

На правах рукописи

АМВРОСОВ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОДУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЧИСТЫХ ВИДОВ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ
АМУРСКИХ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ
ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ**

1.5.13. Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Владивосток 2023

Работа выполнена в Тихоокеанском филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» на станции «Научно-исследовательская рыбобоводная в пгт Лучегорск»

Научный руководитель кандидат биологических наук
Рачек Евгений Иванович

Официальные оппоненты:

Зеленников Олег Владимирович, доктор биологических наук, доцент Кафедры ихтиологии и гидробиологии Биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Панченко Владимир Владиславович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории ихтиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»

Защита диссертации состоится «18» апреля 2023 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета 24.1.191.02 (Д 005.008.02) при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, д. 17. Телефон: +7(423) 2310905, факс +7(423)2310900. e-mail: nscmb@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук:

<http://wwwimb.dvo.ru/misc/dissertations/index.php/soviet-d-005-008-02/61-amvrosov-dmitrij-yurevich>

Отзывы просим присылать на e-mail: dissovetd_005_008_02@mail.ru

Автореферат разослан « » марта 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Е.Е. Костина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Многократное снижение численности природных производителей амурского осетра и калуги в р. Амур вызвало необходимость сохранения их генофонда, разработки биотехники формирования маточных стад для целей воспроизводства и товарного культивирования в хозяйствах различного типа. В начале XXI столетия в условиях тепловодного садкового хозяйства ТИНРО были сформированы маточные стада нескольких возрастных генераций амурского осетра и калуги, ведущих свое происхождение от потомства рыб природных популяций (Свирский и др., 2000; Иванов, 2004; Рачек, Свирский, 2008а, б; Рачек и др., 2011; Рачек, 2012; Рачек и др., 2014; Амвросов, Свидерский, 2018; Рачек, Амвросов, 2018).

Для выявления совместимости геномов и эффекта гетерозиса была произведена гибридизация амурского осетра с сибирским осетром ленской и байкальской популяций, гибридной формой между русским и сибирским осетрами, калуги со стерлядью, выращенных в условиях хозяйства (Рачек и др., 2010; Рачек, Скирин, 2010; Амвросов, Рачек, 2020).

За 20 лет накоплен большой объем данных о биологических и продукционных показателях производителей осетровых рыб с различным генотипом.

В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на выявление, обобщение, анализ и оценку биологических и продукционных характеристик интенсивно эксплуатируемых маточных стад амурских осетровых рыб и их гибридов, используемых как для целей воспроизводства, так и для получения товарной продукции в условиях тепловодной аквакультуры. Эти данные необходимы для разработки технологий формирования РМС амурских осетровых, нормативов получения половых продуктов от самок и самцов, определения численности и полового соотношения производителей маточных стад на амурских ОРЗ, расчетов численности самок для получения необходимых объемов товарной икры в коммерческих хозяйствах. Оценка продукционных возможностей гибридов амурских осетровых позволит восполнить пробелы в знаниях о совместимости геномов и эффекте гетерозиса осетровых из различных регионов России, а также решить вопрос о целесообразности их использования для воспроизводства или получения товарной икры.

Цель и основные задачи исследований. Цель настоящей работы – оценка биологического и продукционного потенциала производителей амурского осетра, калуги и шести гибридных форм амурских видов в условиях тепловодного садкового хозяйства.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

1. Собрать, обработать и обобщить данные биологических и продукционных показателей производителей амурских осетровых рыб и их гибридов из садков тепловодного хозяйства ТИНРО за период нерестовых кампаний с 2000 по 2019 гг.;
2. Выявить динамику роста и созреваемости производителей амурских осетровых рыб и их гибридов в условиях садкового тепловодного хозяйства;
3. Оценить изменение продукционных показателей самок чистых линий и гибридных форм амурских осетровых с увеличением возраста;
4. Сравнить биологические и продукционные характеристики производителей амурского осетра и калуги, содержащихся в садках тепловодного хозяйства с характеристиками производителей из естественных популяций р. Амур;

5. Выявить различия в биологических и продукционных показателях производителей амурского осетра и калуги исходных маточных стад и селекционных поколений;

6. Провести сравнительную комплексную оценку чистых линий и гибридных форм амурских осетровых в качестве объектов тепловодного осетроводства и продуцентов товарной икорной продукции.

Научная новизна. В данной работе впервые:

- обобщены данные о биологических и продукционных показателях доместичированных самок и самцов исходных и селекционных маточных стад амурского осетра и калуги, самок маточных стад реципрокных гибридов между сибирским осетром ленской популяции и амурским осетром;

- приведены данные о биологических и продукционных показателях самок гибрида амурского осетра с сибирским осетром байкальской популяции, реципрокных межродовых гибридов между калугой и стерлядью, самок тройного гибрида «(русский осетр × сибирский осетр ленской популяции) × амурский осетр»;

- описаны особенности роста, созревания, выживаемости, межнерестовых интервалов и приводится общее количество полученной икры у всех маточных стад амурских видов и гибридов в условиях тепловодной аквакультуры с 2000 по 2019 гг.;

- проведена комплексная сравнительная оценка самок амурских видов и их гибридных форм, многократно участвовавших в нерестовых кампаниях, по продукционным показателям для выявления наиболее перспективных осетровых рыб для получения товарной икры.

Теоретическое и практическое значение. Определены потенциальные возможности роста, созревания и многократного прижизненного получения икры от самок амурского осетра, калуги и шести гибридных форм амурских осетровых рыб различного возраста, выращенных в садках на искусственных кормах.

Выявлены наиболее перспективные виды и гибриды для получения товарной икорной продукции.

Результаты работы использованы при написании «Инструкции по технологии формирования маточных стад калуги в условиях полносистемного тепловодного хозяйства» (2014), «Методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. КАЛУГА (*Huso dauricus*)» (2015) и «Технического руководства по выращиванию амурского осетра в садках тепловодного хозяйства для типового предприятия аквакультуры мощностью 100 тонн рыбы в год» (2017).

На основании проведенных работ по гибридизации стерляди и калуги получены два патента на селекционные достижения – кастер и кастер лучегорский (Патент № 6538; Патент № 6539, 2011) и допуск на их использование.

Результаты работы с 2005 г. ежегодно используются в Тихоокеанском филиале для планирования нерестовых кампаний.

Методы исследования. В процессе сбора данных применены стандартные ихтиологические методики определения размеров и массы производителей (Правдин, 1966), методика определения пола и стадий зрелости рыб с помощью биопсийных щуповых проб (Трусов, 1964), экспресс-методика УЗИ-диагностики стадий зрелости яичников и семенников осетровых рыб (Чебанов, Галич, 2013), методика применения сурфагона для созревания производителей (Методические рекомендации..., 2010), методики получения икры с сохранением жизни самок (Бурцев, 1969б; Подушка, 1999), методика определения качества спермы самцов (Персов, 1941; Казаков, 1978), методики определения продукционных характеристик самок (Иванков, 1985).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В условиях тепловодного хозяйства Приморья domesticiрованные производители амурского осетра и калуги достигают половой зрелости на 5-10 лет раньше, чем производители из естественных популяций и при значительно больших размерах, межнерестовые интервалы сокращаются на 2-4 года. Самки всегда крупнее самцов. После однократной инъекции гормоностимулирующего препарата «сурфагон» созревают 85-95 % самок и 95-100 % самцов. У гибридных самок гетерозис проявляется в сокращении срока первого созревания и большей выживаемости.

2. Самки амурских осетровых, содержащиеся на теплых водах, продуцируют большее количество икры, чем природные и имеют икринки большего размера. Средние значения показателей РП, ОП и ОСИ у «тепловодных» самок меньше. Продукционные показатели гибридных самок ниже, чем у самок чистых линий. Доместичированные и природные самцы амурских осетровых продуцируют близкие объемы спермы хорошего качества, однако концентрация спермиев в эякуляте выше у самцов из тепловодной аквакультуры. С возрастом значения продукционных показателей производителей увеличиваются. Ухудшение условий содержания и режима кормления приводит к уменьшению массы тела осетров и снижению продукционных характеристик.

3. Наиболее перспективным объектом тепловодного осетроводства и продуцентом товарной икорной продукции в Приморье является амурский осетр. У калуги выход икры относительно массы тела ниже в несколько раз. Из шести гибридных форм перспективны для получения товарной икры две – гибрид, полученный от скрещивания самок амурского осетра с самцами сибирского осетра и тройной гибрид русского, сибирского и амурского осетров.

Личный вклад автора. На протяжении всего периода исследований автор лично участвовал во всех экспериментальных работах. Производил отбор осетровых в РМС, определял половую принадлежность производителей и стадии зрелости гонад, проводил мечение самок и самцов электронными чипами, отбирал производителей для нереста. Осуществлял прижизненное получение половых продуктов, обеспечивал сбор данных по продукционным характеристикам. Обработывал первичные данные, проводил обобщение, анализ и синтез полученной информации при сопоставлении с имеющимися литературными источниками.

