

stantsij / Ali M.S., Beglyarov D.S., Bekishev B.T. i dr. // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyy agroinzhenerny universitet imeni V.P. Goryachkina». – 2016. – № 2 (72). – S. 35-39.

5. **Vissarionov V.I.** Matematicheskoe modelirovanie perehodnyh protsessov v nasosnyh ustanovkah. / Sb. Problemy i napravleniya razvitiya gidromashinostroeniya. – M.: Mashinostroeniye, 1978. – S. 16-18.

6. **Karambirov S.N.** Novye podhody v modelirovanii i optimizaatsii truboprovodnyh sistem. Osnovy, kontseptsii, metody. – LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 355 s.

7. **Streeter V.** Chislennyye metody rascheta nestatsionarnykh techeniy // Teoreticheskie osnovy inzhenernykh raschetov. – 1972. – № 2. – S. 218-228.

The material was received at the editorial office
31.10.2019

Information about the authors

Ali Munzer Suleiman, candidate of technical sciences, associate professor of the chair

of agricultural water supply and drainage FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, st. Timiryazeva, 49; e-mail: munzer@yandex.ru

Beglyarov David Surenovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of agricultural water supply and drainage FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, st. Timiryazeva, 49; e-mail: beglarivd@rgau-msha.ru

Lentyayeva Yekaterina Alekseyevna, candidate of technical sciences, senior researcher of the environmental and information technology department. Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow, st. Bolshaya Akademicheskaya, 44; e-mail: elentyaeva@mail.ru

Titaeva Alina Yuryevna, undergraduate of the chair of agricultural water supply and drainage FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, st. Timiryazeva, 49; e-mail: titaeva.alina.96@yandex.ru

УДК 502/504: 532.5:626.88

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-104-110

**М.А. СКОРОБОГАТОВ¹, А.А. АНДРИАНОВА¹, Д.С. ПАВЛОВ²,
А.Е. ВЕСЕЛОВ³, Д.А. ЕФРЕМОВ³, М.А. РУЧЬЕВ³**

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тверской государственный технический университет, Тверь, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Российская Федерация

³ Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр» РАН, г. Петрозаводск, Российская Федерация

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ГНЁЗД-ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ ИКРЫ ЛОСОСЁВЫХ РЫБ С ВЫНОСНЫМ ВОДОЗАБОРНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Возведение плотин, регулирование стока рек и безвозмездное водоизъятие нарушили веками сложившиеся условия обитания рыб. Большая часть нерестилиц в водохранилищах оказывается заиленной, а оставшиеся недоступны для производителей рыб. Обеспечение миграций рыб в реках в условиях зарегулирования и изъятия стока требует восстановления условий обитания рыб. Для этого разрабатываются различные технологии, в том числе с применением гнезд-инкубаторов. В статье приводится описание конструкции гнезда-инкубатора для инкубации икры лососёвых рыб с выносным водозаборным устройством, методика и пример гидравлического расчета устройства. При разработке методики использованы уравнение Бернулли и уравнение неразрывности. При расчётах учитывали потери напора по длине и в местных сопротивлениях от водозаборного устройства до створа выхода мальков в речной поток. Определяющим параметром при гидравлических расчетах является скорость обтекания инкубируемых икринок в лунках, которая должна находиться в определенном диапазоне. Границами являются: скорость, при которой личинка выносится из лунки искусственного инкубационного

субстрата; скорость течения, при которой к икринкам доставляется достаточное количество кислорода и выносятся продукты жизнедеятельности. Расчетным является выражение, в котором суммарные потери напора Σh_w приравнялись к перепаду $i \cdot l$ между двумя сечениями (где: i – уклон свободной поверхности водотока; l – длина гибкой трубки, соединяющий водозаборное устройство с гнездом-инкубатора). Приводится пример гидравлических расчетов. Исследования на реке Лижма (Республика Карелия) показали высокую эффективность выклева и развития жизнестойких личинок, которая достигала 96%.

Гидравлические расчёты, гнездо-инкубатор, уравнение Бернулли, уравнение неразрывности, скорость обтекания икринок.

