на личинок (остаток желтка 20–30 % от массы тела). По-видимому, их гибель произошла за 2–4 недели до вскрытия гнезд 20 апреля. Наблюдаемая гибель личинок старшего возраста (с остатком желточного мешка 20–30 %) указывает на резко ухудшившиеся условия содержания в период межени (конец февраля – март). Основная гибель произошла в результате недостатка проточности внутри устройства, который мог быть вызван снижением уровня воды в ручьях. Также причиной гибели эмбрионов стал высокий, до 25 см, уровень наносов гравия и песка над устройствами, что нарушило подрусловой поток. Большой отход, иногда до 100 %, наблюдался в гнездах, установленных кассетами. В нижестоящих гнездах в рамках одной кассеты выживаемость была высокой, в вышестоящих наблюдался значительный отход личинок. Вероятно, установка гнезд в разных уровнях на одном водозаборнике привела к смещению проточности к нижестоящим гнездам в период межени, при низком уровне воды в верхние гнезда вода не поступала вовсе.

В гнездах «Шайба 400» все мальки находились внутри устройства. В некоторых гнездах наблюдался повышенный отход личинок – до 100 % от заложенной икры, эти гнезда были покрыты слоем песка и глины на 20–25 см. Средняя эффективность инкубации в гнездах «Шайба 400» составила 97,8 %. Из 14544 заложенных икринок помещено в бассейн 7079 мальков (эффективность получения малька составила 48,7 %) и 230 мальков покинули гнезда самостоятельно.

Основная доля отхода пришлась на предличинок, причиной гибели стал недостаток проточности внутри устройства вследствие падения уровня воды в ручье в зимнюю межень (рис. 7).

В результате подсчетов установлено, что 2779 мальков не обнаружены ни в живых, ни в погибших экземплярах. Поскольку большое количество погибших и живых личинок находилось в нижней камере, мы считаем, что указанное выше количество личинок самостоятельно покинули устройства и скатились в море. По окончании работы гнезда сняли, промыли от остатков ила и приготовили к хранению и восстановлению для будущей установки.

При вскрытии некоторых личинок повредили, одну-две на устройство. Это связано с плотной подгонкой инкубационных дисков к стенкам

корпусов устройства, в дальнейшем следует изменить способ изъятия дисков из основного корпуса, снизив диаметр дисков либо добавив дополнительную ручку для изъятия устройства.

Как положительный результат отметим, что во всех гнездах-инкубаторах были получены личинки кеты, в некоторых выход личинок достиг 97,8 %. В связи с особенностями реализуемой программы выходных отверстий в устройствах предусмотрено не было. Мальки располагались главным образом в накопительных камерах (по две на каждое устройство), часть личинок, единично, при вскрытии были обнаружены в инкубационных лунках, мальков отсюда извлекали после окончательной разборки конструкции. В лунках преимущественно оставались оболочки от икринок, а также погибшие эмбрионы, что положительно отразилось на результате: личинки после вылупления переходили в накопительные камеры и были изолированы от погибших эмбрионов и оболочек икринок. Также следует отметить, что в вышележащих пластинах обнаружено больше погибших эмбрионов. Вероятно, это связано с недостатком проточности в период межени – при падения уровня воды в ручье проточность внутри устройства значительно сократилась, в результате уровень содержания кислорода в воде был недостаточен для дыхания эмбрионов в обоих дисках, к вышележащему диску поступала вода с недостатком кислорода. В этом случае необходимо усилить проточность внутри устройства за счет доработки водозаборника, а также следует сбалансировать проточность верхней и нижней инкубационной пластины.

В ходе испытания была подтверждена эффективность дополнительного устройства для дозирования икры, закладываемой в каждый отдельный диск. Устройство, включающее диск из пластика со сквозными лунками по размеру эмбрионов, а также съемный ограничительный лист, позволяло в короткий срок, не более 2 минут, отмерять и помещать в каждый диск по 202 икринки кеты. Ранее в устройствах с подобным субстратом [Федорова и др., 2015; Ручьев и др., 2016] время снаряжения одного диска составляло более 15 минут, что негативно сказывалось на качестве закладываемой икры, эмбрионы в условиях низких температур чрезмерно охлаждались, иногда замерзали. При сборке устройства двумя сборщиками, при которой один распределяет икру, а второй собирает устройство, время снаряжения гнезда-инкубатора «Шайба 400» не превышало 8 минут. К негативным особенностям сборки следует отнести высокую детальность устройства. Крепежная система включает более 20 мелких эле-