Степень достоверности результатов подтверждается применением стандартных ихтиологических методик, современных методик определения пола и стадий зрелости рыб, использованием индивидуальных электронных меток, ведением рыбоводно-биологических паспортов на каждого использованного в нересте самца и самку, проведением свыше 9,4 тыс. измерений и взвешиваний производителей при проведении бонитировок и нереста, расчетами более 4,3 тыс. продукционных показателей.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на конференциях: IV Международная научно-практическая конференция «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития» (Астрахань, 2006), Международная конференция (г. Гжицко, Польша, 2014), IV Международная конференция «Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб» (Борок, 2015), Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, приуроченная к 145-летию Севастопольской биологической станции «Морские биологические исследования: достижения и перспективы» (Севастополь, 2016), Международная научная конференция, посвященная 80-летию со дня рождения академика Ю.П. Алтухова (1936 – 2006) и 45-летию основания лаборатории популяционной генетики им.

Ю.П. Алтухова «Генетика популяций: прогресс и перспективы» (Звенигород, 2017), Всероссийская научно-практическая конференция «Водные биоресурсы и аквакультура юга России» (Краснодар, 2018), а также на семинарах лаборатории воспроизводства рыб, отчетных сессиях и Ученых Советах Тихоокеанского филиала.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 6 статей в журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ, а также 2 патента на селекционное достижение, методика, руководство и инструкция в соавторстве.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка сокращений и списка литературы. Работа изложена на 175 страницах, иллюстрирована 30 таблицами и 27 рисунками. Список литературы включает 177 наименований, из них 23 на иностранных языках.

Благодарности.

Считаю своим долгом выразить искреннюю благодарность научному руководителю к.б.н. Е.И. Рачеку за всестороннюю помощь на всех этапах подготовки диссертационной работы, к.б.н. В.Г. Свирскому, обосновавшему необходимость научно-исследовательских работ по теме диссертации, сотрудникам лаборатории воспроизводства рыб н.с. В.И. Скирину, м.н.с. А.В. Корниловой за ценные советы и рекомендации в процессе работы, всем сотрудникам станции «НИР в пос. Лучегорск» за практическую помощь при сборе данных в период проведения нерестовых и бонитировочных работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Литературный обзор

Глава состоит из 5 разделов, в которых дается краткая характеристика изучаемых видов осетровых в природных условиях, описываются биологические и продукционные показатели 11 видов и 7 гибридов осетровых, традиционно выращиваемых в мире, а также чистых линий и гибридных форм амурских осетровых в управляемых системах. Описываются способы получения икры у осетровых рыб методом «забоя» и с сохранением жизни самок. Оцениваются объемы производства товарной осетровой икры в России и зарубежных странах, основные виды и гибриды для её получения.

Глава 2. Материал и методы исследований

Работа проведена на станции «Научно-исследовательской рыбоводной (НИР) в пос. Лучегорск» Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), расположенной на севере Приморского края. Это садковое осетровое хозяйство, базирующееся на теплых водах электростанции - Приморская ГРЭС. Понтонная линия со 128 садками площадью 10-20 м² установлена в водоподводящем канале на территории электростанции в непосредственной близости от инкубационно-выростного комплекса (ИВК), в котором происходит работа с производителями (рис. 1). Сумма годовых температур воды в садках за последние 17 лет варьировала от 4344 до 5146 градусо-дней, сумма тепла за вегетационный период изменялась от 3373 до 4024 градусо-дней. Продолжительность вегетационного периода с температурами свыше 12 °С составляла 160-195 сут. Минимальные зимние температуры воды 1-3 °С наблюдались в январе, в июле-августе температура повышалась до 27-28 °С, а в отдельные годы кратковременно до 33-34 °С. Содержание кислорода и основные гидрохимические показатели во все сезоны года находились в пределах нормы для осетровых рыб.



Рисунок 1. Понтонная линия и инкубационно-выростной комплекс (ИВК)
Станция «НИР в пос. Лучегорск»

Материалом для исследований биологических и продукционных показателей служили производители чистых линий амурского осетра *Acipenser schrenckii* Brandt, 1869 (АО), калуги *Huso dauricus* (Georgi, 1775) (К) и самки шести гибридных форм амурских осетровых в возрасте от 8 до 25 лет, принимающие участие в нерестовых кампаниях. Для получения гибридных форм с амурскими осетровыми использовали производителей сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 ленской и байкальской популяций (СО л., СО б.), стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 (Ст), гибрида между русским и сибирским осетрами *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833 × *Acipenser baerii* Brandt, 1869 (РО × СО л.) (рис. 2; табл. 1).



А



Б



В



Г



Д



Е



Ж



З

Рисунок 2. Исследованные виды и гибриды амурских осетровых рыб:
А – амурский осетр; Б – калуга; В – гибрид АО × СО л.; Г – гибрид СО л. × АО;
Д – гибрид СО б. × АО; Е – гибрид (РО × СО л.) × АО;
Ж – гибрид Ст × К; З – гибрид К × Ст

Таблица 1. Объем исследованного материала (самки / самцы)

Вид или гибридная форма осетровых, годы основания генераций	Количество нерестящихся особей, экз.	Количество промеров и взвешиваний	Количество продукционных показателей
Амурский осетр (АО), 1993, 1996, 1999, 2003	420 / 48	2520 / 3036	2100 / 192
Калуга (К), 1996, 1998, 1999, 2006	81 / 45	486 / 1656	405 / 180
Гибрид АО × СО л., 2004	67	402	335
Гибрид СО л. × АО, 2000, 2004	36	216	180
Гибрид СО б. × АО, 2007	31	186	155
Гибрид (РО × СО л.) × АО, 2002	110	660	550
Гибрид Ст × К, 2005	26	156	130
Гибрид К × Ст, 2006	13	78	65
Итого	784 / 93	4704 / 4692	3920 / 372

Производителей вырастили от завезенной икры, личинок и сеголеток в бассейнах ИВК и садках, используя осетровые корма, разработанные и произведенные в Тихоокеанском филиале (Рачек, Сви́рский, 2008).

При достоверном определении пола производителям вводили электронные метки-транспондеры, на них заводили рыбоводные паспорта. Ежегодно в конце октября проводили бонитировки, во время которых определяли линейные размеры и массу производителей (Правдин, 1966). На основании полученных данных рассчитывали коэффициент упитанности по Фультону ($P \cdot 100 / AC^3$). Для определения стадий зрелости половых продуктов производителей использовали щуп и прибор УЗИ-диагностики DP 6600 (Трусов, 1964; Чебанов, Галич, 2013). Состояние зрелости ооцитов перед нерестом определяли экспресс методом (Казанский и др. 1978).

Выдерживание самок амурских осетровых и их гибридов перед нерестом, инъектирование и созревание после инъекций проводили в бассейнах ИВК, а калуги – в садках. Для стимуляции созревания применяли одноразовую инъекцию сурфагоном (Методические рекомендации..., 2010). Овулировавшую икру получали прижизненно без вскрытия самок методом надрезки яйцеводов (Подушка, 1999).

У производителей определяли соотношение полов, длину, массу, обхват и упитанность тела, возраст наступления половой зрелости, продолжительность созревания всех особей каждой генерации, межнерестовые интервалы, соматический рост самок, динамику формирования половых клеток, оценивали качество спермы. Рассчитывали процент созреваемости рыб после инъекций, длительность созревания производителей, количество полученной икры, включая остаточную, массу одной икринки без полостной жидкости, рабочую (РП) и относительную плодовитости (ОП), оосоматический индекс (ОСИ). Качество спермы оценивали по объёму эякулята (мл), времени поступательного движения (ВПД) спермиев, концентрации спермиев ($\text{млн}/\text{мм}^3$) (Персов, 1941; Казаков, 1978). Самцов гибридов не использовали в экспериментальных работах и отбраковывали.

Глава 3. Биологические и продукционные показатели амурских осетровых рыб

3.1. Амурский осетр

Исходные маточные стада генераций 1993, 1996 и 1999 гг. вырастили из потомства, полученного от природных производителей АО. Нами установлено, что во всех стадах по численности преобладали самцы в соотношении от 1,0:1,1 до 1,0:1,8. Мас-

совое созревание самцов происходило в возрасте 7-8 лет, на 1-2 года раньше самок и растягивалось иногда на 2-3 года. По всем размерным показателям и массе тела самцы всегда были достоверно меньше самок при $p < 0,001$.

Самки АО, содержащиеся при нормативных плотностях посадки и кормления, созревали в 8-10 лет, а длительность созревания всей генерации составляла 2-3 года. У самок, содержащихся в неблагоприятных термических и кормовых условиях, первое созревание происходило на 2 года позже при значительно большей массе, а созревание всех самок генерации растягивалось на 5 лет. Впервые созревающие самки имели массу от 10,0 до 36,3 кг.

Период формирования половых клеток большинства впервые созревающих или повторно участвующих в нересте самок продолжался 2 года. Большинство самок, отнерестившихся весной, к осени имели яичники с ооцитами на II и II-III стадиях зрелости. К осени следующего года у 80-85 % самок ооциты находились на IV завершённой стадии зрелости. У остальных самок стадия зрелости ооцитов характеризовалась как III-IV, иногда III. Однако у отдельных повторно созревающих особей период формирования ооцитов, характерных для завершённой IV стадии зрелости яичников, сокращался до нескольких месяцев. Половые железы таких самок после майского нереста к концу октября находились на IV, близкой к завершению или завершённой стадиях зрелости ооцитов.

