

ДИНАМИКА ПРОЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК ОВУЛИРОВАВШИХ ЯИЦ СИГОВЫХ РЫБ (COREGONIDAE) ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА ПОСЛЕ АКТИВАЦИИ ВОДОЙ

© 2015 г. Н. В. Смешливая, С. М. Семенченко

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, Тюмень, 625023
E-mail: nsmeshliyaya@mail.ru

Поступила в редакцию 21.01.2015 г.

Изучена динамика прочности оболочек овулировавших яиц шести видов сиговых рыб после активации водой. В качестве показателя прочности оболочек яиц использовали величину нагрузки, вызывающую их разрыв при сдавливании. Выявлены существенные межвидовые различия по продолжительности периодов изменения прочности и в значениях нагрузки, которую способны выдержать оболочки. Показано, что характер изменений прочности оболочки у исследованных видов сходный. Выделено четыре периода изменения прочности оболочек: первичное увеличение, снижение, вторичное увеличение и стабилизация прочности. Первичное увеличение прочности наблюдается сразу после активации яйца водой и незначительно по величине и продолжительности. Снижение прочности оболочек яиц протекает одновременно с увеличением их размеров в связи с оводнением. Момент наступления минимальной прочности оболочек совпадает с окончанием оводнения яйца. Дальнейшее развитие сопровождается вторичным увеличением прочности оболочек с последующей стабилизацией на уровне максимальных значений через сутки после активации яйца водой.

Ключевые слова: сиговые рыбы Coregonidae, яйцо, оболочки яйца, оводнение, прочность оболочек, активация водой.

ВВЕДЕНИЕ

Исключительная роль сиговых рыб в промысле и аквакультуре Обь-Иртышского бассейна определяет масштабы их искусственного воспроизводства. Число выпускаемых личинок достигает 1 млрд в год. Потребность в повышении эффективности работы рыбоводных предприятий обуславливает постоянное совершенствование биотехники заводского воспроизводства рыб. При оптимизации технологии рыбоводных процессов требуется учитывать видовые особенности биологии объектов искусственного воспроизводства.

Прочность яичевых оболочек — важный функциональный показатель яиц (икры) рыб, определяющий их устойчивость к механическим повреждениям в процессе сбора, при транспортировке и инкубации.

Однако процесс изменения прочности оболочек овулировавшего яйца после активации водой у сиговых рыб изучен недостаточно. Ранее прочность оболочек яиц сиговых исследовали многие авторы (Зотин, 1953, 1958, 1961; Кугаевская, 1981, 1985; Черняев, 1982; Черняев и др., 1987). Наиболее полно динамика прочности оболочек яйца была описана Зотиным (1961) у свирского сига. Для сиговых Обь-Иртышского бассейна данный вопрос частично рассматривался в работах Кугаевской (1981, 1985) на яйцах чира и озерной пеляди. Необходимо отметить, что методика проведенных опытов была в полной мере описана только Зотиным (1961), в остальных работах авторы приводят исключительно результаты исследований. Таким образом, существующие литературные данные не позволяют оценить

общую картину изменения прочности оболочек яиц сиговых.

Цель исследования — изучение динамики прочности оболочек овулировавших яиц сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна после активации водой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили овулировавшие яйца сиговых видов рыб Обь-Иртышского бассейна в нерестовый период 2011 г. Была исследована динамика прочности оболочек яиц шести видов: ряпушки сибирской *Coregonus sardinella*, тугуна *C. tugin*, чира *C. nasus*, речной пеляди *C. peled*, муксуна *C. muksun* и сига-пыжьяна *C. lavaretus pidschian*. Работы с яйцами, полученными от самок ряпушки, тугуна, чира, сига-пыжьяна и речной пеляди, проводили на рыбноводном пункте «Рахтынья» (р. Ляпин, бассейн р. Северная Сосьва); с яйцами муксуна работы проводили в лаборатории Госрыбцентра (г. Тюмень). Производителей сиговых на р/п «Рахтынья» отлавливали из естественных нерестовых стад. Половые продукты муксуна были получены от производителей, содержащихся на садковом хозяйстве «Волковское» (Тобольский район). Яйца муксуна для опытов доставляли в лабораторию в изотермическом контейнере. Размерно-массовые показатели самок, использованных в опытах, представлены в табл. 1.