Результаты инкубации икры и выдерживания предличинки кеты в реке Малка, гнезда установлены одиночно и кассетным способом

Results of eggs incubation and chum salmon prolarvae maturing in the Malka River, single and cassette-type installation of nests

«Шайба 400», одиночно «Shayba 400», single				«Шайба 400», кассетами «Shayba 400», cassette-type			
№	заложено put	найдено живых found alive	выход outcome %	№	заложено put	найдено живых found alive	выход outcome %
ручей Веселый Vesely Stream							
1	404	289	71,5	7.1	404	44	10,9
2	404	208	51,5	7.2	404	312	77,2
3	404	362	89,6	7.3	404	88	21,8
4	404	3	0,7	7.4	404	1	0,2
5	404	6	1,5	7.5	404	115	28,5
6	404	373	92,3				
Итого Total	2424	1241	51,2		2020	560	27,7
Всего Sum total	4444	1801	40,5				
ручей Бодрый Bodry Stream							
1	404	0	0	18.1	404	0	0
2	404	0	0	18.2	404	0	0
3	404	361	89,4	18.3	404	36	8,9
4	404	367	90,8	18.4	404	0	0
5	404	0	0	18.5	404	231	57,2
6	404	1	0,2	18.6	404	336	83,2
7	404	395	97,8	18.7	404	255	63,1
8	404	199	49,3	18.8	404	0	0
9	404	352	87,1				
10	404	111	27,5				
11	404	373	92,3				
12	404	391	96,8				
13	404	389	96,3				
14	404	375	92,8				
15	404	346	85,6				
16	404	376	93,1				
17	404	384	95				
Итого Total	6868	4420	64,4		3232	858	26,5
Всего Sum total	10100	5278	52,3				
всего одиночно Sum total single	9292	5661	60,9	всего кассеты Sum total cassette- type	5252	1418	27
общая выжива- емость в реке Малка Overall survival rate in the Malka River	14544	7079	48,7				



Рис. 7. Погибшие в результате нарушения проточности внутри гнезда «Шайба 400» личинки кеты

Fig. 7. Chum salmon larvae killed as a result of flowing failure inside the "Shayba 400" incubation nest

ментов, которые сложно собрать быстро при низкой температуре воздуха. Окончательная сборка в некоторых случаях превышала по времени операцию распределения икринок по дискам, в результате одному из сборщиков приходилось ожидать второго. Например, было сложно дозировать в продолговатую лунку точное количество икры (5 или 7 шт.). В дальнейшем часть мелких деталей следует включить в конструкцию инкубационных дисков, что затруднительно сделать при мелкосерийной штамповке. Конструктивные элементы, облегчающие сборку, разработаны и будут реализованы при создании промышленного образца устройства. К преимуществам испытанной конструкции гнезда-инкубатора относится большая вместительность – до 404 икринок (по 202 шт. на одну пластину); увеличение скорости загрузки икры, что особенно важно для максимального сокращения времени контакта икры с воздухом и избегания температурного шока при разнице температуры воды и воздуха.

Испытания гнезд-инкубаторов «Шайба 400» в р. Малка проводили по короткоцикловой технологии [Павлов и др., 2014]. В данном регионе она была предпочтительна, т. к. икру до стадии «глазок» выдерживали на расположенном в 25 км рыбноводном заводе на реке Сова. Также применение короткоцикловой технологии связано с особенностями гидрологического режима рек Сахалинской области. Икру от производителей получают и закладывают на рыбноводный завод с августа по сентябрь, в этот