Введение. Возведение плотин, регулирование стока рек и безвозмездное водозъятие нарушили веками сложившиеся условия обитания рыб. Нерестовые миграции заканчиваются под первыми плотинами, а покатные – массовой гибелью молоди рыб в водозаборных сооружениях. Большая часть нерестилищ в водохранилищах оказывается заиленной, оставшиеся нерестилища недоступны для производителей – анадромных рыб, мигрирующих из нагульных водоёмов.

Обеспечение миграций рыб в реках в условиях зарегулирования и изъятия стока требует восстановления условий обитания рыб. Для этого необходима разработка и применение рыбоохранных мероприятий, а также создания специальных устройств и сооружений – рыбопропускных, рыбозащитных, искусственных нерестилищ и др. [1, 2].

В настоящее время в России и за рубежом разрабатываются и внедряются различные технологии зарыбления рек. Одно из направлений решения этой проблемы связано

с использованием технологий, в которых применяются специальные устройства – гнёзда-инкубаторы. Эти устройства позволяют инкубировать искусственно оплодотворённую икру в естественных речных условиях, получая саморасселяющиеся по порогам и перекатам жизнестойкие личинки.

Материал и методы. Ниже дается описание конструкции гнезда-инкубатора с выносным водозаборным устройством [3], предназначенного для инкубирования искусственно оплодотворенной икры в естественных речных условиях, а также методики и примера гидравлического расчета гнезда-инкубатора с выносным водозаборным устройством.

Данная конструкция является одной из перспективных разработок [4, 5] для зарыбления лососёвых рек (рис. 1), в которой проточность в гнезде-инкубаторе (1) осуществляется из водозаборного устройства (2), размещенного на некотором расстоянии, против течения (рис. 1).

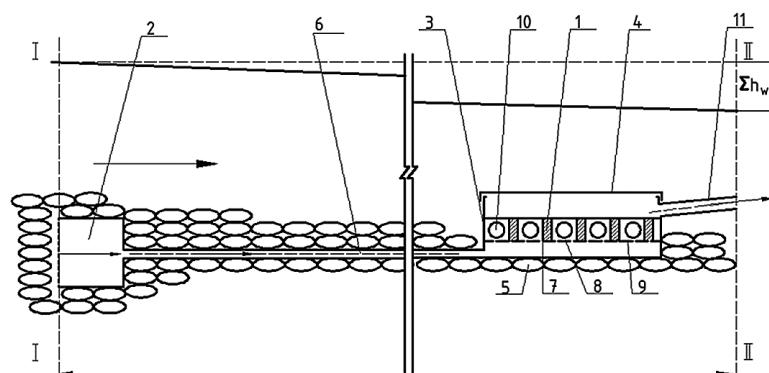


Рис. 1. Устройство гнезда-инкубатора:

- 1 – гнездо-инкубатор; 2 – водозаборное устройство; 3 – корпус;
- 4 – крышка; 5 – водонепроницаемое дно; 6 – гибкая трубка;
- 7 – искусственный нерестовый субстрат в виде пластины;
- 8 – лунки; 9 – сетка; 10 – икринки; 11 – патрубок

Гнездо-инкубатор состоит из корпуса с крышкой и имеет водонепроницаемое дно. Корпус устройства соединен с водозаборным

устройством гибкой трубкой. Внутри корпуса находится искусственный инкубационный субстрат в виде пластины с лунками.

Снизу пластины закреплена сетка, удерживающая икринки и эмбрионы.

Пластина делит корпус на две части. Нижняя часть выполняет функцию отстойника взвешенных и влекомых потоком частиц ила и детрита. Корпус гнезда-инкубатора и водозаборного устройства заглубляются в грунт русла реки. Вода поступает самотёком в водозаборное устройство из подруслового потока. В каждую лунку инкубационного субстрата помещают по одной икринке. В устройстве предусмотрено то, что после вылуцления личинке необходимо большее пространство, поэтому диаметр лунки на 3-5 мм больше, чем диаметр икринки. Выход личинок из гнезда-инкубатора в речной поток происходит через патрубок. Таким образом, вода из подруслового потока поступает в водозаборное устройство, далее по гибкой трубке в корпус инкубатора под пластину-субстрат. Проходя через лунки, вода обогащает кислородом пространство вокруг эмбрионов и выносит продукты их жизнедеятельности, затем вытекает через патрубок в речной поток.