Для исключения индивидуального влияния различных самок на динамику показателя овулировавшие яйца брали от од-

ной текущей самки с полноценными половыми продуктами. Оводнение и развитие яиц всех серий опытов происходило в воде из р. Ляпин. Вода из этой реки относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы со слабой минерализацией и значением водородного показателя 6,8 единиц.

Ранее для определения прочности оболочек яиц рыб использовали несколько методик, предложенных Зотиным и применявшихся для яиц хамсы (Зайцев, 1959), лосося, форели и свирского сига (Зотин, 1961). В наших опытах прочность оболочек яиц оценивали аналогично предыдущим исследователям по величине нагрузки, вызывающей их разрыв при сдавливании. В связи с отсутствием стандартных приборов и методик для определения прочности оболочек яиц мы использовали оригинальную методику, подходящую для проведения опытов в полевых условиях. Яйца поштучно помещали на чашку электронных лабораторных весов через заданный интервал времени с момента активации их водой. При помощи специального поршня плавно увеличивали нагрузку на яйцо в течение 5 секунд до разрушения оболочки. За этот период добивались разрушения оболочек каждого яйца в серии опытов. Поршнем служил пластиковый цилиндр диаметром 8 мм с выемкой, соответствующей диаметру яйца. Вертикальное плавное движения поршня оператор обеспечивал вручную (рис. 1). Визуально регистрировали показание весов, при котором происходил разрыв оболочек. Каждое зафиксированное значение нагрузки, разрушающее оболочки яйца, считали от-

Таблица 1. Размерно-массовые показатели самок, использованных в опыте

Вид	Длина, см	Масса, г	Возраст, лет
Пелядь	29,8	386,9	7+
Чир	41,4	1234,0	8+
Сиг-пыжьян	27,6	253,5	6+
Ряпушка	24,0	187,0	4+
Тугун	10,9	15,8	1+
Муксун	49,8	2093,1	4+

дельным опытом. Каждая серия заключалась в последовательном проведении 15 опытов. Продолжительность одной серии не превышала 2–3 мин. Для последующего анализа использовали среднюю величину нагрузки, полученную в каждой отдельной серии. В течение первых семи часов развития яиц (до нагрузки 150 г) серии проводили на более чувствительных электронных лабораторных весах CAS SCL150 с ценой деления 0,001 г (Корея) при округлении измеряемого показателя до 1 г. Последующие серии проводили на весах CAS1200 с ценой деления 0,1 г (Корея) при округлении величины нагрузки до 5 г. Периодичность серий в первый час развития яиц составляла 10 мин, в последующем интервалы времени между сериями увеличивали с 30 мин до 2 ч. Первую оценку прочности оболочек производили до активации яиц водой сразу после их отцеживания из самки. Серии проводили последовательно до стабилизации значений. Температура воды составляла 0,5–1,0 °С, что соответствует технологической норме при рыбоводных работах с икрой сиговых рыб. Кроме того, для яиц каждого вида проводили оценку продолжительности оводнения по оригинальной методике (Смешливая, Семенченко, 2011). О процессе оводнения судили по изменению диаметра яйца после активации водой. Всего было проведено опытов: с речной пелядью – 17 серий, включающих 255 опытов; с чиром – 23 серии, включающих 345 опытов; с сигом-пыжьяном – 19 серий, включающих 285 опытов; с ряпушкой – 16 серий, включающих 240; с тугуном – 24 серии, включающих 360 опытов; с муксуном – 20 серий, включающих 300 опытов.

Статистическую обработку полученных результатов и построение графиков проводили в программе Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что у каждого из исследованных видов кривая изменения прочности оболочек яиц имеет сложный характер. Однако перио-

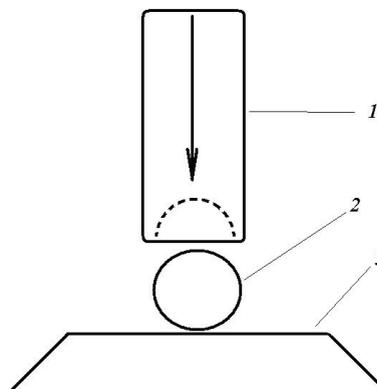


Рис. 1. Схема опыта по определению прочности оболочек яйца: 1 – поршень; 2 – яйцо; 3 – чаша весов.