период высока вероятность прохождения тайфунов и выпадения обильных осадков, что может привести к резкому подъему уровня воды в реках и, как следствие, сносу или повреждению установленных в них гнезд-инкубаторов. В октябре–ноябре температура воздуха снижается, критические подъемы воды в результате выпадения осадков становятся редки. К этому времени инкубируемая икра достигает стадии «глазка», становится устойчива к механическим воздействиям, что позволяет транспортировать ее и закладывать в гнезда-инкубаторы. На рыбноводном заводе до момента покупки икры регулярно проводили отсев погибших эмбрионов и ее профилактическую обработку антисептиками, в результате в устройства были загружены только жизнеспособные эмбрионы. В некоторых случаях короткоцикловая технология незаменима при зарыблении труднодоступных рек и притоков, доставку икры на которые осуществляют с использованием снегоходов. При проведении таких работ гнезда-инкубаторы устанавливают в пропиленные во льду майны или промоины на выбранные еще осенью площадки, на которых не происходит «перепаживания» грунта при весеннем ледоходе. Ранее короткоцикловая технология была успешно апробирована нами в 2008, 2011 и 2014 гг. на реках Суна, Лижма и Улмосен-йоки (бассейны Онежского и Ладожского озер), где выход диких личинок пресноводного лосося составил 95–97% [Веселов и др., 2011, 2013; Ручьев и др., 2016]. В эксперименте учи-

тывали, что наиболее критичный период инкубации икры связан с переходом зимней межени в паводковый режим, когда поступающая внутрь вода может существенно насыщаться губительными для эмбрионов взвесями детрита, ила или минеральными частицами [Казаров, 1982]. В нашем случае превышения содержания частиц ила в устройствах обнаружить не удалось, но устройства и водозаборники были занесены плотным слоем песка и гравия до 25 см. В связи с этим необходимо доработать водозаборники, которые позволят обеспечить необходимый уровень проточности в условиях обильных наносов в виде песка и гравия.

Разработанные нами устройства с одним или двумя ярусами ориентированы на одиночный способ установки. Испытания в реках показали, что они устойчивы к паводкам, т. к. находятся между возвышающимися валунами и удобны для использования в порогах рек с неровным рельефом дна. Обычно их выставляют по 15–50 шт. на небольшом участке порога, площадь которого варьирует от 1,5 до 6 м² [Веселов и др., 2013; Федорова и др., 2015]. Попытка применить кассетный способ установки для данных устройств привела к высокому отходу эмбрионов. В сложившихся гидрологических условиях один водозаборник не позволил обеспечить необходимую проточность в 5 и 8 устройствах на кассету в ручьях Веселый и Бодрый соответственно. Эффективность выхода личинок при кассетном способе установки устройств не превысила 30 %. В системе сообщающихся сосудов, установленных в разных уровнях, при засыпании выпускных патрубков некоторых устройств песком и гравием вода перераспределялась в нижележащие гнезда либо в гнезда со свободными от наносов выпускными патрубками. В условиях недостаточного уровня воды в ручьях в период межени это привело к прекращению подачи воды в часть гнезд-инкубаторов, повлекшему значительный отход эмбрионов. В дальнейшем при установке гнезд-инкубаторов кассетами необходимо использовать не более четырех устройств в одной кассете, а также увеличить водозаборник и диаметр соединительного патрубка и водораспределителя. Кассетного способа установки гнезд-инкубаторов «Шайба 400» следует избегать при высоком уровне наносов в водотоке. Также следует внимательно выбирать места установки гнезд, на них скорость течения у поверхности воды должна быть в пределах 0,6–0,9 м/с, а глубина составлять 0,6–0,9 м. Такие показатели типичны для естественных нерестовых участков лососевых рыб. При колеба-

нии уровня воды в реке это позволяет избежать обсыхания или промерзания гнезд в зимнюю межень [Смирнов, 1979; Tonina, Buffington, 2009].

В зависимости от чистоты воды в водотоке и, соответственно, примененного водозаборника гнезда-инкубаторы могут использовать русловое или подрусловое водное питание. При русловом водозаборе вода в устройства поступает непосредственно из речного потока, и тогда обычно используются сменные фильтры [Brenner, Schneider, 2005], а при подрусловом – из подруслового потока в галечном грунте с глубины 7–12 см, как в естественных нерестовых гнездах лососевых рыб [Павлов и др., 2014]. В этом случае за счет естественной фильтрации воды в грунте поступление взвеси внутрь устройства резко снижено. В нашем случае вода в ручьях была чистой даже в период паводка, она пригодна для применения руслового водозабора, но при этом уровень воды в зимнюю межень может быть недостаточен, что приведет к обсыханию руслового водозабора и замору эмбрионов и личинок. В связи с этим для всех гнезд-инкубаторов нами были применены подрусловые водозаборники. В результате установлено, что в зимнюю межень уровень воды достиг критически низких значений и это привело к гибели части эмбрионов в гнездах, установленных кассетами, вместе с тем удалось получить жизнестойкую молодь кеты в большей части одиночно установленных гнезд и в части гнезд, установленных кассетным способом.

