

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФГУП ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЦЕНТР РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
(ГОСРЫБЦЕНТР)**

**БИОЛОГИЯ, БИОТЕХНИКА РАЗВЕДЕНИЯ
И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ СИГОВЫХ РЫБ**

**Седьмое международное научно-производственное совещание
(Тюмень, 16-18 февраля 2010 года)**

Материалы совещания

**Под общей редакцией
доктора биологических наук А. И. Литвиненко,
доктора биологических наук Ю.С. Решетникова**

**Тюмень
Госрыбцентр
2010**

УДК 597.553.2 + 639.371.14

ББК 47.2

Б-63

Б-63 Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб.

Материалы седьмого международного научно-производственного совещания /Под ред. А. И. Литвиненко, Ю. С. Решетникова – Тюмень: ФГУП Госрыбцентр, 2010. - 318 с.

JSBN 978-5-98160-031-9

Редакционная коллегия:

А. И. Литвиненко (отв. ред.), Ю. С. Решетников (отв. ред.),

В. Р. Крохалевский, Я. А. Капустина, С. М. Семенченко

В сборнике приводятся материалы по биологии, систематике, зоогеографии, состоянию запасов, искусственному воспроизводству и товарному выращиванию сиговых рыб.

Полученные уравнения позволяют рассчитывать «биологический возраст» зародышей трех видов сиговых рыб при инкубации в переменном температурном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов В.Д. Экология молоди и воспроизводство сиговых рыб Нижней Оби: Автореферат диссерт. на соиск. учен. степени докт. диол. наук. – М., 1997. – 38 с.

Венглинский Д.Л., Шишмарев В.М., Мельниченко С.М., Паракецов И.А. Экологические аспекты естественного воспроизводства и охраны сиговых рыб // Морфоэкологические особенности рыб бассейна реки Северной Сосьвы. Труды института экологии растений и животных. – Свердловск, 1979. – Вып. 121. – С. 3-37.

Детлаф Т.А., Детлаф А.А. О безразмерных характеристиках продолжительности развития в эмбриологии // Докл. АН СССР, 1960. – Т.134. – №1. – С. 199-202.

Игнатьева Г.М. Ранний эмбриогенез рыб и амфибий. – М.: Наука, 1979. – 173 с.

Медников Б.М. Температура как фактор развития // Внешняя среда и развивающийся организм. – М.: Наука, 1977. – С. 7- 52.

Семенченко С.М. Зависимость скорости раннего эмбриогенеза байкальского омуля от температуры // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1992. – Вып. 320. – С. 144-147.

Черняев Ж. А. Метод бокового микрофотографирования с применением вертикальной камеры для прижизненного развития икры рыб. – Исследования размножения и развития рыб. – М., 1981. – С. 216- 222.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСПЕШНОГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ СИГОВЫХ НА РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ (НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА БОЛЬШЕРЕЧЕНСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА)

Черняев Ж.А.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН

Встреча научной общественности в июле 2009 г. в Улан-Удэ под эгидой «Востсибрыбцентра», посвященная итогам 75-летней деятельности Большереченского рыбоводного завода по искусственному воспроизводству байкальского омуля посольской расы, и непосредственное посещение этого самого мощного в настоящее время рыбоводного предприятия высветило ряд как тактических, так и стратегических погрешностей в биотехнике и недоработки в материальной части сигового рыбоводства (Черняев, 2008).

Как показали исследования особенностей эмбрионального развития сиговых рыб и, в частности, байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi) (Черняев, 1982, 1993, 2004, 2007; Черняев, Довгий, 1964; Мещерякова, Черняев, 1963), а также байкальского озерного сига *Coregonus lavaretus baicalensis* Dyb. (Черняев, 1973), баунтовского весенненерестующего сига *Coregonus lavaretus baunty* Much. (Черняев, Пичугин, 1999) и валька *Prosopium cylindraceum* (Pen.) (Русанов и др., 2003), обобщенные в специальной статье (Черняев, 2004), показали, что во время эмбриогенеза икра сиговых рыб способна нормально развиваться во вмержшем в лед состоянии («пагоне» по терминологии С.А.Зернова). Это обеспечивается целым набором эмбриональных приспособлений, в частности, высокой прочностью оболочки набухшей икры (до 2 кг на раздавливание), низкой дыхательной активностью развивающегося зародыша (0,10-0,15 мг О₂ на 1000 икринок в час), наличием в желтке ооцита и в желточном мешке при дальнейшем развитии эмбриона водорастворимого специфического исключительно для семейства сиговых рыб фермента – цитохрома b560 в окисленной форме (после оводнения и набухания икринки во время оплодотворения и набухания).