Ниже дается описание результатов, позволяющих определить основные параметры предлагаемой конструкции и значения скорости течения в характерных точках.

Результаты и обсуждение. Необходимые ихтиологические данные для проектирования гнезда-инкубатора и данные для определения эффективности гнезда-инкубатора были получены по результатам ихтиологических исследований в лабораторных и натуральных условиях.

Для оптимизации конструкции гнезда-инкубатора и скоростных режимов в проточной части необходимы определённые значения скоростей течения в лунках при обтекании икринок ($V_{об}$). В предлагаемой конструкции гнезда-инкубатора скорость течения воды должна быть меньше величины скорости течения, при которой икринки будут выноситься из лунок ($V_{лун}$). В то же время этот показатель должен находиться в пределах, в которых происходит доставка достаточного количества кислорода к икринкам ($V_{кр}$).

Предварительно отловленных производителей выдерживали в садках на рыбоводной станции. К местам установки гнезд-инкубаторов икру перевозили в термосах через 5-7 часов после оплодотворения, что является безопасным для будущих эмбрионов.

Икру закладывали в инкубационные пластины – по одной в лунку с помощью силиконовой щеточкой. Пластина при закладке

была погружена в емкость с водой. Гнезда-инкубаторы устанавливали на порогах лососёвых нерестовых рек. Глубина воды в местах установки изменялась от 0,5 до 0,8 м. Скорости течения колебались в пределах от 0,6 до 0,9 м/с. Грунт на месте установки был галечный с отдельными валунами.

Успешность выклева личинок зависит от течения воды внутри гнезда-инкубатора, которое обеспечивает приток к развивающимся эмбрионам достаточного количества растворённого в воде кислорода и выносит продукты жизнедеятельности. Выклюнувшиеся личинки в течение 25-30 суток питались содержимым желточного мешка, затем поднимались на плав и покидали гнездо-инкубатор через выходной патрубок. Дальнейшее расселение личинок происходило в естественной среде обитания между валунами. Эндогенное питание (с помощью желточного мешка) заменилось на внешнее экзогенное питание водными беспозвоночными организмами. Личинки, а затем и мальки (с появлением чешуйного покрова) стали вести «дикий» образ жизни, как и естественно воспроизведённые мальки.

Разработанная методика гидравлических расчётов позволяет установить размеры отдельных элементов конструкции и скоростей течения в проточной части устройства.

Для получения расчетных зависимостей использованы уравнение Бернулли и уравнение неразрывности [6, 7, 8], при этом было сделано допущение, о том, что в гнезде-инкубаторе отсутствует взаимное влияние гидравлических сопротивлений. Проведенные гидравлические исследования показали возможность данного допущения.

Уравнение Бернулли записывалось (рис. 1) для сечений I-I (вход потока в выносное водозаборное устройство) и II-II (створ выхода личинок в речной поток из гнезда-инкубатора). После рассмотрения всех слагаемых, входящих в уравнение Бернулли, получено следующее выражение:

$$H_1 = H_2 + \Sigma h_w, \quad (1)$$

где H_1 и H_2 – расстояния от свободной поверхности до плоскости сравнения сечений I-I и II-II; Σh_w – потери напора от сечения I-I до II-II.

Как известно, потери напора Σh_w складываются из потерь напора по длине и потерь напора в местных сопротивлениях [7, 8, 9]. В расчетах учитывались следующие потери напора (рис. 1): потери напора на входе потока из водозаборного устройства в гибкую трубку – $h_{вх1}$;

потери по длине гибкой трубки – h_{11} ; потери напора при выходе потока из гибкой трубки в гнездо-инкубатор – $h_{\text{вых1}}$; потери напора при прохождении потока искусственного инкубационного субстрата в виде пластины с лунками – $h_{\text{нк}}$; потери напора в выпускном патрубке на вход потока в него – $h_{\text{вх2}}$ и по длине – h_{12} .