В европейских странах для умеренного климата чаще всего используют русловый тип водного питания. В этом случае приходится бороться с поступлением внутрь инкубаторов губительных для эмбрионов частиц ила или детрита, в связи с чем устройства необходимо периодически обслуживать, заменяя фильтры и удаляя погибших личинок [Brenner, Schneider, 2005]. В условиях сурового климата северо-востока России, с длительным, 5–7 месяцев, периодом ледостава и высоким, до 7 м, уровнем снежного покрова (Сахалинская область, Камчатский край), обслуживаемые устройства непригодны, т. к. стоимость их обслуживания значительно повышается, делая применение нерентабельным. В связи с этим появляется необходимость разработки и применения необслуживаемых устройств, запитанных на естественно очищенном подрусловом потоке [Лупандин и др., 2005; Веселов и др., 2011, 2013; Федорова и др., 2015]. Апробация гнезд-инкубаторов «Шайба 400» показала их эффективность и автономность более 6 месяцев,

с октября по май. Таким образом, наша разработка полностью соответствует критериям необслуживаемых гнезд-инкубаторов, что позволяет применять ее во всех климатических зонах России для инкубации икры лососевых видов рыб.

Одним из важных этапов в разработке устройств для инкубации живой икры рыб является выбор материалов для их изготовления. В ходе длительного периода апробации различных модификаций выявлены материалы, непригодные для применения в целях рыбоводства: оцинкованная сталь, медные трубки и соединения из меди в инкубационных устройствах. При использовании этих материалов выживаемость эмбрионов не превышала 15–25 %. Материал изготовления гнезд-инкубаторов должен быть биоинертным. Предпочтительными являются пищевой пластик – полиэтилентерфталат (PET) и экологически чистая нержавеющей пищевая сталь 18/10 (12X18H10T). Пластиковые конструкции значительно дешевле металлических, однако требуют наличия грузового пояса, обеспечивающего придавливание к грунту. Гнезда из обоих материалов пригодны для многократного использования.

В настоящее время нами реализуются проекты по созданию гнезд-инкубаторов повышенной вместимости, главным образом для инкубации икры тихоокеанских лососей. А также ведется доработка имеющихся конструкций. В основу проектных изысканий положен принцип преемственности – все новые разработки основаны на ранее успешно апробированных устройствах. Проведенные испытания на реках Лососинка, Суна, Лижма (бассейн Онежского озера), Умба, Индера (бассейн Белого моря) показали перспективность данного направления. В результате предложен ряд новых устройств, на которые получены патенты РФ [Павлов и др., 2010, 2011, 2013, 2014 и др.; Ефремов и др., 2016]. В каждом последующем гнезде использовались удачные элементы от предыдущих инкубаторов. В результате в конструкции с выносным водозаборником эффективность инкубируемой икры достигала 94–97 %, а с придонным водозаборником – до 98 %. В устройстве «Шайба 400» повышена вместимость до 500 икринок по сравнению с вместимостью 100 эмбрионов в конструкции типа «Шайба» [Веселов и др., 2011]. Гидрологические показатели в водоеме были неблагоприятны, и это не позволило достичь высокого показателя выхода личинок.

Вместе с тем результат искусственной инкубации икры лосося, кумжи, кеты, а также других тихоокеанских лососей в естественных

условиях остается в значительной степени зависима от выбора конкретной реки. В некоторых случаях возможно применять устройства небольшими группами в сверхмалых притоках, подобных ручьям Бодрый и Веселый, с расходом воды 5–8 л/с в период межени. Предпочтительным остается использование более крупных водотоков, с глубинами на участках установки гнезд-инкубаторов 0,6–0,9 м и скоростью течения 0,5–0,9 м/с. Следует учитывать количество осадков в осенний и весенний период в связи с возможными паводками, а также в зимний период. Как показал наш опыт, в горной местности, а также в Сахалинской области и Камчатском крае к апрелю–маю возможно достижение уровня снежного покрова 6–8 метров. Таяние такого количества снега обычно затягивается и перекрывает сроки перехода личинок на смешанное питание, что не позволяет извлекать малька из устройств вовремя и, в свою очередь, может привести к повышенному отходу мальков. В таких водотоках следует устанавливать гнезда-инкубаторы с возможностью самостоятельного расселения личинок, что позволит малькам самостоятельно питаться после выхода.