дичность изменения прочности оболочек носит общий характер, что позволило выделить в изучаемом процессе четыре этапа: I – первичное увеличение прочности, II – снижение прочности, III – вторичное увеличение прочности, IV – стабилизация прочности оболочек яйца (рис. 2).

Существенные межвидовые различия проявляются в значениях показателя, отражающего прочность оболочек, и в продолжительности каждого из выделенных периодов динамики прочности оболочек. Вариабельность изучаемого признака (CV) в различных сериях не зависела от вида и составила: для речной пеляди – 14–30%, для чира – 13–35%, для сига-пыжьяна – 12–35%, для ряпушки – 11–33%, для тугуна – 16–38%, для муксуна – 12–36%.

Прочность оболочек овулировавших неактивированных яиц сиговых рыб невелика; значение нагрузки, вызывающее разрушение, составляло от 4 мг у ряпушки до 10 мг – у речной пеляди. Максимальная нагрузка на оболочки наблюдалась у яиц чира – 45 г.

Период первичного увеличения прочности оболочек яйца (I). После попадания неактивированного оводненного яйца в воду у всех исследованных видов происходило небольшое, но достоверно регистрируемое увеличение прочности оболочек за небольшой промежуток времени (рис. 3). Яйца исследованных сиговых рыб по продолжи-

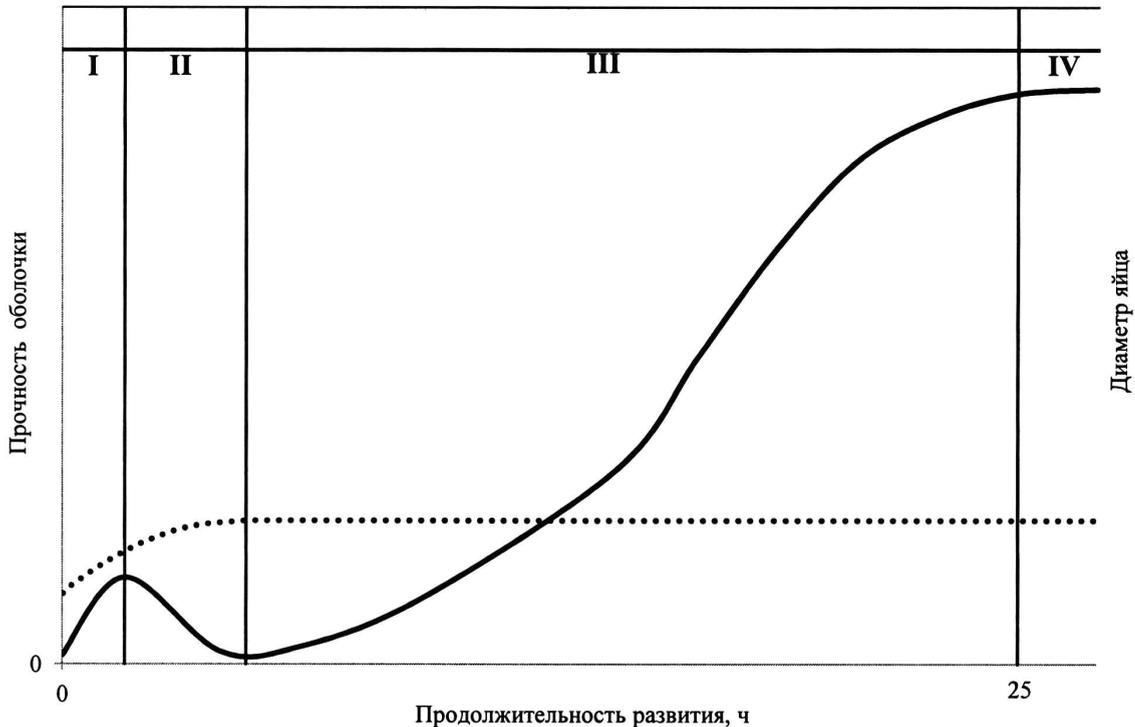


Рис. 2. Схема динамики прочности оболочек (—) и диаметра яиц (...) сиговых рыб после активации водой, I–IV — периоды динамики прочности оболочки яйца.