Созреваемость самок после одноразового введения сурфагона варьировала от 85 до 100 %, составляя в среднем по самкам всех возрастных групп 91,3 %. При нерестовых температурах 13-15 °С овуляция икры у самок АО происходила в среднем через 28 час, при температурах 15-18 °С время созревания сокращалось до 22 час. Межнерестовые интервалы самок амурского осетра распределились следующим образом: нерестящиеся ежегодно или пропускающие два года – 75 %; пропускающие два-три года – 22; пропускающие три-четыре года – 3 %. Около 28 % самок, начиная с 16-20 лет, нерестились ежегодно 3-4 сезона подряд.

Приводим производственные показатели самок (рис. 3; табл. 2).

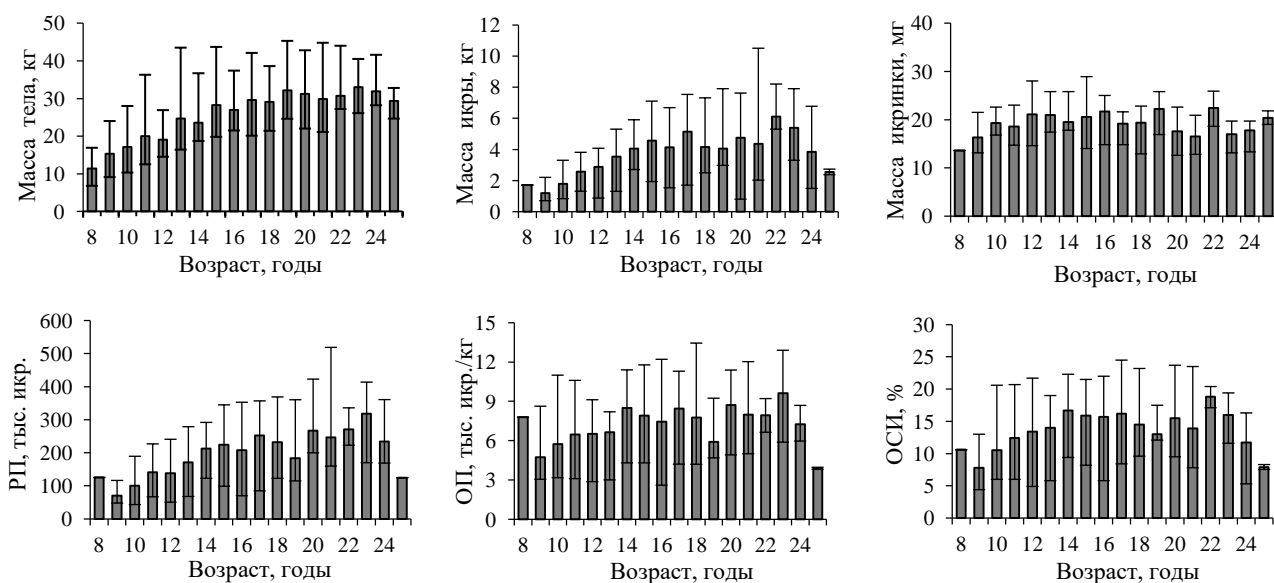


Рисунок 3. Динамика производственных показателей самок амурского осетра исходных маточных стад

Таблица 2. Продукционные показатели самок амурского осетра исходных маточных стад в возрасте от 8 до 25 лет

Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр./кг	ОСИ, %
M±m	25,7±0,6	3,75±0,13	19,4±0,3	192,6±6,8	7,34±0,18	14,40±0,33
Lim	10,0-45,3	0,70-10,53	8,8-28,9	43,4-518,7	2,36-13,50	4,40-24,50
Cv	29,8	45,7	16,6	46,1	30,9	30,7

Как видно на рисунках, наибольшую массу тела и максимальные продукционные показатели большинство самок имели в возрасте 21-23 года. Масса икры за период эксплуатации самок варьировала от 0,70 до 10,50 кг, составляя в среднем – 3,75 кг на одну самку за один нерест. Наибольшее количество икры – свыше 10,5 кг – получили от самки массой 43,5 кг в возрасте 21 года (табл. 2).

Сравним биологические и продукционные показатели самок амурского осетра из тепловодного хозяйства Тихоокеанского филиала и р. Амур (табл. 3).

Таблица 3. Биологические и продукционные показатели самок амурского осетра из садков тепловодного хозяйства и природной среды обитания

Место содержания или обитания	Масса тела впервые созревших самок, кг	Возраст созревания, лет	Межнерестовые интервалы, годы	Масса икринки, мг	РП или АП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр./кг	ОСИ, %
Садки	10-36	8-13	1-3	19,4±0,3	192,6±6,8	7,34±0,18	14,4
р. Амур*	4-10	13-18	4-5	18,5±0,4	191,3±4,6	9,50	21,2

* Крыхтин, 1998; Харенко и др., 2001; Свирский, Рачек 2005; Кошелев, 2009; Кошелев, 2013

Нашими исследованиями доказано, что самки АО из садков тепловодного хозяйства созревали значительно раньше природных самок при значительно большей массе тела и нерестились гораздо чаще. У осетров из лимана Амура масса зрелых икринок ниже на 5 %, различия достоверны при $p < 0,1$. Абсолютная плодовитость (АП) самок АО из лимана Амура и рабочая плодовитость (РП) тепловодных самок очень близки, различия недостоверны. Средняя ОП самок исходных маточных стад ниже таковой природных особей на 28 % (Беляев и др., 2009). Средний ОСИ тепловодных самок несколько превышал 14 %, достигая 25 % у отдельных элитных особей. Выход икры от природных самок в полтора раза выше, что характерно и для русского осетра (Кириллов, Крупий, 2010). В связи с неполноценным кормлением в течение нескольких последних лет произошло снижение большинства продукционных показателей старшей возрастной группы АО.

Маточное стадо АО первого селекционного поколения сформировали из потомства, полученного путем скрещивания самок исходного маточного стада в возрасте 10 лет с самцами такого же возраста. Численность самок была намного выше численности самцов в соотношении 1,00:0,52. Стадо эксплуатировалось в течение 8 лет. Средняя масса самок за этот период составила 22,7 кг при максимуме 36,1 кг, длина – 137 см при максимуме 167 см, обхват – 64,8 при максимуме 76 см, коэффициент упитанности – 0,88 при максимуме 1,16. У маточного стада первого поколения селекции сохранилась достоверная, и причем значительно большая, чем у исходных стад, разница в размерах самцов и самок при $p < 0,001$. Так, средняя масса самок превышала таковую самцов на 9,4 кг (70,6 %), длина – 20 см (17 %), обхват – 11,8 см (22 %), упитанность – 0,06 (7 %).

Сравнивать размерные и продукционные показатели самок исходных и селекционного маточных стад некорректно, так как у них большая разница в возрасте, составляющая от 4 до 10 лет. При сравнении обеих генераций в одинаковом возрасте от 8 до 15 лет за 8 лет эксплуатации оказалось, что все средние размерные показатели самок первого селекционного поколения выше таковых самок исходных маточных стад. Но статистически достоверными были только различия в обхвате при $p < 0,001$. Первые самки селекционного стада, созревшие в возрасте 8 лет, имели более высокую массу по сравнению с первыми созревшими самками исходного стада.

Созреваемость самок после инъектирования сурфагоном составила в среднем 92,4 %, что несколько выше, чем у самок исходного стада. В различных температурных диапазонах время созревания самок после инъекций было на 2-3 час дольше, чем у самок исходных стад. Длительность созревания всех самок генерации составила 6 лет, однако 89 % самок созрели в течение 4 первых сезонов в возрасте от 8 до 11 лет. Около 95 % самок пропускали два-три года между нерестами.

Установлено, что до возраста 12 лет масса самок селекционного стада и количество икры достоверно превышали таковые у самок исходных стад. Снижение количества корма в последние годы сопровождалось уменьшением всех продукционных показателей самок нового поколения. В среднем, при несколько большей массе тела самки селекционного стада продуцировали незначительно меньше икры, но разница между этими двумя показателями недостоверна. Масса икринок селекционного стада меньше, чем у исходного, на 27 %, ОСИ меньше на 6 %, напротив РП и ОП выше на 22 % за счет мелких икринок. Разница всех показателей высоко достоверна при $0,001 < p < 0,01$ (табл. 4).

Таблица 4. Продукционные показатели самок амурского осетра исходных маточных стад и первого селекционного поколения в возрасте от 8 до 15 лет

Генерация самок	Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
Исходные стада	M±m	21,9±0,7	3,09±0,15	20,30±0,35	153,2±7,7	6,86±0,20	13,9±0,5
	Lim	10,0-43,7	0,70-7,09	13,10-28,90	43,4-364,0	2,87-11,78	4,4-22,3
	Cv	32,4	47,0	16,5	48,2	30,6	31,6
Селекционное стадо	M±m	22,7±0,3	2,98±0,07	16,00±0,20	187,7±4,3	8,38±0,20	13,1±0,2
	Lim	12,3-36,1	0,65-5,82	7,80-28,70	46,0-399,0	1,95-18,30	3,2-22,6
	Cv	19,3	34,7	18,7	35,1	31,2	27,8

Проведенный корреляционный анализ выявил среднюю и высокую положительные связи между возрастом и массой рыбы с массой икры и рабочей подовитостью исходных маточных стад ($r = 0,49-0,78$). У самок первого поколения селекции эти связи очень слабые или слабые ($r = 0,14-0,33$).