Заключение

Проведенная масштабная работа по получению личинок кеты с использованием гнезд-инкубаторов «Шайба 400» оказалась успешной, удалось получить более 14500 жизнеспособных личинок. Всего было апробировано 36 устройств, средняя эффективность выхода личинок составила 48,7 %. В некоторых устройствах она превысила 99 %. Выявлены ряд проблем, которые необходимо устранить при проведении аналогичных работ в будущем. Так, река Малка имеет свои индивидуальные отличия, связанные с гидрологическими особенностями и хозяйственной деятельностью человека. Устанавливая гнезда-инкубаторы в основном русле, рыбоводы становятся зависимыми от сбросов воды из вышестоящей плотины, нерегулируемых весенних паводков, что может привести к значительной гибели предличинок и личинок в этот период. В связи с негативным воздействием сбросов с плотины в основном русле реки Малка работы были перенесены в два левобережных притока – ручьи Веселый и Бодрый. Так как эти ручьи мелководные, потребовалась дополнительная подготовка участков реки к установке гнезд-инкубаторов. Необходимо создание дополнительных дамб, способствующих углублению естественных бочагов ручья. Также ручьи силь-

но замусорены остатками сухой растительности, которые также необходимо устранять. В ручьях гнезда «Шайба 400» показали разнородный результат – были как успешные гнезда с эффективностью до 97 %, так и полностью заморные с отходом 100 %. Наибольший отход происходил при кассетном способе установки гнезд, поэтому следует избегать его для этих устройств в ручьях либо размещать на одном водозаборнике не более 2–3 устройств, установленных в одном уровне. В дальнейшем для установки гнезд возможно использовать ручьи Бодрый и Веселый, основного русла реки Малка при проведении рыбоводных работ следует избегать.

Испытания гнезд-инкубаторов «Шайба 400» показали, что устройства с ярусным расположением инкубационных пластин и лунками на 5–7 икринок значительно эффективнее по емкости закладываемой икры, чем одноярусные. Применение вместо покровной мембраны в гнездах [Ручьев и др., 2016] лунок с щелями и защитной сетки позволило повысить эффективность инкубации икры и выход личинок, удалось избежать объеживания личинок при нижнем расположении ограничивающей сетки. После выклева все личинки находились в двух нижних накопительных камерах, откуда они были извлечены при вскрытии устройств и помещены в бассейн для дальнейшего подращивания. Применение щелей в лунках и верхней ограничивающей сетки в дополнение к распределительному устройству для закладки икры в диски сократило время снаряжения устройства до 8 минут, тогда как снаряжение конструкции, включающей покровную мембрану, занимало более 20 минут. В целом эффективность выклева личинок составила 94–99 %, однако выход их из гнезд не превышал 49 %.

Недостатком конструкции следует признать водозаборный патрубок с перфорациями, который при высоком уровне наносов песка и гравия был закупорен и не позволил поступать чистой воде в часть устройств. Наибольший отход личинок наблюдался в гнездах-инкубаторах, установленных кассетным способом. В условиях низкой проточности в водотоке выносной водозаборник не позволил обеспечить все устройства, установленные кассетным способом, необходимым количеством чистой воды. Вода в замкнутой системе сообщающихся сосудов распределялась неравномерно, что привело к замору личинок в большей части устройств в рамках одной кассеты. По-видимому, для установки устройств в кассеты следует увеличить диаметр выносного водозаборника, увеличить длину водозаборного патрубка,

а также сократить количество устройств в одной кассете до четырех.

Таким образом, результаты выполненных ранее и в данной работе испытаний позволяют рекомендовать для внезаводского воспроизводства кеты и других лососевых видов рыб гнезда-инкубаторы «Шайба 400». Предпочтительно, чтобы они были установлены одиночным способом. Этим обеспечивается простота установки инкубаторов, их сохранность при ледоходе, защита и устойчивость на неровном дне в паводки.