тельности первого периода можно условно разделить на две группы: к первой относятся яйца чира, сига-пыжьяна и ряпушки, ко второй — речной пеляди, тугуна и муксуна. Продолжительность периода в первой группе составляла 10–20 мин, во второй — 30–40 мин (табл. 2). В течение этого периода величина нагрузки, разрушающей оболочки, по сравнению с первоначальным значением возросла от 1,1 раза у яиц чира до 3,7 раза — у яиц ряпушки. По окончании I периода значение оцениваемой нагрузки находилось в интервале от 11 до 51 г для яиц тугуна и чира соответственно (табл. 3).

Период снижения прочности (II). Дальнейшее развитие яйца сопровождалось уменьшением прочности его оболочек (рис. 3). В этом периоде уже выделяются три группы, причем временные отличия продолжительности данного периода у них более выражены. Так, к первой группе относятся яйца пеляди, ряпушки и тугуна с продолжительностью периода снижения прочности

45–50 мин. Вторую группу формируют сиг-пыжьян и муксун, у которых прочность оболочек яиц снижалась в течение 70 и 80 мин соответственно. К третьей группе относится только чир, у яиц этого вида отмечен самый продолжительный период снижения прочности — 190 мин. За II период у яиц всех исследованных видов, кроме чира, величина нагрузки, разрушающей оболочки, снизилась от 1,9 до 3,6 раза (в среднем — в 2,4 раза). У яиц чира эта нагрузка уменьшилась в 8,5 раза. По окончании II периода оболочки яйца достигли минимума прочности и разрушались при нагрузке всего от 3 г у тугуна до 9 г — у муксуна (табл. 3). Таким образом, при температуре 0,5–1,0°C после активации водой яйца речной пеляди, сига-пыжьяна, ряпушки и тугуна наиболее уязвимы к механическим воздействиям в среднем через 75 мин, яйца муксуна — через 120 мин, яйца чира — через 200 мин.

После активации яйца водой начинается процесс его оводнения. По данным

Таблица 2. Продолжительности процесса оводнения и периодов I–III в динамике прочности оболочек яиц сиговых рыб

Вид	Продолжительность, мин			
	Оводнение	I	II	III
Пелядь	105	35	85	1440
Чир	260	10	200	1605
Сиг-пыжьян	100	10	80	1440
Ряпушка	95	20	66	1680
Тугун	100	30	75	1440
Муксун	145	40	120	1380