Выживаемость самок исходных маточных стад за период эксплуатации у всех генераций была различной и варьировала от 44 до 83 %. Средняя выживаемость самок всех генераций, начиная с 2002 г., равнялась 65 %. Выживаемость самок амурского осетра первого селекционного поколения за период эксплуатации с 8 до 15 лет составила 90 %.

По срокам первого созревания и продукционным показателям самцы исходных и селекционного маточных стад не различались. Первые самцы созревали в 6 лет, основная масса – в 7 лет, длительность созревания всех самцов составляла 2-3 года. Созреваемость половых продуктов самцов любых возрастов после инъектирования гормоностимулирующим препаратом всегда составляла 95-100 %, сперму от них получа-

ли через 18-24 час после однократной инъекции препарата. Впервые созревающие самцы АО продуцировали от 40 до 70 мл спермы за одно сцеживание, повторно созревающие – до 130-170 мл, а за 4 сцеживания – до 500-650 мл. За многолетний период исследований от одного самца получали 220 ± 32 мл эякулята спермы качеством 4,2 балла с ВПД 2,1 мин и концентрацией спермиев $3,96 \pm 0,31$ млн/мм³. Объемы эякулята спермы от природных самцов совпадали с нашими данными, ВПД спермиев диких особей больше, концентрация спермиев близка (Кошелев, 2009; Кошелев, 2013).

3.2. Калуга

Производителей калуги генераций 1996, 1998 и 1999 гг. вырастили от завезенной икры, личинок и сеголеток, полученных от природных производителей. Количество самцов в трёх исследуемых исходных генерациях всегда превышало количество самок; соотношение численности самок и самцов и варьировало от 1,0:1,2 до 1,0:1,5.

Достоверные различия ($p < 0,001$) по массе тела и упитанности самок и самцов всех генераций калуги исходных маточных стад проявлялись с 10-летнего возраста. В среднем по всем возрастным группам самки были крупнее самцов на 21,1 кг (40 %), больше их по длине и обхвату на 10,3-13,6 см (6-16 %) и упитанней на 14,5 %.

Возраст первого созревания и масса самок находились в прямой зависимости от условий содержания и кормления в предшествующий период. Установлено, что молодые самки калуги разных генераций созревали в возрасте от 9 до 13 лет при массе тела 41-77 кг. Длительность созревания всех самок трёх генераций была растянутой и варьировала от 6 до 10 лет (Амвросов, Свидерский, 2018). Период формирования половых клеток большинства впервые созревающих самок калуги исходных маточных стад от момента первичного накопления желтка до дефинитивных размеров был довольно продолжительным и составлял 3-4 года.

Нами неоднократно отмечались случаи резорбции ооцитов на стадиях III и III-IV в преднерестовый период. Распределение самок по межнерестовым интервалам было следующим: пропускающие два года – 39 %; пропускающие три года – 42, пропускающие четыре или более лет – 19 %. Кратность созреваний калуги распределилась следующим образом: нерестившиеся 2 раза – 12 %; 3 раза – 12; 4 раза – 18; 5 раз – 12; 6 раз – 12 %. От двух самок в период 2007-2018 гг. получали икру 6 раз – самки пропускали между нерестами два года.

Выявлено, что созреваемость самок калуги после однократной инъекции сурфагона в разные годы варьировала от 50 до 100 %, составив в среднем 87,1 %. При низких нерестовых температурах – 12-13 °С – овуляция икры у самок калуги происходила в среднем через 44 час. В случаях повышения нерестовых температур до 21-23 °С, время от инъекирования до начала овуляции сокращалось до 20-22 час.

Проведенными исследованиями установлено, что при благоприятных условиях содержания годовые приросты массы у пропустивших нерестовый сезон самок калуги составляли от 2,7 до 16,7 кг. После весеннего нереста большинство особей к осени не восстанавливали массу тела. Максимальные значения массы тела 109,7 и 110,2 кг были зафиксированы у впервые созревшей в возрасте 18 лет и повторно созревшей в 22 года самок калуги. В среднем за один нерест самка калуги продуцировала около 7 кг икры при максимуме 15 кг (рис. 4; табл. 5).

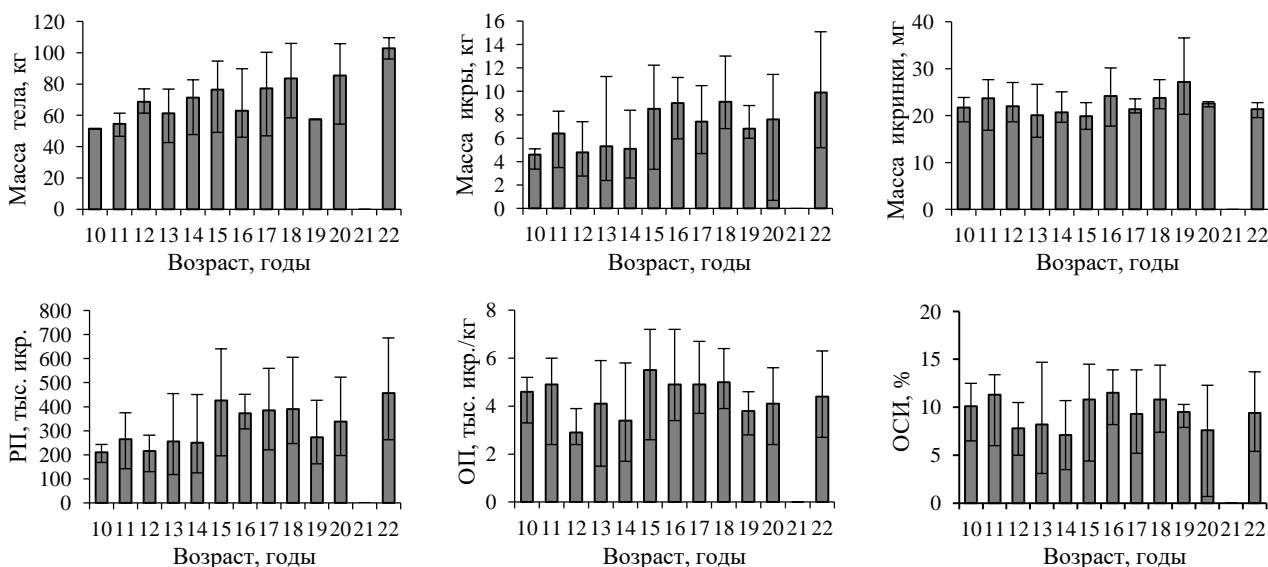


Рис. 4. Динамика продукционных показателей самок калуги исходных маточных стад

Таблица 5. Продукционные показатели самок калуги исходных маточных стад в возрасте от 10 до 22 лет

Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
$M \pm m$	73,7 \pm 2,1	6,95 \pm 0,33	21,9 \pm 0,4	320,2 \pm 15,4	4,4 \pm 0,2	9,50 \pm 0,36
Lim	41,2-110,2	0,70-15,01	15,4-36,6	40,0-686,3	0,4-7,2	0,70-14,70
C_v	24,6	40,3	14,7	41,4	32,6	32,5

При сравнении биологических и продукционных показателей самок калуги из тепловодного хозяйства Тихоокеанского филиала и р. Амур установлено, что абсолютная плодовитость (АП) природных самок калуги, близких по размерам к тепловодным самкам, превышала рабочую плодовитость (РП) садковой калуги на 98,4 тыс. икр., или 31 %. Относительная плодовитость (ОП) природных самок выше, чем у тепловодных, на 30 %, ОСИ выше на 40 %. Различия по продукционным показателям природной калуги и калуги исходных маточных стад высоко достоверны при $p < 0,001$. В то же время масса икринок садковой калуги достоверно выше, чем у природных особей (табл. 6).

Таблица 6. Биологические и продукционные показатели самок калуги из садков и природной среды обитания

Место содержания или обитания	Масса впервые созревших самок, кг	Возраст созревания, лет	Межнерестовые интервалы, годы	Масса икринки, мг	РП или АП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
Садки	41-77	9-13	2-4	21,9 \pm 0,4	320,2 \pm 15,0	4,4 \pm 0,2	9,50 \pm 0,36
р. Амур*	37-55	17-22	4-6	20,2 \pm 0,4	418,6 \pm 44,0	5,7 \pm 0,1	13,3

* Крыхтин, 1998; Харенко и др., 2001; Свирский, Рачек 2005; Кошелев, 2009; Кошелев, 2013

Проведенными исследованиями установлено, что самки калуги, выращенные от икринки и личинки в условиях тепловодного хозяйства, созревают на 8-9 лет раньше природных самок при более крупных размерах и нерестятся в 1,5-2,0 раза чаще, чем дикие рыбы.

Производителей первого селекционного поколения генерации 2006 г. вырастили в бассейнах и садках станции «НИР в пос. Лучегорск» из потомства калуги, полученного при близкородственном скрещивании самок и самцов исходного маточного стада генерации 1996 г. в возрасте 10 лет. В отличие от исходного маточного стада, в первом селекционном поколении калуги преобладали самки в соотношении 1,0:0,7 к самцам.