Таким образом:

$$\Sigma h_w = h_{\text{вх1}} + h_{11} + h_{\text{вых1}} + h_{\text{нк}} + h_{\text{вх2}} + h_{12} \quad (2)$$

Потери напора при прохождении искусственного инкубационного субстрата в виде пластины с лунками учитываются при условии, что оплодотворённые и набухшие икринки находятся в лунках – $h_{\text{нк}}$.

Как показали эксперименты, потери напора на входе в перфорированное водозаборное устройство можно пренебречь. Это объясняется наличием большой площади водопропускных отверстий в нём.

Выражение (1) было записано следующим образом:

$$H_1 - H_2 = i \cdot l, \quad (3)$$

где i – уклон свободной поверхности водотока; l – расстояние между сечениями I-I и II-II.

В то же время

$$i \cdot l = \Sigma h_w \quad (4)$$

Выражение (4) позволяет найти длину гибкой трубки, или её диаметр, размеры искусственного инкубационного субстрата в виде пластины с лунками и другие показатели. Это положение подтверждается результатами биологических и гидравлических исследований по определению эффективности гнезд-инкубаторов. Следует отметить, что гибкие трубки из ПВХ лучше «работают» в речных условиях северных рек, чем трубки из резины. Кроме этого, анализ полученного экспериментального материала позволил рекомендовать гибкие трубки, соединяющие гнездо-инкубатор с водозаборным устройством, применять гофрированными.

Ниже приводится пример расчётов по определению диаметра гибкой трубки, с использованием разработанной методики.

Исходные данные и порядок расчетов.

Расчёты выполняли для водотока, имеющего уклон свободной поверхности $i = 0,00074$. Длина гибкой трубки – $l_T = 300$ см.

Расчетное количество икринок в гнезде-инкубаторе – $N = 200$. Диаметр лунки – $D = 1,0$ см, размеры икринок – $d = (0,5-0,6)$

см. Расчетная скорость обтекания икринки – $0,16$ см/с [8].

Площадь, по которой происходит обтекания икринок определялась как разность площадей поперечного сечения лунки и икринки.

Находим площадь живого сечения обтекания икринки – S :

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14(1,0^2 - 0,5^2)}{4} = 0,589 \text{ см}^2 \quad (5)$$

Вычисляем максимальный расход воды, который необходимо пропустить через искусственный инкубационный субстрат в виде пластины внутри гнезда-инкубатора:

$$Q = V \cdot S \cdot N = 0,16 \cdot 0,589 \cdot 200 = 18,82 \text{ см}^3/\text{с} \quad (6)$$

Назначаем ряд диаметров гибкой трубки – d ($d = 2,0$ см, $d = 2,5$ см, $d = 3,0$ см).

Определяем потери напора в отдельных элементах гнезда-инкубатора.

Потери напора по длине гибкой трубки определяются по следующей зависимости:

$$h_l = \lambda \frac{l_T}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения; l_T – длина гибкой трубки; d – диаметр гибкой трубки; V_1 – средняя скорость течения в гибкой трубке.

В связи с тем, что при расчетах число Рейнольдса не превышало 2000, коэффициент гидравлического трения определялся по формуле:

$$\frac{64}{\text{Re}} \quad (8)$$

где Re – число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{V_1 \cdot d_T}{\nu}, \quad (9)$$

здесь ν – кинематический коэффициент вязкости, $\nu = 1,569 \cdot 10^{-6}$ м²/с при температуре воды 4°C.

Потери напора в местных сопротивлениях вычисляли по формуле:

$$h_m = \xi \cdot \frac{V_1^2}{2g}, \quad (10)$$

где ξ – коэффициент местных сопротивлений.