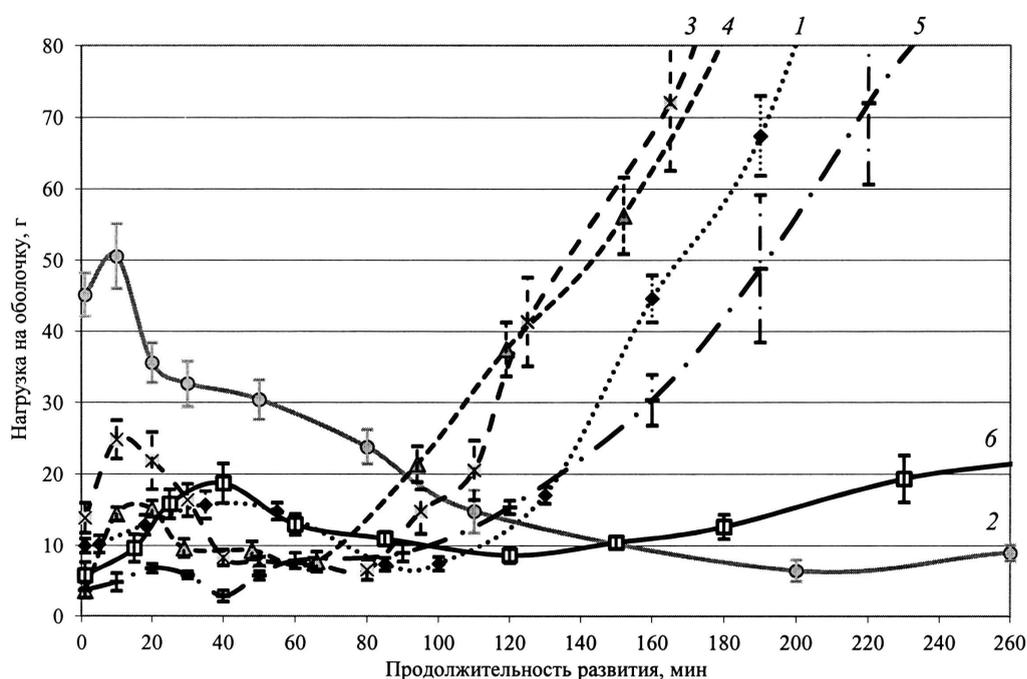


Рис. 3. Динамика прочности оболочек яиц сиговых рыб в первые 160–260 мин развития. Для средних значений приведены доверительные интервалы при $\rho \geq 0,95$. Виды: 1 – пелядь, 2 – чир, 3 – сиг-пыжьян, 4 – ряпушка, 5 – тугун, 6 – муксун.

Таблица 3. Нагрузка, разрушающая оболочки яиц сиговых рыб, на границе периодов в динамике прочности, г

Вид	Неактивированное яйцо	Граница периодов		
		I–II	II–III	III–IV
Пелядь	10,0±0,6	15,7±1,0	7,4±0,5	1282,0±70,0
Чир	45,1±1,7	50,6±2,4	6,5±0,8	503,7±30,4
Сиг-пыжьян	13,9±1,1	24,9±1,4	7,4±0,5	1089,2±36,2
Ряпушка	3,6±0,3	15,2±0,6	7,8±0,8	980,3±65,2
Тугун	3,7±0,6	6,8±0,3	2,9±0,4	1133,2±74,1
Муксун	5,8±1,0	18,8±1,5	8,7±0,6	1181,7±27,6

Черняева (1982), оводнение яиц сиговых начинается через 4–5 мин после попадания в воду. Продолжительность процесса оводнения при температуре 0,5–1,0°C у исследованных сиговых различна: 95 мин у ряпушки и 260 мин — у чира (табл. 2). Обращает на себя внимание сопряженность процессов оводнения и снижения прочности оболочек яйца. Ранее аналогичный эффект был описан Зотиным (1961) для свирского сига и форели. Зотин (1961) экспериментально показал, что процесс затвердевания оболочек является фактором, регулирующим поступление воды в яйцо в процессе оводнения и определяющим его конечный размер. В наших опытах к окончанию II периода диаметр яиц у всех исследованных сиговых достигал 93–95% от своих максимальных размеров. В среднем продолжительность оводнения яиц превышала сум-

марную продолжительность I и II периодов в 1,3 раза (табл. 2). Таким образом, у сиговых рыб момент достижения максимального (стабильного) размера оводняющегося яйца наступает с некоторым запаздыванием после прохождения минимума прочности оболочек яйца.

Период вторичного увеличения прочности (III). Четкие видоспецифические отличия у исследованных сиговых рыб по продолжительности третьего периода отсутствовали. В частности, минимальная продолжительность данного периода наблюдалась у муксуна и составляла 1260 мин, максимальная — у ряпушки со значением 1600 мин. У яиц остальных видов третий период продолжался от 1355 (речная пелядь) до 1405 мин (чир) (рис. 4, табл. 3).