Гнезда-инкубаторы планируется использовать при восстановлении численности популяций и воссоздании стад лососевых видов рыб в реках с критически низким количеством производителей или с утраченными популяциями.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0218-2019-0081) – проектно-конструкторские и лабораторные работы – и частично за счет компаний ООО «Нерест-2008» и ООО «Фермер» – накладные расходы, полевой этап работ.

Литература

- 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 КарНЦ РАН. 2007. № 11. С. 14–19.
- 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. 2011. № 3. С. 28–38.
- Веселов А. Е., Павлов Д. С., Скоробогатов М. А., Ефремов Д. А., Нагирняк Г. А., Ручьев М. А. Результаты испытаний новой конструкции гнезда – инкубатора лососевой икры в речных условиях // Труды КарНЦ РАН. 2013. № 3. С. 179–184.
- Ефремов Д. А., Веселов А. Е., Скоробогатов М. А. Гнездо-инкубатор для икры лососевых рыб в естественных условиях // Патент на полезную модель № RU159183, приоритет 06.11.2015. Бюл. № 4. 2016. 4 с.
- Казаков Р. В. Биологические основы разведения атлантического лосося. М.: Легк. и пищ. пром-ть, 1982. 144 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.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. С. 434–445.
- Павлов Д. С., Скоробогатов М. А., Веселов А. Е., Калюжин С. М., Волков Б. А. Устройство для инкуба-

ции икры в естественных условиях. Патент на полезную модель № 99688. Бюл. № 33. 2010. 4 с.

Павлов Д. С., Веселов А. Е., Skorobogatov M. A., Volkov B. A. Устройство для инкубации икры лососевых рыб в естественных условиях. Патент на полезную модель № 110229. Бюл. № 32. 2011. 2 с.

Павлов Д. С., Веселов А. Е., Skorobogatov M. A., Volkov B. A., Efremov D. A. Устройство для инкубации икры и получения личинок лососевых рыб в естественных условиях. Патент на полезную модель № 127587. Бюл. № 13. 2013. 4 с.

Павлов Д. С., Веселов А. Е., Skorobogatov M. A., Efremov D. A. Патент RU 147950. Полезная модель «Устройство для инкубации икры лососевых рыб в реках». Бюл. № 32. 2014. 4 с.

Ручьев М. А., Efremov D. A., Skorobogatov M. A., Veselov A. E. Испытание гнезд-инкубаторов икры кумжи (*Salmo trutta* L.) двухъярусной конструкции в реке Улмосен-йоки (бассейн Ладожского озера) // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 6. С. 91–98. doi: 10.17076/eb344

Смирнов Ю. А. Пресноводный лосось (экология, воспроизводство, использование). Л.: Наука, 1979. 156 с.

Федорова Л. К., Веселов А. Е., Efremov D. A., Skorobogatov M. A., Madudin A. I. Внезаводской метод восстановления популяций как подход к сохранению биологического разнообразия тихооке-

анских лососей // Современные проблемы исследования биоразнообразия растительных и животных сообществ и пути их сохранения: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (14–17 октября 2014). Ю-Сахалинск: СахГУ, 2015. С. 90–96.

Brenner T., Schneider J. Der lachs kehrt zurück / Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. 2005. 63 p.

Donaghy M. J., Verspoor E. A new design of in-stream incubator for planting out and monitoring Atlantic salmon eggs // N. Am. J. Fish. Manag. 2000. Vol. 20. P. 521–527. doi: 10.1577/1548-8675(2000)020<0521:ANDOII>2.3.CO;2

Dumas J., Marty S. A new method to evaluate egg-to-fry survival in salmonids, trials with Atlantic salmon // J. Fish Biol. 2006. Vol. 68. P. 284–304. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00907.x

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 // J. Fish Biol. 2009. Vol. 74. P. 683–690. doi: 10.1111/j.1095-8649.2008.02145.x

Tonina D., Buffington J. M. A tree-dimensional model for analyzing the effects of salmon redds on hyporheic exchange and egg pocket habitat // Can. J. Fish Aquat. Sci. 2009. No. 66. P. 2157–2173. doi: 19.1139/F09-146

Поступила в редакцию 06.03.2019

References

Efremov D. A., Veselov A. E., Skorobogatov M. A. Gnezdo-inkubator dlya ikry lososevykh ryb v estestvennykh usloviyakh [The incubation nest for salmon eggs under natural conditions]. Patent for the useful model No. RU159183, priority 11.06.2015. Byul. No. 4. 2016. 4 p.