Самки калуги первого поколения селекции, как и самки исходных маточных стад, были значительно крупнее самцов. Средняя масса самок за период эксплуатации – 51,6 кг (максимальная 62,7 кг), превышала таковую у самцов на 70 %; длина 189 см (максимальная 212 см) больше – на 23%; обхват 89 см (максимальный 97 см) больше – на 28 %; коэффициент упитанности – 1,10 (максимальный 1,25) превосходил коэффициент упитанности самцов на 21 % с высокой степенью достоверности при $p < 0,001$.

Первые самцы калуги селекционного стада созревали в возрасте 9 лет, первые самки – в возрасте 10 и 12 лет. Овуляция икры после однократного инъектирования сурфагоном происходила у 100 % самок. Длительность созревания после инъектирования близка к таковой для самок исходных маточных стад. О длительности достижения половой зрелости всех самок селекционного стада генерации 2006 г. говорить еще рано, так как к 2018 г. в нересте участвовали только 20 % от их общей численности.

Для корректного сравнения мы использовали данные по нерестовым кампаниям калуги обоих стад одинакового возраста – от 10 до 12 лет. Самки отличались друг от друга массой, размерными характеристиками и упитанностью, но все эти различия были недостоверными. Однако продукционные показатели самок исходных и селекционного маточных стад за три нерестовых сезона отличались весьма значительно (табл. 7).

Таблица 7. Продукционные показатели самок калуги исходных маточных стад и первого селекционного поколения в возрасте от 10 до 12 лет

Генерация самок	Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
Исходные стада	M±m	57,4±2,2	5,22±0,40	22,80±0,84	229,8±17,0	4,07±0,30	9,20±0,66
	Lim	41,2-77,0	2,78-8,32	16,90-27,70	129,7-374,8	2,36-6,00	5,03-13,40
	Cv	15,6	30,8	14,6	29,6	29,4	28,7
Селекционное стадо	M±m	51,6±3,4	2,81±0,49	16,10±0,39	136,5±17,7	2,69±0,33	5,30±0,78
	Lim	41,6-62,7	1,34-4,17	14,70-17,60	80,7-199,0	1,40-3,70	2,40-7,30
	Cv	17,6	46,0	6,4	34,2	32,3	38,9

Исследования показали, что у самок селекционного стада все сравниваемые показатели были значительно меньше, чем у самок исходного стада. Масса полученной икры и ОСИ оказались ниже на 73-86 %, масса икринок, РП и ОП ниже на 42-68 %. Все различия достоверны при $p < 0,001$.

Корреляционный анализ взаимосвязей показателей обоих стад выявил слабые и средние положительные связи между возрастом и размерами самок исходных стад с массой икры и рабочей подовитостью ($r = 0,38-0,54$). Для селекционных стад наиболее значимыми оказались средние и высокие связи возраста и размеров с массой икринок ($r = 0,63-0,74$). У обоих стад существовала высокая и очень высокая положительная связь между массой икры, РП, ОП и ОСИ ($r = 0,67-0,95$).

Выживаемость самок калуги исходных маточных стад 1996, 1998 и 1999 гг. за 10-13 лет эксплуатации составляла соответственно 85, 29 и 91 % при среднем значении 74 %. Выживаемость самок калуги первого селекционного поколения за три года эксплуатации с 10 до 12 лет составила 100 %.

По срокам созревания самцы исходных маточных стад и первого селекционного поколения практически не различались. Первые самцы созревали в 9 лет, длительность созревания всех самцов составляла 2-3 года. Качественную сперму от самцов, созревающих в диапазоне температур 13-18 °С, получали через 18-24 час после инъектирования, а затем еще в течение 24-36 час от начала созревания. В среднем, за 14 лет эксплуатации от одного самца калуги, участвующего в нересте, получали 405 ± 51 мл эякулята спермы качеством 4,2 балла с ВПД спермиев 3,0 ± 0,27 минуты и концентрацией спермиев 1,60 ± 0,41 млн/мм³.

Природные самцы калуги после инъекций сурфагоном продуцировали близкий объем эякулята спермы высокого качества, однако ВПД спермиев было более продолжительным, а концентрация спермиев ниже почти в два раза (Кошелев и др., 2009; Кошелев, 2013).

Глава 4. Биологические и продукционные показатели гибридных форм амурских осетровых рыб

4.1. Гибрид амурского осетра с сибирским осетром ленской популяции

Исследования показали, что среди РМС гибридов преобладали самцы в соотношении 1,0:1,2. Около 75 % самок созревали в возрасте 8-10 лет. Молодые особи весили 12-17 кг, повторно нерестящиеся гибриды достигали максимальной массы 30 кг. Средняя созреваемость самок после стимулирования сурфагоном составляла 92 %. При температурах 15-16 °С самки гибридов созревали через 30-34 час после гормоно-стимулирующих инъекций. Средняя созреваемость самок составляла 92 %.

Приводим продукционные показатели самок (табл. 8).

Таблица 8. Продукционные показатели самок гибрида АО × СО л.

Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
M±m	17,8±0,4	2,29±0,12	15,4±0,4	154,0±8,0	8,8±0,4	13,00±0,50
Lim	11,8-30,4	0,43-4,94	8,3-26,5	26,0-368,0	1,4-17,3	2,20-24,80
Cv	19,8	42,2	23,5	43,0	38,3	34,6

Около 86 % самок пропускали два года между нерестами. За 7 лет эксплуатации, с возраста 8 до 14 лет, 62 % самок отдавали икру от 3 до 6 раз.

Выживаемость самок гибридов за 7 лет эксплуатации составила 91 %.

4.2. Гибрид сибирского осетра ленской популяции с амурским осетром

Представлен двумя генерациями – 2000 и 2004 гг. Генерацию 2000 г. получили от скрещивания впервые нерестящихся самок и самцов СО л. и АО, генерацию 2004 г. – от повторно нерестящихся особей. В обоих маточных стадах преобладали самки в соотношении от 1,00:0,25 до 1,00:0,40. Первые самки генерации 2000 г. участвовали в нересте с возраста 7 лет. Самки генерации 2004 г. созрели гораздо позже, в 10 лет, и их созреваемость была постоянно низкой, составив 54 % за 5 нерестовых сезонов. При низких нерестовых температурах продолжительность созревания самок после

стимулирования сурфагоном самок достигала 36-38 час, при высоких сокращалась до 19-20 час. Средняя созреваемость гибридов составила 91 %.

Исследования показали, что половина самок генерации 2000 г. пропускали 2 года между нерестами, половина нерестилась ежегодно несколько лет подряд, а затем пропускала 2-3 года. Количество самок генерации 2004 г., принимавших участие в нерестовых кампаниях, составило лишь 32 %. Большинство из них пропускали два года между нерестами. Остальные самки не созрели ни разу. У них отмечались нарушения в развитии воспроизводительной системы. Ооциты никогда не продвигались в развитии дальше III или III-IV стадий зрелости, после чего резорбировались.

Большинство продукционных показателей самок гибрида генерации 2004 г. были значительно ниже, чем у генерации 2000 г. и более вариabельными (табл. 9).

Таблица 9. Продукционные показатели самок гибрида СО л. × АО

Генерации самок	Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
Генерация 2000 г.	M±m	21,1±0,9	3,28±0,39	16,2±0,5	202,0±22,0	9,4±0,9	15,10±1,50
	Lim	14,7-25,7	0,66-5,90	13,1-20,8	39,0-345,0	2,7-14,6	4,50-25,00
	Cv	15,6	44,0	10,7	40,7	34,9	36,7
Генерация 2004 г.	M±m	17,7±0,9	1,88±0,25	16,9±0,6	113,0±15,0	6,6±0,9	10,80±1,40
	Lim	10,5-25,4	0,51-4,12	14,0-21,9	24,0-225,0	1,2-12,2	2,50-18,70
	Cv	23,5	50,6	14,1	50,8	51,7	49,4

Различия достоверны при $0,005 < p < 0,05$. Различия по массе икринок двух генераций статистически недостоверны. Выживаемость самок генераций 2000 и 2004 гг. составила соответственно 40 % и 100 %.

В результате проведенных исследований выявлено, что самки генерации 2000 г. отличались низкой выживаемостью, но продуцировали икру в больших количествах, превышая по этому показателю амурского осетра. Около 70 % самок гибрида генерации 2004 г. до сих пор не созрели, их продукционные показатели значительно ниже, но у них отмечена 100 %-ная выживаемость.

4.3. Гибрид сибирского осетра байкальской популяции с амурским осетром

Гибридная форма создана в 2007 г. Самки преобладали над самцами в соотношении 1,00:0,76 и участвовали в 4 нерестовых кампаниях. Созреваемость впервые и повторно созревающих самок после однократной дозы сурфагона составляла 100 %, длительность созревания при разных температурах варьировала от 26 до 33 час.