Кривая процесса вторичного увеличения прочности у исследованных видов

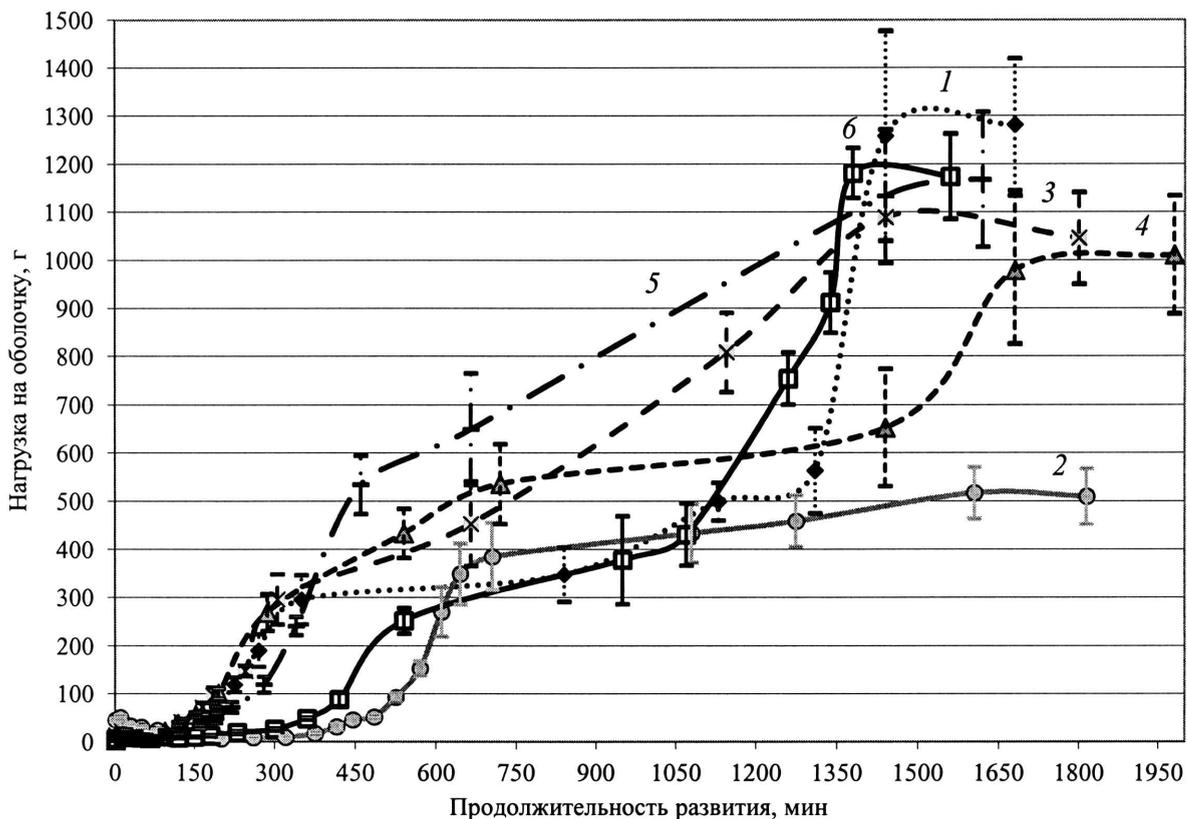


Рис. 4. Динамика прочности оболочек яиц сиговых рыб в течение I этапа эмбрионального развития (по: Черняев, 1982). Для средних значений приведены доверительные интервалы при $p \geq 0,95$; 1–6 — см. на рис. 3.

имеет S-образную форму. К концу III периода значение нагрузки на оболочки яиц у большинства исследованных видов находилось в пределах от 1011 г у ряпушки до 1282 г — у речной пеляди. Исключением являются яйца чира, выдерживающие нагрузку только в 504 г (табл. 3). Аналогичный процесс вторичного увеличения прочности со схожими значениями мы наблюдали для яиц речной пеляди в 2013 г. (Смешливая, Семенченко, 2014).

Период стабилизации прочности оболочек (IV). Яйца речной пеляди, сига-пыжьяна, тугуна и муксуна достигают периода стабилизации прочности оболочек в среднем через 1440 мин (1 сут.) после активации, яйца ряпушки и чира — через 1640 мин. Таким образом, стабилизация прочности оболочек сиговых рыб происходит к концу I этапа эмбриогенеза — оводнению и образованию бластодиска (Черняев, 1982).