Fedorova L. K., Veselov A. E., Efremov D. A., Skorobogatov M. A., Madudin A. I. Vnezavodskoi metod vosstanovleniya populyatsii kak podkhod k sokhraneniyu biologicheskogo raznoobraziya tikhookeanskikh lososei [Extra factory method of populations restoration as an approach to restoration of biological diversity of the Pacific salmon]. *Sovr. probl. issled. bioraznoobraziya rast. i zhivot. soobshchestv i puti ikh sokhr.* Sb. mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (14–17 oktyabrya 2014) [Current problems of studying the biological diversity of plant and animal communities and ways of their protection: Proceed. int. conf. (Oct. 14–17, 2014)]. Yu-Sakhalinsk: SakhGU, 2015. P. 90–96.

Kazakov R. V. Biologicheskie osnovy razvedeniya atlanticheskogo lososya [Biological bases of the Atlantic salmon breeding]. Moscow: Legk. i pishch. prom., 1982. 144 p.

Lupandin A. I., Pavlov D. S., Veselov A. E., Kalyuzhin S. M. Iskusstvennoe vosproizvodstvo atlanticheskogo lososya (*Salmo salar*) v estestvennykh usloviyakh [Artificial reproduction of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) under natural conditions]. *Fundamental'nye osnovy upravleniya biol. resursami* [Fundamentals of biol. resources management]. Moscow: T-vo nauch. izd. KMK, 2005. P. 434–445.

Pavlov D. S., Skorobogatov M. A., Veselov A. E., Kalyuzhin S. M., Volkov B. A. Ustroistvo dlya inkubatsii

ikry v estestvennykh usloviyakh. Patent na poleznuyu model № 99688. Byul. № 33. 2010 [A device for eggs incubation under natural conditions. Patent for the useful model No. 99688. Bull. No. 33, 2010]. 4 p.

Pavlov D. S., Veselov A. E., Skorobogatov M. A., Volkov B. A. Ustroistvo dlya inkubatsii ikry lososevykh ryb v estestvennykh usloviyakh. Patent na poleznuyu model № 110229. Byul. № 32. 2011 [A device for salmon eggs incubation under natural conditions. Patent for the useful model No. 110229. Bull. No. 32, 2011]. 2 p.

Pavlov D. S., Veselov A. E., Skorobogatov M. A., Volkov B. A., Efremov D. A. Ustroistvo dlya inkubatsii ikry i polucheniya lichinok lososevykh ryb v estestvennykh usloviyakh. Patent na poleznuyu model № 127587. Byul. № 13. 2013 [A device for eggs incubation and receiving larvae of salmon under natural conditions. Patent for the useful model No. 127587. Bull. No. 13, 2013]. 4 p.

Pavlov D. S., Veselov A. E., Skorobogatov M. A., Efremov D. A. Patent RU 147950. Poleznaya model' “Ustroistvo dlya inkubatsii ikry lososevykh ryb v rekakh”. Byul. № 32. 2014 [Patent RU 147950. A device for salmon eggs incubation in rivers. Bull. No. 32, 2014]. 4 p.

Ruch'ev M. A., Efremov D. A., Skorobogatov M. A., Veselov A. E. Ispytanie gnezd-inkubatorov ikry kumzhi (*Salmo trutta* L.) dvukh'yarusnoi konstruksii v reke Ulmosen-ioki (bassein Ladozhskogo ozera) [Trials of two-level nests for incubation of brown trout (*Salmo trutta* L.) eggs in the Ulmosen-ioki River (Lake Ladoga catchment)]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2016. No. 6. P. 91–98. doi: 10.17076/eb344

Smirnov Yu. A. Presnovodnyi losos' (ekologiya, vosproizvodstvo, ispol'zovanie) [Landlocked salmon

(ecology, reproduction, management)]. Leningrad: Nauka, 1979. 156 p.

Veselov A. E., Alikov L. V., Skorobogatov M. A., Zubchenko A. V., Kalyuzhin S. M., Shustov Yu. A., Potutkin A. G. Iskusstvennaya inkubatsiya ikry atlanticheskogo lososya (*Salmo salar* L.) v estestvennykh usloviyakh [Artificial incubation of eggs of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under natural conditions]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2007. No. 11. P. 14–19.