Как указывалось выше, в проточной части гнезда-инкубатора наблюдаются режимы с числом Рейнольдса менее 2000. Поэтому коэффициенты сопротивления на вход потока в гибкую трубку и выход из неё,

а также на вход в выпускной патрубок вычисляли по формуле А.Д. Альтшуля [10].

$$\xi = \frac{A}{\text{Re}} + \xi_{\text{кв}}, \quad (11)$$

где $\xi_{\text{кв}}$ – значение коэффициента местного сопротивления в квадратичной области [6, 11]; A – коэффициент, определяемый по таблице [6].

Значения коэффициентов сопротивления искусственного инкубационного субстрата в виде пластины с ячейками ($h_{\text{ик}}$) определяли по результатам лабораторных гидравлических исследований.

Суммарные потери напора (Σh_w), полученные в результате расчетов для трех значений диаметров, приведены в таблице.

Таблица

Результаты вычислений

Диаметр трубки – d , см	2,0	2,5	3,0
Потери напор – Σh_w	0,290	0,1263	0,095
$i \cdot l$, см	0,227	0,027	0,227

По данным таблицы при $i \cdot l = 0,00074 \cdot 300 = 0,222$ см, определен диаметр гибкой трубки. В нашем случае $d = 2,1$ см.

Испытания данной конструкции гнезда-инкубатора были проведены на реке Лижма (Республика Карелия). На рисунке 2

показаны: (а) основные элементы конструкции гнезда-инкубатора перед установкой; (б) гнезда-инкубатора, установленные в русле реки.

Установлено, что эффективность выклева и развития жизнестойких личинок в данном устройстве достигала 83-96% [2, 4]

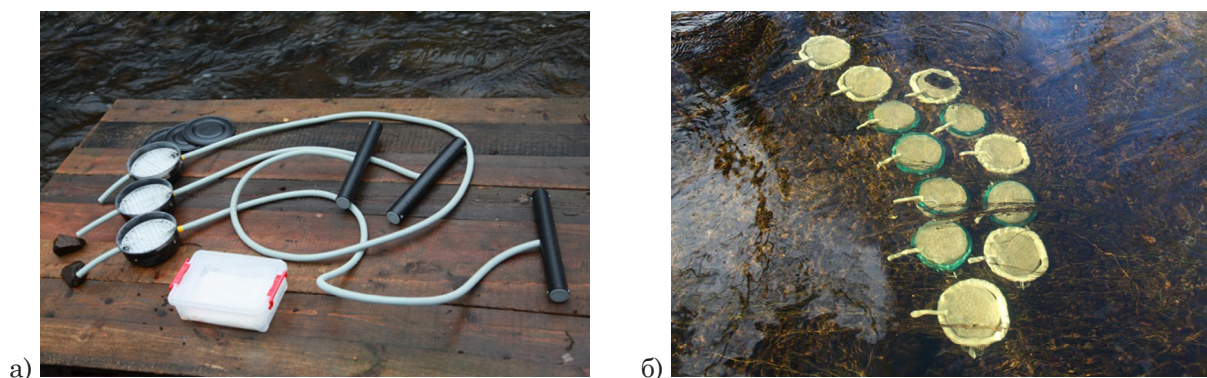


Рис. 2. Оборудование гнезда-инкубатора перед установкой

Заключение

Разработанная методика гидравлических расчетов с использованием уравнения Бернулли и уравнения неразрывности позволяет определить оптимальные гидравлические режимы в проточной части и оптимальную конструкцию гнезда-инкубатора с выносным водозаборным устройством для икры лососевых рыб.

Установлено что эффективность выклева и развития жизнестойких личинок в данном устройстве достигает 96%.

Расчёты, конструкторские разработки и лабораторные исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации». Финансовое обеспечение полевых исследований

осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания ФИЦ КарНЦ РАН (0218-2019-0081).

Библиографический список

1. Павлов Д.С., Скоробогатов М.А. Миграции рыб в зарегулированных реках. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 413 с.
2. Результаты испытания новой конструкции гнезда-инкубатора лососёвой икры в речных условиях / Веселов А.Е., Павлов Д.С., Скоробогатов М.А. и др. // Труды Карельского научного центра РАН. – 2013. – № 3. – С. 179-184.
3. Устройство для инкубации икры лососёвых рыб в естественных условиях: п.м. № 110229.РФ, МПК А01К61 / Павлов Д.С., Веселов А.Е., Скоробогатов М.А., Волков Б.А.; заявитель и патентообладатель (ИПЭЭ РАН)

и (ИБ КарНЦ РАН). – 2011120652/13; заявл. 20.05.2011, опублик. 20.11.2011. Бюл. № 32.