Полученные данные необходимо учитывать при корректировке биотехники сбора икры сиговых рыб. В частности, яйца речной пеляди, сига-пыжьяна и тугуна наиболее уязвимы к механическим воздействиям через 80 мин после активации, муксуна — через 120 мин, чира — через 200 мин. Биотехнические мероприятия, связанные с риском механического повреждения икры (подсчет, раскладка в транспортную тару, перевозка), целесообразно проводить не ранее, чем через сутки после ее активации, а не через 6–8 часов, как это принято в соответствии с действующими технологическими нормами (Черняев и др., 1987).

ВЫВОДЫ

1. Изменение прочности оболочек яйца сиговых рыб с момента активации водой происходит по общей схеме. Последовательность изменения прочности следующая: слабовыраженное увеличение → снижение → вторичное основное увеличение → стабилизация.

2. Снижение прочности оболочек после активации сопряжено по времени с оводнением яиц.

3. Прочность оболочек яиц всех исследованных видов стабилизируется через сутки после активации яиц на уровне, близком к максимальному.

4. По сравнению с другими видами сиговых рыб оболочки яиц чира отличаются минимальным значением прочности после стабилизации этого показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Зотин А. И. Начальные стадии процесса затвердевания оболочек яиц лососевых рыб // Докл. АН СССР. 1953. Т. 89. № 3. С. 573–576.

Зотин А. И. Фермент затвердевания оболочек у яиц лососевых рыб // Там же. 1958. Т. 121. № 6. С. 1105–1108.

Зотин А. И. Физиология водного обмена у зародышей рыб и круглоротых. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 320 с.

Зайцев Ю. П. Механическая прочность икры хамсы и связанные с ней особенности размножения // Вопр. ихтиологии. 1959. Вып. 12. С. 89–91.

Кугаевская Л. В. Некоторые особенности биотехники разведения чира // Тез. докл. II Всесоюз. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Петрозаводск, 1981. С. 192–196.

Кугаевская Л. В. Биологические аспекты совершенствования технологии промышленного сбора и инкубации икры сиговых рыб // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1985. Вып. 233. С. 85–97.

Смешливая Н. В., Семенченко С. М. Влияние температуры на длительность оводнения икры сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Аквакультура Европы и Азии: реалии и перспективы развития и сотрудничества». Тюмень, 2011. С. 172–175.

Смешливая Н. В., Семенченко С. М. Влияние продолжительности контакта икры с водой после активации на прочность внешней оболочки икры речной пеляди *C. peled* после хранения // Вестн. ГПА. 2014. № 1 (18). С. 72–74.

Черняев Ж.А. Воспроизводство байкальского омуля. М.: Лег. и пищ пром-сть, 1982. 128 с.

Жалина Е.И. и др. Методические указания по сбору и хранению икры сиговых рыб на временных рыбоводных пунктах, ее транспортировке и инкубации. М.: ИЭМЭЖ, 1987. 82 с.

**DYNAMICS OF STRENGTH OF MATURE EGGS ENVELOPES
OF OB-IRTYSH BASIN WHITEFISH (COREGONIDAE)
AFTER EXPOSURE TO WATER**

© 2015 y. N. V. Smeshlivaya, S. M. Semenchenko

State Research and Production Center of Fishery, Tyumen, 625023

The paper contains data on the dynamics of strength of eggs envelopes of six species of whitefish after exposure to water. The load value causing rupture of eggs envelopes was used as an indicator of strength. Significant interspecific differences appear in values of the indicator reflecting the strength of eggs envelopes and the duration of each of the selected periods. Results of the experiment show that the nature of changes in the strength of eggs envelopes of the species in question is analogous. It is possible to distinguish four periods in this process: initial increase in strength, decrease in strength, secondary increase in strength, and stabilization of strength of eggs envelopes. After contact of an inactivated mature egg with water, all species under the study showed minor but reliable increase in the strength of eggs envelopes for a short period of time. The time of the minimum strength of eggs envelopes coincides with the end of hydration eggs. Further development of the eggs is accompanied by a secondary increase in strength of eggs envelopes, followed by stabilization at maximum values in a day eggs after activation with water.

Keywords: whitefish; egg; envelopes of egg; hydration; strength of envelopes, the activation of water.