В жировых каплях и желточном мешке содержится значительное количество каротиноидных пигментов, окрашивающих яйцеклетку сиговых рыб в цвета от светло-

соломенного до ярко-оранжевого, почти малинового (Черняев и др., 1988). Позже, во время образования эмбриональной сети кровеносных сосудов, у эмбрионов сиговых рыб происходит формирование на месте редуцированной правой желточной вены провизорного органа, выстланного эндотелием, – «кровотворного мешочка», в котором образуются и накапливаются форменные элементы крови (эритробласты, гемоцитобласты и лейкоциты), необходимые для активного плавания и успешного перехода личинок на экзогенное питание после освобождения весной из ледяного плена.

Темп эмбриогенеза сиговых рыб напрямую зависит от температуры окружающей среды. Очень важным, помимо температурного фактора, оказалось солнечное излучение. Это мощный экологический фактор, который воздействует с неукоснительным постоянством на совокупность экосистем нашей планеты.

Интенсивностью, продолжительностью и периодичностью солнечного сияния, а не только температурой воды, определяются темпы развития зародышей сиговых рыб таким образом, что вылупившиеся личинки попадают во внешнюю среду в оптимальные для них сроки. Вылупление личинок из оболочек происходит в фазу весеннего «цветения» водных масс и интенсивного размножения мелкого зоопланктона (коловраток, инфузорий, ракового планктона в стадии науплий и копепод), сконцентрированного непосредственно под нижней кромкой разрушающегося ледяного покрова (Мазепова, 1957; Кожов, 1963, 1972; Черняев, 1982).

Исследование интенсивности и периодичности воздействия световой энергии на развивающуюся икру сиговых рыб А.Р. Рубеняна с соавторами (1990) показали, что икра сиговых рыб способна нормально развиваться в пределах интенсивности освещения от 10 до 300 люкс. При недостаточности освещения темп развития настолько низок, что препятствует нормальному развитию и выклеву зародышей, а запаздывание выклева приводит к скату личинок в нагульный водоем для перехода на активное питание, когда зоопланктон уже рассредоточен по всей толще водных масс и практически недоступен из-за увеличения размеров объектов питания и их массы.

Именно по этой причине при выпуске личинок с Большереченского рыбоводного завода, мощность которого находится в пределах 1,5 млрд икринок, имеют место значительные потери. Вместо того чтобы выпускать личинок в апреле – начале мая, завод осуществляет выпуск с мая по июнь, когда кормовая база для перехода личинок на активное питание уже рассредоточена по всей водной толще прибрежий Байкала, а не сконцентрирована непосредственно под нижней кромкой льда, куда устремляются скатившиеся личинки сиговых рыб и омуля, в частности.

Воздействие на развивающуюся икру сиговых рыб светового потока, превышающего 300 люкс, сначала приводит к ускоренному развитию эмбриона и мощному образованию пигментных клеток – меланофоров, пытающихся защитить развивающийся организм от избыточного потока световой энергии. Но интенсивное воздействие световой энергии разрушает гемоглобин в форменных элементах крови, и эмбрион погибает от анемии.

Такое избыточное воздействие света на икру сиговых рыб явилось причиной неудач при зарыблении горных водоемов сиговыми рыбами. Этот процесс хорошо изучен А.Р. Рубеняном с соавторами (1990) для оз. Севана в Армении и освещен нами в специальной работе, посвященной этому лимитирующему фактору (Черняев, 1995).