Нами установлено, что в возрасте от 8 до 10 лет созрели 62 % самок, в возрасте от 11 до 12 лет – 38 %. Межнерестовые интервалы гибридных самок следующие: пропускающие два года – 67 %; нерестящиеся два-три года подряд, а затем пропускающие два-три года – 33 %. Большинство продукционных показателей гибридной формы были самыми низкими среди всех гибридов АО с сибирскими осетрами, лишь ОП и ОСИ оказались на уровне других гибридов (табл. 10)

Таблица 10. Продукционные показатели самок гибрида СО б. × АО

Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
M±m	12,8±0,6	1,57±0,16	14,1±0,5	115,4±12,7	8,40±0,96	12,00±1,00
Lim	8,5-19,65	0,17-3,55	9,0-20,5	10,0-261,0	1,10-21,60	1,90-21,70
Cv	24,8	56,4	19,4	60,3	56,2	45,7

Выживаемость гибридной формы СО б. × АО оказалась весьма низкой. Самки погибали после каждой нерестовой кампании, и к концу 2018 г. сохранилось лишь 44 % особей. Самки плохо переносили любые рыбоводные операции, а особенно связанные с получением икры. Выход икры невысокий.

4.4. Тройной гибрид «(русский осетр × сибирский осетр ленской популяции) × амурский осетр»

Выявлено, что самки тройного гибрида генерации 2002 г. преобладали над самцами в соотношении 1,0:0,8. Самки, имеющие набор генов трех видов осетров из различных регионов России, имели более длительное время созревания всей генерации по сравнению с амурским осетром. Так, первая самка созрела в возрасте 9 лет. Большинство особей – 74 % от общего количества самок – созрели в возрасте 10-12 лет. Последние самки созрели в возрасте 15-16 лет при массе тела 17-20 кг. Разница в сроках созревания первой и последней самки очень большая и составила 7 лет. Межнерестовые интервалы 97 % самок составляли 2-3 года. После одноразовой инъекции созревали в среднем 93 % самок. Время созревания гибридной формы при температурах 15,4-16,4 °С было более близким к сибирскому осетру ленской популяции. Первые, наиболее готовые к нересту самки, созрели через 24-26 час, последние – через 32-34 час. Самки участвовали в 8 нерестовых кампаниях. Распределение самок по числу нерестов следующее: ни разу не отнерестившиеся – 4 %; отнерестившиеся один раз – 21; два раза – 36; три раза – 25; четыре раза – 14 %.

Приводим продукционные показатели самок тройных гибридов (табл. 11).

Таблица 11. Продукционные показатели самок гибрида (РО × СО) × АО

Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП, тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
M±m	17,9±0,3	2,28±0,07	17,6±0,3	131,5±4,8	7,44±0,26	12,80±0,40
Lim	13,1-29,1	0,75-3,90	13,1-27,5	52,0-273,4	2,40-16,10	3,50-24,70
Cv	16,2	32,7	15,6	37,3	36,6	32,0

При сравнении с исходными формами для скрещивания, участвующими в нерестовых кампаниях на Лучегорской станции «НИР» 8 раз, установлено следующее. По большинству продукционных показателей в расчете на один нерест тройные гибриды (РО × СО) × АО превосходили простого гибрида РО × СО, но значительно отставали от аборигенного амурского осетра, занимая по большинству параметров промежуточное положение. По выходу икры относительно массы тела самки тройных гибридов заняли последнее место.

Выживаемость самок тройных гибридов за 8-летний период эксплуатации составила 98 %. Выход икры от самок тройного гибрида находился на среднем уровне.

4.5. Гибриды калуги со стерлядью

С 2005 г. в Тихоокеанском филиале проводятся селекционные работы по межродовой гибридизации калуги с волжской стерлядью, имеющими разное количество хромосом. В результате реципрокного скрещивания выращены триплоидные гибриды, отличающиеся высокими темпами прироста и получившие названия: кастер и кастер лучегорский. Предполагалось, что у кастеров не будет полноценно развиваться воспроизводительная система и данные гибридные линии будут стерильными. Вопреки прогнозам в возрасте 5 лет созрели практически все самцы гибридов, а через не-

сколько лет начали созревать отдельные самки (Рачек и др., 2010). К 2018 г. были сформированы РМС гибридов генераций 2005, 2006, 2007 и 2008 гг. Нами установлено, что 10-15 % от общей численности РМС оказались фертильными самками.

4.5.1. Гибрид «стерлядь × калуга» (кастер лучегорский)

Из 18 самок гибрида 26 % созрели в возрасте от 9 до 12 лет, 47 % – в возрасте от 13 до 15 лет. Остальные самки до сих пор не созрели, их ооциты находятся на II стадии зрелости. Во всех нерестовых кампаниях созрели 100 % инъектированных самок. При повышении температуры с 12 до 17 °С длительность созревания сокращалась с 38 до 26 час. Нами определено, что созревшие самки распределялись по межнерестовым интервалам следующим образом: нерестящиеся ежегодно – 33 %, пропускающие два года, или пропускающие два года, а затем нерестящиеся ежегодно – 67 %. При массе тела свыше 23 кг гибриды продуцировали около 1,5 кг довольно крупных икринок, выход икры относительно массы тела был менее 7 % (табл. 12).

Таблица 12. Продукционные показатели самок гибридов калуги со стерлядью

Гибридная форма	Показатель	Масса тела самок, кг	Масса икры, кг	Масса икринки, мг	РП тыс. икр.	ОП, тыс. икр. / кг	ОСИ, %
Ст × К	M±m	23,4±1,0	1,45±0,13	18,2±0,9	95,6±11,0	4,2±0,5	6,80±0,70
	Lim	16,9-34,9	0,15-2,61	10,7-25,9	7,0-206,0	0,3-7,6	0,60-13,60
	Cv	19,8	43,5	24,9	55,3	54,5	47,1
К × Ст	M±m	26,5±1,4	0,71±0,18	18,8±1,4	43,8±11,0	1,7±0,4	3,10±0,60
	Lim	19,5-36,5	0,15-1,85	9,6-24,6	12,0-137,0	0,4-4,7	0,40-6,40
	Cv	17,1	80,4	23,3	83,1	76,4	65,1

4.5.2. Гибрид «калуга × стерлядь» (кастер)

Созревание первых самок кастера генерации 2006 г. продолжалось с 9 до 14 лет. За этот период созрели 74 % самок. Ооциты остальных самок находились на стадиях зрелости III и III-IV. У самок отмечена 100 %-ная созреваемость после инъекций сурфагоном, время созревания в часах совпадало с таковым у кастера лучегорского. При анализе нерестов нами установлено, что распределение по межнерестовым интервалам было следующим: нерестящиеся ежегодно – 50 %, пропускающие два года между нерестами – 50 %. Самки, масса которых на 3 кг превышала таковую у кастера лучегорского, продуцировали в 2,1 раза меньше икры близкого размера, их РП, ОП и ОСИ были в 2,2-2,5 раза ниже последнего (табл. 12). Масса икринок кастера лучегорского с возрастом увеличивалась, а у кастера уменьшалась.

Таким образом, оба гибрида при крупных размерах имели значительно более низкие продукционные показатели по сравнению с другими гибридными формами, особенно кастер. Продукционные показатели кастера к тому же отличались очень высокой вариабельностью.

Корреляционные связи обеих гибридных форм значительно отличались от амурских видов и гибридов. Так, связи между размерными показателями и массой икры у кастера лучегорского и кастера были разнонаправленными слабыми и очень слабыми. Отмечена высокая положительная связь массы икры обоих гибридов с РП и ОП на уровне 0,74-0,96 и отрицательная связь массы икринок с этими же показателями на уровне от -0,79 до -0,65.

Выживаемость самок обоих кастеров, использованных в нерестовых кампаниях, составила 100 %.

Глава 5. Комплексная сравнительная оценка биологических и продукционных показателей исследуемых осетровых рыб

Ниже в графическом виде приведены наиболее важные продукционные показатели самок амурских осетровых и их гибридов, служащие критерием для их выбора в качестве объектов для воспроизводства или получения товарной икры (рис. 5 А, 5 Б, 5 В, 5 Г, 5 Д, 5 Е, 5 Ж, 5 З).