Veselov A. E., Pavlov D. S., Skorobogatov M. A., Efremov D. A., Belyakova E. N., Potapov K. Yu. Opyt iskusstvennoi inkubatsii ikry atlanticheskogo lososya (*Salmo salar* L.) v r. Sune (bassein Onezhskogo ozera) [Experience of an artificial incubation of eggs of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Suna River (the basin of Lake Onega)]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2011. No. 3. P. 28–38.

Veselov A. E., Pavlov D. S., Skorobogatov M. A., Efremov D. A., Nagirnyak G. A., Ruch'ev M. A. Rezul'taty ispytaniy novoi konstruktsii gnezda-inkubatora lososevoi ikry v rechnykh usloviyakh [Results of trials of a new design of the salmon eggs incubation redd in fluvial settings]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2013. No. 3. P. 179–184.

Brenner T., Schneider J. Der lachs kehrt zurück. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. 2005. 63 p.

Donaghy M. J., Verspoor E. A new design of in-stream incubator for planting out and monitoring Atlantic salmon eggs. *N. Am. J. Fish. Manag.* 2000. Vol. 20. P. 521–527. doi: 10.1577/1548-8675(2000)020<0521:ANDOI>2.3.CO;2

Dumas J., Marty S. A new method to evaluate egg-to-fry survival in salmonids, trials with Atlantic salmon. *J. Fish Biol.* 2006. Vol. 68. P. 284–304. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00907.x

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. *J. Fish Biol.* 2009. Vol. 74. P. 683–690. doi: 10.1111/j.1095-8649.2008.02145.x

Tonina D., Buffington J. M. A tree-dimensional model for analyzing the effects of salmon redds on hyporheic exchange and egg pocket habitat. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 2009. No. 66. P. 2157–2173. doi: 10.1139/F09-146

Received March 06, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ефремов Денис Александрович

научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910

Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН
Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071
эл. почта: denisefremov@list.ru
тел.: +79114103105, (8142) 769810

Веселов Алексей Елпидифорович

главный научный сотрудник, д. б. н., проф.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910

Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН
Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071
эл. почта: veselov7771@mail.ru
тел.: +79114093805, (8142) 767812

Ручьев Михаил Андреевич

младший научный сотрудник
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910

Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН
Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071
эл. почта: lsstyle@ya.ru
тел.: +79214571845, (8142) 769810

CONTRIBUTORS:

Efremov, Denis

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences
33 Leninskii Ave., 119071 Moscow, Russia
e-mail: denisefremov@list.ru
tel.: +79114103105, (8142) 769810

Veselov, Aleksey

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences
33 Leninskii Ave., 119071 Moscow, Russia
e-mail: veselov7771@mail.ru
tel.: +79114093805, (8142) 767812

Ruch'ev, Mikhail

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences
33 Leninskii Ave., 119071 Moscow, Russia
e-mail: lsstyle@ya.ru
tel.: +79214571845, (8142) 769810

Скоробогатов Михаил Александрович

ведущий научный сотрудник, д. т. н.
Тверской государственной технической университет
наб. Афанасия Никитина, 22, Тверь, Россия

Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН
Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071
эл. почта: skorobogatov1@rambler.ru
тел.: +79109366948

Федорова Людмила Константиновна

старший преподаватель
Сахалинский государственный университет
ул. Ленина, 290, Южно-Сахалинск, Россия, 693008
эл. почта: lkfed65@mail.ru
тел.: +79147652924

Мадудин Александр Иванович

генеральный директор
ООО «Нерест-2008»
ул. Советская, 60, кв. 1, Холмск, Сахалинская область,
Россия, 694620
эл. почта: ai_madudin@mail.ru
тел.: +79625813911

Skorobogatov, Mikhail

Tver State Technical University
22 Afanasi Nikitin emb., Tver, Russia

A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences
33 Leninskii Ave., 119071 Moscow, Russia
e-mail: skorobogatov1@rambler.ru
tel.: +79109366948

Fyodorova, Lyudmila

Sakhalin State University
290 Lenin St., 693008 Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
e-mail: lkfed65@mail.ru
tel: +79147652924

Madudin, Alexander

ООО «Nerest-2008»
60 Sovetskaya St., Apt. 1, 694620 Kholmsk, Sakhalin Region
e-mail: ai_madudin@mail.ru
tel.: +79625813911