Таким образом, ведущим фактором, определяющим темп на средних и поздних этапах развития сиговых рыб, является световой. На практике, в цехах рыбоводных заводов по воспроизводству сиговых рыб используются восьмилитровые инкубационные аппараты Вейса. Интенсивно окрашенная каротиноидными пигментами в желто-оранжевый цвет икра сиговых рыб в начале развития на ранних этапах дробления, бластуляции, обрастания желтка перидермой зародыша и начала этапа органогенеза, практически не реагирует на уровень и особенности освещенности. Но через 60 суток за счет пигментации глаз меланином и развития сети меланофоров на поверхности зародыша общий фон окраски инкубационных аппаратов с икрой становится черным. Как показали наши исследования, дневной и

искусственный свет в инкубационных аппаратах полностью поглощается расположенными по поверхности аппарата икринками и не проникает в толщу икры глубже 2 сантиметров. За счет перемешивания массы икры (порядка 350 тыс. шт.) водной струей в аппарате Вейса, с дебитом 2 литра в минуту, каждая икринка омуля за весь световой день находится на свету в среднем около 50 минут (Черняев, 1982), что совершенно недостаточно для обеспечения сроков вылупления в апреле месяце, когда происходит естественное вылупление и скат личинок омуля с нерестилищ. Вместо получаемых на нерестилищах $2812,3 \text{ дж/см}^2$ световой энергии, икра байкальского омуля за весь период инкубации в цехах рыбоводного завода по расчетным данным (Черняев, Довгий, 1969) получила только $251,4 \text{ дж/см}^2$. Таким образом, количество световой энергии, доступное для всей массы икры, с учетом перемешивания икры в аппарате, составило примерно 10% от поступающей к инкубационным аппаратам. В результате каждая икринка в аппарате за период развития получила световой энергии $25,0 \text{ дж/см}^2$, то есть в 100 раз меньше, чем на нерестилищах, в естественных условиях развития (Черняев, 1982).

Погоня рыбоводов за экономией расхода воды (с конечной целью сокращения расхода электроэнергии) заставляет их идти по ложному пути создания инкубационных аппаратов большой вместимости, что, в конце концов, сокращает воздействие света на инкубируемую икру омуля и еще больше замедляет темп развития и часто вызывает вылупление уродливых эмбрионов в более поздние сроки.

Детальное исследование нами процесса инкубации икры омуля в аппаратах Вейса и самоотбора погибшей икры (при указанных выше расходах воды) подтвердило способность икры сиговых рыб нормально развиваться при крайне низком расходе воды в аппарате благодаря невысокой дыхательной активности икры на ранних и средних этапах развития (Мещерякова, Черняев, 1963). Главное условие успешного осуществления процесса инкубации – это поступление в аппарат воды в количестве, достаточном для перемешивания массы икры, вымывания продуктов обмена и выноса к поверхности аппарата белой, погибшей и потерявшей удельный вес за счет оводнения икры. Тем не менее, слабое перемешивание массы икры в аппарате Вейса чревато быстрым прорастанием гифами плесневого грибка сапролегнии и поражением ею всей массы икры. Таким образом, экономия на расходе воды, пропускаемой через инкубационный аппарат, должна осуществляться в разумных пределах и в соответствии с физиологическими потребностями эмбрионов на разных этапах развития.

Так, если на ранних этапах развития, таких как дробление, бластуляция, обрастание желтка перидермой зародыша, и до этапа органогенеза расход воды через аппарат может не превышать 2 л в минуту без ущерба для дыхательной активности эмбрионов, то после завершения этапа органогенеза (через 60 суток развития при температуре воды порядка $+1-+2^\circ\text{C}$), во время которого формируется эмбриональная сеть кровообращения, образуются зрительный, обонятельный и слуховой отделы головного мозга эмбриона, интенсивно идет процесс сегментации мезодермы, формируется жаберно-челюстной аппарат, потребление кислорода и выделение углекислого газа зародышами сиговых рыб несколько возрастают (с $0,12 \text{ мг/л}$ до $0,59 \text{ мг/л O}_2$ и с $0,11$ до $0,56 \text{ мг/л CO}_2$ на 1000 икринок в час на примере байкальского омуля). Расход воды в аппаратах необходимо увеличить в этот период до 2,5 л в минуту. Тем не менее, недостаточность уровня освещенности всей массы икры в рыбоводных цехах остается главным тормозящим фактором процесса искусственного воспроизводства сиговых рыб.