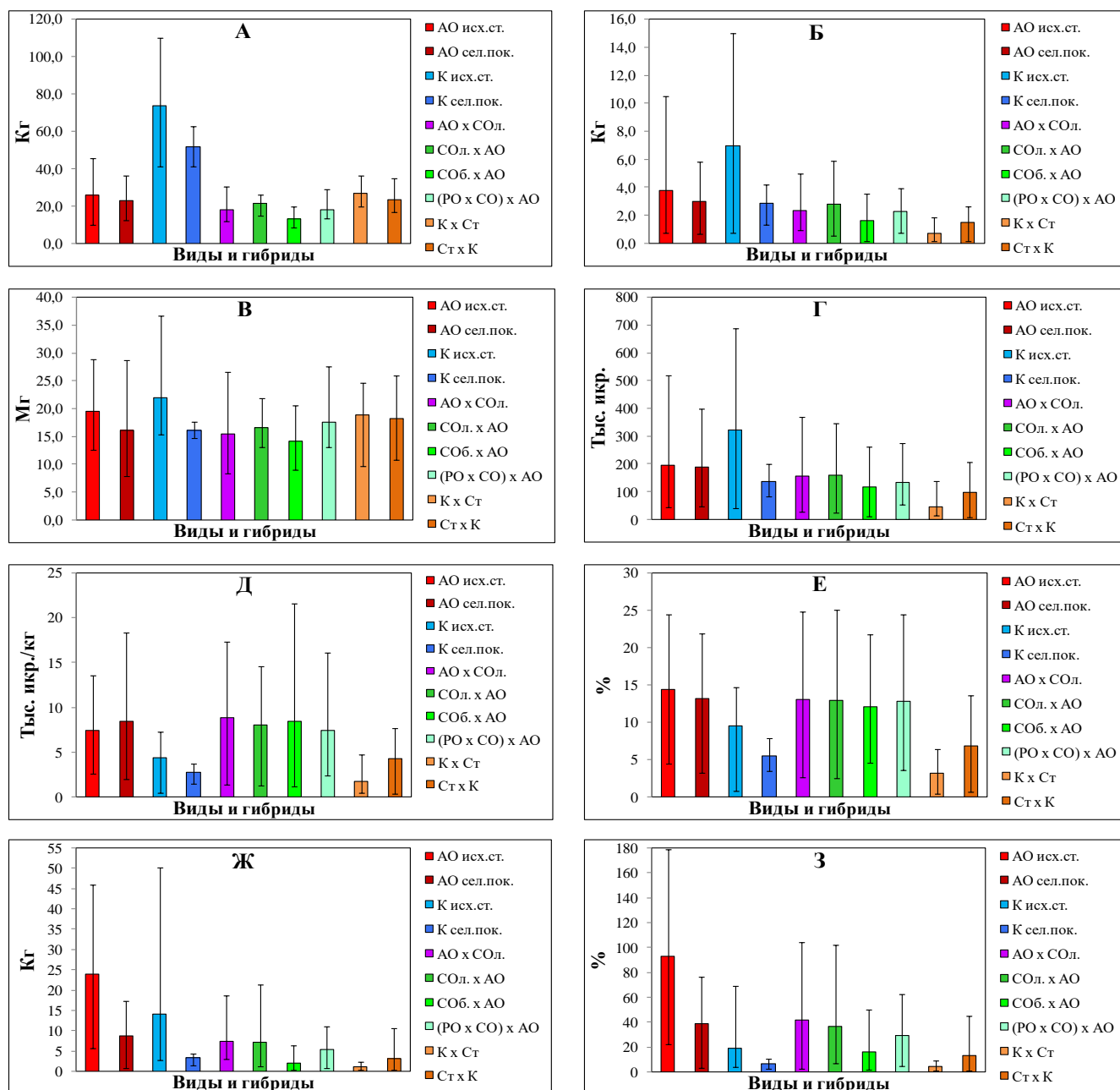


Рисунок 5. Продукционные показатели самок амурских осетровых и их гибридных форм за многолетний период эксплуатации:

- А – масса тела самок; Б – масса икры от одной самки за один нерест;
- В – масса икринки; Г – рабочая плодовитость; Д – относительная плодовитость;
- Е – оосоматический индекс; Ж – масса икры от одной самки за все нересты;
- З – отношение общей массы икры к массе тела

В результате анализа результатов исследований выявлено, что наибольшей массой тела и количеством икры за один нерест, максимальной плодовитостью и са-

мыми крупными икринками характеризовалась калуга исходных маточных стад. Некоторые самки калуги за один нерест продуцировали до 15 кг икры. Однако по выходу икры относительно массы тела и общему выходу икры за все нерестовые кампании калуга проигрывала не только амурскому осетру, но и всем гибридам с наследственностью амурского осетра. В основном, это связано с растянутым периодом созревания самок калуги, продолжительными межнерестовыми интервалами и резорбцией икры у многих особей.

Амурский осетр по количеству полученной икры от одной самки за один нерест превосходил всех гибридов, уступая только калуге. Зафиксировано максимальное количество икры от самки амурского осетра за один нерест – 10,53 кг (24,5 % от массы самки перед нерестом). Самки амурского осетра занимали первое место по выходу икры в процентах от массы тела за один нерест (ОСИ), а также по общему выходу икры в килограммах за все нерестовые кампании. В среднем, за 4-8 нерестовых сезонов от одной самки амурского осетра получали около 30 кг овулировавшей икры. У отдельных элитных самок выход икры достигал 46 кг, или 176 % от массы тела.

Селекционные поколения амурского осетра и калуги по всем производственным показателям оказались хуже исходных маточных стад. Однако нужно учитывать, что они на 4-10 лет моложе исходных маточных стад и участвовали в значительно меньшем числе нерестовых кампаний. Вторым фактором, влияющим на их продуктивность, являлась нехватка кормов в последние годы в период интенсивного роста ооцитов.

Большинство производственных показателей гибридов амурского осетра оказались на уровне таковых селекционного стада амурского осетра близкого возраста или незначительно ниже. Гетерозис по исследованным показателям не проявлялся. Худшие производственные показатели и высокая смертность зарегистрированы у гибрида сибирского осетра байкальской популяции с амурским осетром.

Реципрокные гибриды между калугой и стерлядью по массе тела и навеске икринок приближались к амурскому осетру. По всем остальным производственным показателям они имели самые низкие значения среди всех исследованных осетровых. Еще одним недостатком кастеров является небольшой процент самок в РМС. Наряду с этим гибриды калуги со стерлядью отличались самой высокой выживаемостью.

Для маточных стад селекционного поколений амурского осетра и гибридных линий амурского осетра и калуги характерны более короткие периоды между созреваниями (рис. 6 А, 6 Б).

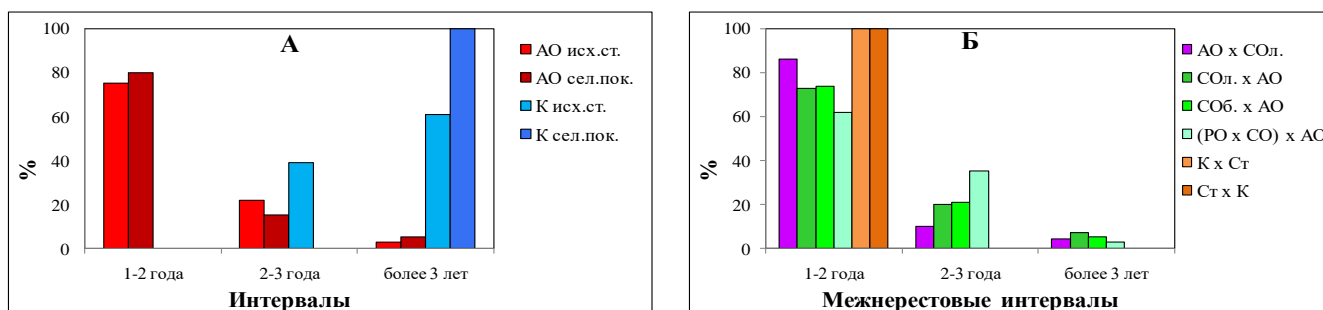


Рисунок 6. Распределение по межнерестовым интервалам

А – для самок чистых видов амурских осетровых;

Б – для самок гибридных форм амурских осетровых

В большинстве РМС гибридных линий численность самок превалировала над численностью самцов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях садкового тепловодного хозяйства Дальневосточного региона доместифицированные самки амурского осётра, выращенные из потомства производителей природных популяций, адаптировались к условиям содержания и искусственным кормам, созрели, достигли крупных размеров и регулярно продуцируют качественную икру в большом объёме. Самки амурского осетра всех генераций оказались технологичными в работе – они легко переносят рыбоводные операции, хорошо отдают икру и быстро проходят восстановительный период после нереста.

Производители калуги гораздо менее устойчивы к условиям тепловодной аквакультуры и не очень технологичны. Для получения качественной икры хищной калуге требуется дополнительное внесение в рацион малоценной рыбы. Дополнительные трудности создают длительные сроки первого созревания и мало прогнозируемые неустойчивые межнерестовые интервалы. Получение икры от самок калуги осложняется их большими размерами и весьма трудоемко. Рыба долго восстанавливается после нереста. Использование калуги для получения большого количества пищевой икры нецелесообразно. От нее можно получать небольшие партии дорогой эксклюзивной икры.

Самки гибридов амурского осетра с сибирским осетром ленской популяции дают среднее количество икры, технологичны, имеют высокую выживаемость. Их вполне можно использовать для получения пищевой икры.

Данные по самкам гибридов различных возрастных генераций сибирского осетра ленской популяции с амурским осетром весьма противоречивы. Одни из них продуцируют большое количество качественной икры, но имеют весьма низкую выживаемость. Другие имеют высокую выживаемость наряду с невысоким количеством получаемой икры и нарушением развития воспроизводительной системы. Использовать этих гибридов для производства пищевой икорной продукции необходимо с осторожностью.

Самки гибридов сибирского осетра байкальской популяции с амурским осетром нетехнологичны и имеют очень высокую смертность после проведения нерестовых кампаний. Использовать их для производства пищевой осетровой икры не рекомендуется.

Тройной гибрид русского, сибирского осетра и амурского осетров имеет средний выход икры, технологичен, легко отдает икру и вполне может использоваться для ее получения. Единственным его недостатком является большая растянутость созревания самок всей генерации.

Реципрокные гибриды между калугой и стерлядью очень жизнестойки, технологичны, но низкий процент созревших самок и относительное невысокое количество икры от крупных особей делает их использование для получения пищевой икры нецелесообразным. Быстрорастущих кастеров рекомендуется применять только для товарного выращивания.

На основании выполненного исследования возможно дать следующие практические рекомендации по использованию амурских осетровых рыб и их гибридных форм с осетровыми их других регионов РФ в качестве продуцентов товарной икорной продукции:

1. Амурского осетра можно рекомендовать в качестве наиболее перспективного объекта тепловодной аквакультуры для осетровых рыбоводных хозяйств, занимающихся его воспроизводством, и производством товарной икорной продукции.