4. Гидравлические исследования гнёзд-инкубаторов икры лососёвых рыб, устанавливаемых в речных условиях / Павлов Д.С., Скоробогатов М.А., Веселов А.Е. и др. // Рыбное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 67-71.

5. Инновационные технологии и устройства для инкубирования икры лососевых рыб в реках / Павлов Д.С., Веселов А.Е., Скоробогатов М.А. // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 1. – С. 39-44.

6. Примеры расчетов по гидравлике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Д. Альтшуля. – М.: Стройиздат, 1976. – 255 с.

7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Книга по Требованию. 2012. – 466 с.

8. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Недра, 1970. – 216 с.

9. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Изд. – 2-е. – М.-Л.: Стройиздат, 1978. – 419 с.

10. Справочник по гидравлике / Под ред. В.А. Большакова. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. – 343 с.

11. Справочник по гидравлическим расчетам. / Под ред. Киселева П.Г. изд. 4-е. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.

Материал поступил в редакцию 21.11.2019 г.

Сведения об авторах

Скоробогатов Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО ТвГТУ; 170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д.22, e-mail: Skorobogatov1@rambler.ru

Веселов Алексей Елпидифорович, доктор биологических наук, профессор, ИБ КарНЦ РАН; 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, e-mail: veselov@krc.karelia.ru

Павлов Дмитрий Сергеевич, доктор биол. наук, профессор, академик РАН, ФГБУН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН; 119071, Москва, Ленинский проспект, д.33, e-mail: acad.pavlov@gmail.com

Ефремов Денис Александрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН, Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, e-mail: denisefremov@list.ru

Ручьев Михаил Андреевич, научный сотрудник ФГБУН, Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, e-mail: karel.medved@yandex.ru

Андрианова Анастасия Александровна, аспирант ФГБОУ ВО ТвГТУ; 170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д. 22, e-mail: LP62007@yandex.ru

M.A. SKOROBOGATOV¹, A.A. ANDRIANOVA¹, D.S. PAVLOV², A.E. VESELOV³, D.A. EFREMOV³, M.A. RUCHEV³

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Tver State Technical University, Tver, Russian Federation

² Federal State Budgetary Institution of Science, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, Moscow, RF

³ Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, FIC «Karelian Scientific Center» of RAS, Petrozavodsk, Russian Federation

HYDRAULIC CALCULATIONS OF NEST-INCUBATORS FOR SALMON SPAWNS WITH THE EXTERNAL WATER INTAKE

Construction of dams, regulation of river flows and uncompensated water withdrawal disrupted the centuries-old conditions of fish habitat. Most of the spawning grounds in the reservoirs are silted and the others are inaccessible for fish producers. Fish habitat should be restored to ensure fish migration in the rivers with flow regulation and water withdrawal. To achieve this, various techniques have been developed, including the ones based on nest incubation units. In the article there is described the design of a nest incubation unit with the external water intake for incubation salmon caviar, the method and an example of hydraulic calculation of the unit. The method is based on Bernoulli's equation and equation of continuity. The calculations took into account frictional loss and local resistance from the water intake to the point where the fries enter the river flow. The key parameter for hydraulic calculations is the flow rate of the incubated fish eggs in holes which should be in a certain range. The limits are the following: velocity at which the larvae is removed from the hole of the artificial incubation substrate; flow velocity at which the fish eggs receive a sufficient amount of oxygen and waste products are removed. In the formula used

for calculation, total friction loss Σh_w is equal to $i \cdot l$ difference between two sections (where: i is the slope of the free surface of water flow and l is the length of the flexible tube connecting the water intake with the nest incubation unit). There is given an example of hydraulic calculations. Research conducted on the Lizhma River (Republic of Karelia) showed a high hatching efficiency and development of viable larvae reaching 96%.