Нашими исследованиями на примере байкальского омуля было показано, что ускоряющее воздействие светового фактора на эмбриональное развитие наступает после образования у зародышей специализированных органов фоторецепции (Черняев, 1993, 2007). К декабрю на этапе органогенеза, с начала сегментации мезодермы в теле эмбриона формируются нервная трубка, кишечный тяж, хорда и прочие органы.

Позднее появляются фоточувствительные образования: в теменном отделе головного мозга – эпифиз, а по бокам головы – глазные бокалы. На желточном мешке, вдоль кишечной

трубки и тела зародыша появляются меланофоры, а в сосудах эмбрионального кровообращения формируются окрашенные гемоглобином форменные элементы крови. С февраля, по мере возрастания уровня инсоляции, начинает всё в большей степени проявляться воздействие солнечной радиации на эмбриогенез омуля.

В результате этого вылупление эмбрионов на естественных нерестилищах происходит в апреле при низкой температуре воды (1,7°C) сразу после ледохода, а инкубируемая на рыбноводном заводе икра омуля в условиях низкой освещенности продолжает развиваться до конца мая, и вылупление эмбрионов происходит за счет весеннего прогрева речной воды (7,5°C), поступающей в инкубационный цех (Черняев, Довгий, 1969; Черняев, 1982).

На этапе органогенеза, когда происходит сегментация мезодермы эмбриона на миотомы, идет пролиферация клеточного материала, сопряженная с формированием кровеносной, выделительной и пищеварительной систем зародыша (Бузников, 1964, 1987). Проллиферирующие клетки во время сегментации мезодермы выделяют нейромедиаторы, управляющие темпом органогенеза и формированием органов, жизненно необходимых при вылуплении, скате с нерестилищ и переходе на активное питание (Черняев, 2007). Исследования условий размножения и развития сиговых рыб на реках Северного Урала, проведенные В.Д. Богдановым (1983, 1997), в значительной степени подтверждают полученные нами результаты с привлечением материалов, добытых группой исследователей Института Биологии развития РАН им. Кольцова, объединенных Г.А. Бузниковым в монографические работы (1967, 1987).

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

- необходимо провести комплексные исследования на базе Большереченского рыбноводного завода с инкубационными аппаратами Вейса разной емкости и разной интенсивностью искусственного освещения, с целью обеспечения стимуляции темпа эмбриогенеза, чтобы производить выпуск личинок омуля с рыбноводного завода в естественно обусловленные сроки, т.е. в апреле месяце;

- для обеспечения беспрепятственного ската личинок омуля до Посольского сора, места перехода рыбноводной продукции на активное питание, проработать вопрос о создании спускного канала от Большереченского рыбноводного завода до Посольского сора;

- провести рыбноводно-мелиоративные мероприятия по снижению в реке Большой численности голянов, выедающих в светлое время суток значительную часть скатывающихся личинок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов В.Д.. Выклев и скат личинок сиговых рыб уральских притоков Нижней Оби // Биология и экология гидробионтов экосистемы Нижней Оби. – Свердловск, УНЦ АН СССР, 1983. – С. 55-79

Богданов В.Д. Экология молоди и воспроизводство сиговых рыб Нижней Оби: автореф. диссерт. докт. диол. наук. – М., 1997. – 38 с.

Бузников Г.А. Зависимость некоторых физиологических процессов в эмбриогенезе костистых рыб от кислородного режима // Проблемы современной эмбриологии. – М.: МГУ, 1964 – С. 251-257.

Бузников Г.А. Низкомолекулярные регуляторы зародышевого развития. – М.: Наука, 1967 – 265 с.

Бузников Г.А. Нейротрансмиттеры в эмбриогенезе. – М.:Наука, 1987. – 232 с.