2. Маточное стадо калуги лучше ориентировать для сохранения генофонда, воспроизводства с целью пополнения естественных популяций и получения перспективных гибридов с амурским осетром и стерлядью в качестве товарной рыбы.

3. Из гибридных форм амурских осетровых для производства товарной икры можно предложить гибрида амурского осетра с сибирским осетром и тройного гибрида русского, сибирского и амурского осетров.

4. Не рекомендуется использовать для получения товарной икры гибридов сибирского осетра ленской и байкальской популяции с амурским осетром и реципрокных гибридов калуги со стерлядью.

ВЫВОДЫ

1. Разработана и экспериментально подтверждена технология создания ремонтно-маточных стад амурского осетра и калуги в садковом тепловодном хозяйстве от потомства диких производителей. Амурские осетровые нескольких поколений адаптировались к новым условиям жизни в ограниченном пространстве садков, они хорошо растут и созревают при кормлении искусственными кормосмесями.

2. В условиях тепловодной аквакультуры амурские осетровые созревают раньше, чем особи в естественных популяциях и при значительно больших размерах: возраст достижения половой зрелости у производителей амурского осетра сократился на 4-5 лет, у калуги – на 8-9 лет. Периодичность созревания доместифицированных самок амурских осетровых увеличилась; межнерестовые интервалы у амурских осетров сократились на 1-2 года, у калуг – на 2-4 года.

3. После однократного инъектирования гормоностимулирующим препаратом «сурфагон» созревают около 90 % производителей амурских осетровых. Самки амурского осетра и калуги за один нерест продуцируют большее количество икры и имеют более крупные икринки, чем у диких особей. Общая плодовитость «тепловодных» и диких самок сопоставима, показатели относительной плодовитости и ОСИ у «тепловодных» самок меньше. Самцы из тепловодного хозяйства продуцируют качественную сперму в таких же объемах что и природные, но имеют более высокую концентрацию спермиев.

4. Селекционное поколение амурского осетра превосходит исходные маточные стада по линейным и массовым показателям, но уступает по продукционным характеристикам. Для селекционного стада калуги характерны более низкие значения размерных и продукционных показателей.

5. Большинство продукционных характеристик гибридов с наследственностью амурского осетра находятся на уровне или незначительно ниже таковых селекционного стада амурского осетра близкого возраста. Самые низкие значения репродуктивных показателей характерны для реципрокных гибридов между калугой и стерлядью.

6. Во всех исследованных РМС с увеличением возраста увеличиваются размерные и репродуктивные показатели. Ухудшение условий содержания и режима питания приводит к уменьшению массы тела производителей и снижению значений продукционных характеристик.

7. В исходных РМС амурских осетровых численность самцов превышает численность самок, в селекционных стадах и в большинстве стад гибридных форм амурского осетра преобладают самки. Во всех РМС самки всегда крупнее самцов.

8. У большинства гибридов эффект гетерозиса проявился только в увеличении созреваемости и жизнестойкости. Эффекта гетерозиса по продукционным показателям не отмечено.

Список публикаций по теме диссертации

Статьи, опубликованные в научных журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ

1. Воропаев В.М., Валова В.Н., Рачек Е.И., **Амвросов Д.Ю.** Результаты использования кормов при выращивании различных видов и гибридных форм осетровых рыб в условиях тепловодного хозяйства // Известия ТИНРО. – 2007. – Т.149. – С. 366-378.
2. Rachek E., **Amvrosov D.** The Characteristics of the Amur Sturgeon, *Acipenser schrenckii*, Spawners from a Warm-Water Cage Farm during Long-Term Exploitation // Russian Journal of Marine Biology. – 2018. – Vol. 44. – No.7. – P. 549-557.
3. Васильева Е.Д., Рачек Е.И., **Амвросов Д.Ю.**, Васильев В.П. Сравнительный морфологический анализ клонального потомства самки гибрида стерлядь *Acipenser ruthenus* × калуга *A. dauricus* (ACIPENSERIDAE): генетическая и модификационная изменчивость ряда количественных морфологических признаков // Вопросы ихтиологии. – 2018. – Т. 58. – №5. С. 525-533.
4. **Amvrosov D.**, Rachek E. Cultivation of Triple Hybrids of Russian, Siberian and Amur Sturgeons at a Warm-Water Fish Farm // Russian Journal of Marine Biology. – 2020. Vol. 46. – No.7. – P. 600-610.
5. Victor P. Vasil'ev, Evgeniy I. Rachek, **Dmitriy Yu. Amvrosov**, Anna E. Barmintseva, Ekaterina D. Vasil'eva. Fertility of females of sturgeon hybrids obtained from species with different levels of ploidy (*Acipenser ruthenus* and *A. dauricus*) and their cloning. // Journal of Applied Ichthyology. – 2021. – No. 37. – P. 186–197.
6. Сафронов А.С., Рачек Е.И., Зуевский С.Е., **Амвросов Д.Ю.**, Филиппова О.П. Результаты сравнительного выращивания калуги, амурского осетра и реципрокных гибридов между ними с использованием различных технологий // Известия ТИНРО. – 2021. – Т. 201. – Вып. 4. – С. 923-936.

Патенты на селекционные достижения

1. Патент № 6538 на селекционное достижение Кастер лучегорский, дата приоритета 10.05.2011 г. **Амвросов Д.Ю.**, Рачек Е.И., Свирский В.Г., Скирин В.И.
2. Патент № 6539 на селекционное достижение Кастер, дата приоритета 10.05.2011 г. **Амвросов Д.Ю.**, Рачек Е.И., Свирский В.Г., Скирин В.И.

Статьи, опубликованные в других изданиях и материалах конференций

1. Рачек Е.И., Свирский В.Г., **Амвросов Д.Ю.** Доместикация калуги в условиях тепловодного хозяйства Приморья. // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докладов IV Международной научно-практической конференции, 13-15 марта 2006 г., Астрахань. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 118-120.
2. Воропаев В.М., **Амвросов Д.Ю.**, Рачек Е.И. Эффективность дополнительного введения в корм витаминных премиксов при выращивании дальневосточных осетров в садковом тепловодном хозяйстве. // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докладов IV Международной научно-практической конференции, 13-15 марта 2006 г., Астрахань. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 236-239.

3. Рачек Е.И., Скирин В.И., Свирский В.Г., **Амвросов Д.Ю.** Товарное выращивание межродовых гибридов стерляди с калугой в тепловодном хозяйстве // Осетровое хозяйство. – 2009. – №3. – С. 52-63.

4. Рачек Е.И., **Амвросов Д.Ю.**, Скирин В.И. Результаты формирования маточного стада калуги *Huso dauricus* (Georgi) в условиях тепловодного хозяйства. Actual status and conservation of natural populations of sturgeon fish Acipenseridae. Материалы докладов Международной конференции, 8-11 апреля 2014 г., Гжицко, Польша. – Олыштин: Изд-во Института Пресноводного рыбного хозяйства, 2014. – С. 241-246.

5. Валова В.Н., **Амвросов Д. Ю.** Реакция крови молоди осетровых рыб на условия окружающей среды при товарном выращивании // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб: расширенные материалы IV Международной конференции, 24 – 27 сентября 2015 г., Борок / РАН, Федер. агентство науч. орг. России, ФГБУН Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН [под ред. В. Р. Микрякова, Е. А. Криксунова, Д. В. Микрякова]; отв. за вып. Д. С. Павлов [и др.]. – Ярославль: Филигрань, 2015. – 588 с.

6. Васильев В.П., Рачек Е.И., Медведев Д.А., **Амвросов Д.Ю.**, Васильева Е.Д. Осетровые: полиплоидия, гибриды, клоны. // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. – Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, приуроченная к 145-летию Севастопольской биологической станции, 19 – 24 сентября 2016 г., Севастополь. – Сборник материалов. – Т. 1. – С. 373-376.

7. Chebanov M., Podushka S., Rachek E., **Amvrosov D.**, Merkulov Y. Hybrids of the Siberian Sturgeon. In: Williot P. Nonnotte G., Chebanov M. (eds) The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) Volume 2 [Williot P. Nonnotte G., Chebanov M. (eds)]. – Farming. Springer, Cham, 2018. – P. 307-313.

8. **Амвросов Д.Ю.**, Свицерский В.А. Продукционные показатели самок амурского осетра и калуги, содержащихся в садках тепловодного хозяйства Приморского края // Водные биоресурсы и аквакультура юга России. – Всероссийская научно-практическая конференция, 17-19 мая 2018 г., Краснодар. – Краснодар, 2018. – С. 305-311.

Инструкции, методики

1. Рачек Е.И., **Амвросов Д.Ю.**, Скирин В.И., Валова В.Н. Инструкция по технологии формирования маточных стад калуги в условиях полносистемного тепловодного хозяйства. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2014. – 38 с.

2. **Амвросов Д.Ю.**, Рачек Е.И., Свирский В.Г., Скирин В.И. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. КАЛУГА (*Huso dauricus*) РГА /0037/1/. Утверждена 10/11/2015 г. № 26-12-06/10. – М. – Госсорткомиссия РФ. – 10 с.