Hydraulic calculations, nests-incubator, Bernoulli equation, continuity equation, egg flow rate.

References

1. **Pavlov D.S., Skorobogatov M.A.** Migratsiya ryb v zaregulirovannykh rekakh. M.: Tovari-shchestvo nauchnykh Izdaniy KMK. 2014. 413 s.
2. Rezultaty ispytaniya novoi konstruktssii gnezda-inkubatora lososevoi ikry v rechnykh usloviyakh / Veselov A.E., Pavlov D.S., Skorobogatov M.A. i dr. // Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN, № 3, 2013. S. 179-184.
3. Ustroistvo dlya inkubatsii ikry lososevykh ryb v estestvennykh usloviyakh. Patent na poleznuyu model № 110229. Avtory Gavlov D.S., Veselov A.E., Skorobogatov M.A., Volkov B.A.; zayavitel i patentoobladatel (IPEERAN) I (IBKarNTS RAN). 2011120652/13; zayavl. 20.05.2011, opubl.20.11.2011. Byul. № 32.
4. Gidravlicheskie issledovaniya gnezd-inkubatorov ikry lososevykh ryb, ustanavlivaemykh v rechnykh usloviyakh. / Pavlov D.S., Skorobogatov M.A., Veselov A.E. i dr. Zhurnal "Rybnoe khozyaistvo", 2016, № 4. S. 67-71.
5. Innovatsionnye tekhnologii i ustroystva dlya inkubirovaniya ikry lososevykh ryb v rekakh / Pavlov D.C., Veselov A.E., Skorobogatov M.A. i dr. // Zhurnal "Rybnoe Khozyaistvo", 2014, № 1. S. 39-44.
6. Primery raschetov po gidravlike: Ucheb. posobie dlya vuzov / Pod red. A.D. Altshulya. Moskva: Stroizdat, 1976. 255 s.
7. **Idelchik I.E.** Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam. M.: Kniga po Trebovaniyu. 2012. 466 s.
8. **Altshul A.D.** Gidravlicheskie soprotivleniya. M.: Nedra, 1970. 216 s.
9. **Kurganov A.M., Fedorov N.F.** Spravochnik po gidravlicheskim raschetam system vodosnabzheniya i kanalizatsii. – 2-e izd. M.; L.: Strojizdat, 1978. 419 s.
- Spravochnik po gidravlike / Pod red. V.A. Bolshakov, – 2-e izd., pererab. i dop. – K.: Vyscha shk. Golovnoe izd-vo, 1984. – 343 s.
10. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam. / Pod red. Kiseleva P.G. – 4-e izd. M.: Energiya, 1972. 312 s.

The material was received at the editorial office
21.11.2019

Information about the authors

Skorobogatov Mikhail Alexandrovich, doctor of technical sciences, professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Tver State Technical University; 170026, Tver, Nab. Afanasiya Nikitina 22; e-mail: Skorobogatov1@rambler.ru

Veselov Aleksei Elpidiforovich, doctor of Biological Sciences, professor, Federal State Budgetary Institution of Science, Institute of Biology, Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 185910, Petrozavodsk, Pushkinskaya, 11; e-mail: veselov@krc.karelia.ru; veselov7771@mail.ru

Pavlov Dmitry Sergeevich, doctor of biological sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Institution of Science, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences; 119071, Moscow, Leninskii Prospekt, 33.

Efremov Denis Aleksandrovich, candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Institution of Science, Institute of Biology, Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 185910, Petrozavodsk, Pushkinskaya, 11; e-mail: denisefremov@list.ru

Ruchjev Mikhail Andreevich, researcher, Federal State Budgetary Institution of Science, Institute of Biology, Karelian Scientific Center, Russian Academy of Sciences; 185910, Petrozavodsk, Pushkinskaya, e-mail: karel.medved@yandex.ru

Andrianova Anastasia Aleksandrovna, graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Tver State Technical University; 170026, Tver', Nab. Afanasiya Nikitina, 22; e-mail: LP62007@yandex.ru