Кожов М.М. О суточных ритмах в поведении пелагических животных оз. Байкал // Изв. Сиб. отд. АН СССР, сер. биол. – 1963. – № 12. –Вып.3.

Кожов М.М. Очерки по байкаловедению. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1972. – 254 с.

Мазепова Г.Ф. К познанию вертикальных миграций *Cyclops colensis* Lill. озера Байкал // Изв. Вост.-Сиб. филиала АН СССР. – 1957. – № 4-5. – С. 213-225.

Мещерякова А.И., Черняев Ж.А. Потребление кислорода икрой байкальского омуля в процессе эмбрионального развития // Вопросы ихтиологии. – 1963. – Т.3. – Вып.4(29). – С. 668-674.

Рубенян А. Р., Мурадян В. М., Рубенян Т. Г. Влияние интенсивности освещения на икру сига оз. Севан // Тез. IV Всесоюз. совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. – Вологда, 1990 – С. 63-64.

Русанов В.В., Зюсько А.Я., Липатова Т.В., Черняев Ж.А. Валёк (*Prosopium cylindraceum*) – новый объект рыбоводства // Современное состояние рыбоводства и перспективы его развития. Междун. научно-практическая конференция. – Екатеринбург, 2003. – С. 43-51.

Черняев Ж.А. Размножение и развитие байкальского озерного сига (*Coregonus lavaterus baicalensis*) в связи с вопросом его искусственного разведения // Вопросы ихтиологии. – 1973 – Т.13. – Вып.2 (79). – С. 259-274.

Черняев Ж.А. Воспроизводство байкальского омуля. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 128 с.

Черняев Ж.А. Воздействие светового фактора на эмбриональное развитие сиговых рыб // Известия АН, сер. Биология. – М.,1993 – С. 64-73.

Черняев Ж.А. Проблемы и перспективы работ по акклиматизации сиговых рыб в горных озерах // Результаты работ по акклиматизации водных организмов. – СПб: Госкомрыболовство РФ, 1995. – С. 107-112.

Черняев Ж.А. Эколого-физиологические особенности эмбриогенеза сиговых рыб (*Coregonidae*) как представителей «пагофильной» группы размножения // Тр. каф. зоол. позвоночных ИГУ. – 2004. –Т.2. – С. 132-147.

Черняев Ж.А. Факторы и возможные механизмы, вызывающие изменения темпов эмбрионального развития костистых рыб (на примере сиговых *Coregonidae*) // Вопросы ихтиологии. – 2007. – Т. 47. – №.4. – С. 475-485.

Черняев Ж.А. К вопросу совершенствования биотехники инкубации икры и повышения эффективности искусственного воспроизводства сиговых рыб // Состояние и проблемы искусственного воспроизводства рыбных запасов Байкальского региона, «Востсибрыбцентр». – Улан-Удэ, 2008 – С.97-100.

Черняев Ж.А., Довгий Т. Н. О воздействии световой радиации на развитие икры сиговых рыб // Вопросы рыбного хозяйства Восточной Сибири. – Иркутск, 1969. – С. 50-52.

Черняев Ж.А., Микулин А.Е., Арцатбанов В.Ю., Валюшок Д.С. Особенности пигментации икры сиговых рыб. – М.: Наука, 1988. – С. 152-159.

Черняев Ж.А., Пичугин М.Ю. Особенности раннего онтогенеза весенне-нерестующего баунтовского сига // Вопросы ихтиологии. – 1999. – Т.39. – № 1. – С. 78-88.

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИКРЫ СИГОВ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Шумилина А.К.

ФГНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства» (ФГНУ «ГосНИОРХ»)

Одним из критериев, используемых в исследованиях физиологического состояния и репродуктивных показателей самок рыб, как в естественных популяциях, так и искусственно созданных маточных стадах, является биохимический состав овулировавшей икры. И это не случайно, так как потребности развивающихся эмбрионов в период инкубации и после вылупления до момента перехода на экзогенное питание в значительной мере удовлетворяются за счет структурных и запасных веществ, сконцентрированных в ооцитах. Многочисленными исследованиями подтверждена зависимость оплодотворяемости икры и